

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: Проектування та оптимізація конструкторсько -
технологічних засад виготовлення деталей генерації вібрацій
збагачувального обладнання.

Виконав: магістрант
групи ПМ-24м
Муратов Є.В.

Керівник КМР:
д.т.н., професор
Кіяновський М.В.

Кривий Ріг
2025 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: Проектування та оптимізація конструкторсько -
технологічних засад виготовлення деталей генерації вібрацій
збагачувального обладнання.

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

_____ Муратов Є.В.
(підпис)

Керівник КМР

_____ Кіяновський М.В.
(підпис)

Нормоконтроль

_____ Нечаєв В.П.
(підпис)

Завідувач кафедри

_____ Рязанцев А.О.
(підпис)

м. Кривий Ріг
2025 р.

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

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну магістерську роботу**

Магістранта гр. ПМ-24м Муратов Євгеній Володимирович

Тема: Проектування та оптимізація конструкторсько - технологічних засад виготовлення деталей генерації вібрацій збагачувального обладнання.

Керівник КМР: проф. д.т.н. Кіяновський М.В.

Затверджена наказом по КНУ № 554с від « 28 » 07 2025 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи 30.11.2025р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1 Проектування технологічного процесу складання. 2. Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту 3 Проектування технологічного процесу обробки деталі. 4 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу. 5. Моделювання та програмування токарної операції в САМ системі FeatureCAM 6 Конструкторська підготовка виробництва. 7 Науково-дослідна частина. 8. Інженерний аналіз у системі SOLIDWORKS SIMULATION 9. Безпека життєдіяльності

5. Перелік графічного матеріалу: 1.Складальне креслення 2. Вал ексцентриковий 3. Заготовка 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Верстатне пристосування. 7. Контрольне пристосування. 8. Наукова частина.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
Видача завдання на магістерську випускну роботу	12.09.2025
1 Проектування технологічного процесу складання	14.09.2025
2 Креслення складального вузла	18.09.2025
3. Проектування заготовки.	22.09.2025
4. Креслення заготовки	28.09.2025
5. Проектування технологічного процесу	01.10.2025
6 .Креслення деталі	05.10.2025
7. Креслення ескізів операцій	15.10.2025
8. Розробка розрахунково-технологічної карти	18.10.2025
9. Креслення верстатно- інструментального налагодження на верстат з ЧПК	23.10.2025
10. Карти технологічної документації	24.10.2025
11. Проектування технологічного оснащення	06.11.2025
Креслення верстатного та контрольного пристроїв	
12. Моделювання та програмування токарної операції в САМ системі FeatureCAM	13.11.2025
13. Інженерний аналіз у системі SOLIDWORKS SIMULATION	16.11.2025
14. Організаційно-економічна підготовка виробництва	17.11.2025
Передзахист	30.11.2025

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник
кваліфікаційної магістерської роботи _____ /Кіяновський М.В. /

Завдання отримав
магістрант _____ /Муратов Є.В./

ЗМІСТ

Відомість об'єму КМР

Реферат

Вступ

1	Проектування технологічного процесу складання вузла.....	
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.....	
2.7	Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки	
2.7.1	Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовки.....	
2.7.2	Проектування заготовок.....	
2.7.2.1	Проектування кувань.....	
2.7.2.2	Проектування кування кованого.....	
3	Проектування технологічного процесу обробки деталі	
3.1	Вибір і обґрунтування баз.....	
3.2	Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь.....	
3.3	Розробка маршруту обробки деталі.....	
3.4	Розробка технологічної операції.....	
3.5	Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку.	
3.5.1.	Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню.....	
3.5.2	Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів.....	
3.6.	Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій.....	
4	Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу.....	
5.	Моделювання та програмування токарної операції в САМ системі FeatureCAM	
6.	Конструкторська підготовка виробництва.....	
7.	Науково-дослідна частина.....	

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.3			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Муратов				ЗМІСТ	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Кіяновський						5	
Реценз.						Каф.ТМ гр.ПМ-24м		
Н. Контр.	Нечаєв							
Утверд.	Рязанцев							

8. Інженерний аналіз у системі SOLIDWORKS SIMULATION.....	
9. Безпека життєдіяльності.....	
Висновки.....	
Список використаних джерел.....	
Додатки	

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.3	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

№ ряда	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1					
2			<u>Документація</u>		
3					
4	A4	КНУ.КМР.131.25.1-12.ПЗ	Пояснювальна записка		
5					
6			<u>Графічні матеріали</u>		
7	A1	КНУ. КМР.131.25.1-12.В	Вібратор (складальне креслення)	1	
8	A2	КНУ. КМР.131.25.1-12.ВЕ	Вал ексцентриковий	1	
9	A2	КНУ. КМР.131.25.1-12.ВЕ	Вал ексцентриковий (виливка)	1	
10	A1	КНУ. КМР.131.25.1-12.ЕО	Ескізи операцій		
11	A0	КНУ. КМР.131.25.1-12.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
12	A1	КНУ. КМР.131.25.1-12.ВП	Верстатне пристосування	1	
13	A2	КНУ. КМР.131.25.1-12.КП	Контрольне пристосування	1	
14	A1	КНУ. КМР.131.25.1-12.НДЧ	Науково-дослідна частина	2	

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.3		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Муратов				ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ		
Провер.	Кіяновський						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечаєв						
Утверд.	Рязанцев						
						Лит.	Лист
							1
						Листов	
						Каф.ТМ гр.ПМ-24м	

РЕФЕРАТ

Об'єктом проектування є конструкторсько - технологічні засади оптимізації виготовлення вібратора грохота ГИТБ 1-Н для розбивки гірських порід.

Мета роботи – розробити прогресивний технологічний процес механічної обробки валу ексцентрикового, як складової вібратора грохота ГИТБ 1-Н застосувавши CAD CAM CAE технології та оптимізувавши режими різання.

Актуальність такої роботи обумовлюється тим, що вібратор грохота є невід'ємною складовою гірничо-добувного комплексу. Важкі колосникові інерційні грохоти призначені для попереднього грохочення матеріалу перед переробкою його в дробарках первинного дроблення, тобто для відокремлення менш великих фракцій. Таким чином, розробивши інноваційний технологічний процес, ми знизимо собівартість виготовлення, не знижуючи точності та якості деталі вал ексцентриковий, що досить важливо для виробництва.

Розроблений маршрутний та операційний технологічний процес, обраний спосіб одержання заготовки, вибрано обладнання і різальний інструмент, розраховані і вибрані припуски на обробку і режими різання. Сконструйовані і розраховані верстатне і контрольне пристосування для контролю параметрів, заданих технічними умовами.

В результаті проведеного техніко-економічного аналізу показана ефективність розробленого варіанту технологічного процесу в порівнянні з базовим. Розроблені заходи з безпеки праці.

ВІБРАТОР ГРОХОТА, ВАЛ ЕКСЦЕНТРИКОВИЙ, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ЯКІСТЬ, ОСНАСТКА, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

ABSTRACT

The object of the design is the design and technological principles of optimizing the production of a vibratory screen GITB 1-N for breaking rocks.

The purpose of the work is to develop a progressive technological process for machining an eccentric shaft as a component of a GITB 1-N screen vibrator using CAD CAM CAE technologies and optimizing cutting modes.

The relevance of such work is due to the fact that the screen vibrator is an integral part of the mining complex. Heavy grate inertia screens are designed for preliminary screening of the material before processing it in primary crushing crushers, that is, for separating smaller fractions.,

Thus, by developing an innovative technological process, we will reduce the cost of manufacturing without reducing the accuracy and quality of the eccentric shaft part, which is quite important for production.

A routing and operational technological process has been developed, a method of obtaining the workpiece has been selected, equipment and cutting tools have been selected, machining allowances and cutting modes have been calculated and selected. Machine tools and control devices have been designed and calculated to control the parameters specified in the technical specifications.

As a result of the conducted technical and economic analysis, the efficiency of the developed version of the technological process in comparison with the basic one was shown. Occupational safety measures were developed.

VIBRATOR SCREEN, ECCENTRIC SHAFT, BLANK, TECHNOLOGY, QUALITY, EQUIPMENT, PRODUCTIVITY, OPTIMIZATION OF CUTTING MODES

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.Р		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Муратов				РЕФЕРАТ	Лит.	Лист
Провер.	Кияновський						1
Реценз.						Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Н. Контр.	Нечаєв						
Утверд.	Рязанцев						

ВСТУП

Магістерська випускна робота розроблена з метою забезпечення експлуатаційної надійності однієї з основних складових гірничо-збагачувального комплексу – грохоту методами технологічної взаємодії.

Для реалізації обраний єдиний ефективний шлях оптимізація конструкторсько-технологічної підготовки CAD/CAM/CAE технологіями та методами математичного моделювання.

Розробка технологічних процесів складання вузла дозволила віднайти шляхи забезпечення точності складання. Далі з певною послідовністю і з урахуванням кількісного випуску розроблюється технологічний процес зборки машини і її вузлів. Виготовлення деталі вал ексцентриковий вібратора грохота починали з глибокого вивчення службового призначення машини і критичного аналізу норм точності і технічних вимог. Технологія виготовлення усіх деталей машин також ведеться в строгій послідовності і виконується з використанням загальних правил і положень. Це зв'язує технологію зі службовим призначенням машини і забезпечує відповідні рішення, що приймаються на різних етапах розробки технологічного процесу.

При проектуванні використовуються сучасні методи оптимізації ТП, технологічної підготовки виробництва верстатів, ДСТУ, а також відомості про стан проектування ТП складання та механічної обробки на базовому підприємстві.

Зміст виконання та техніко-економічне обґрунтування дає можливість стверджувати, що робота реальна і може бути рекомендована базовому підприємству для підвищення ефективності виробництва.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.В			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Муратов				ВСТУП	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Кіяновський						2	
Реценз.						Каф.ТМ гр.ПМ-24м		
Н. Контр.	Нечаєв							
Утверд.	Рязанцев							

1 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Службове призначення машини, деталі

Вихідними даними для проектування технологічних процесів служать складальне креслення вузла, робочі креслення деталей, технічні умови на виріб, програма випуску ($N_6=600$ шт.), нові досягнення та передовий досвід.

Для проектування взята машина вібратор грохота, який ремонтується на заводі РМЗ КЗРК.



Рисунок 1.1- Віброгрохот

Важкі колосникові інерційні грохоти призначені для попереднього грохочення матеріалу перед переробкою його в дробарках первинного дроблення, тобто для відокремлення менш великих фракцій.

Грохот ГИТБ 1-Н призначений для попереднього грохочення гірських порід. Продуктивність грохота $280 \text{ м}^3/\text{год}$, розмір колосникових ґрат $1500 \times 3000 \text{ мм}$, амплітуда коливань 3 мм .

Грохотом (рис. 1.2) є вібруючий короб 1 з колосниковими ґратами 4. Короб спирається на чотири пружинні підвіски 2, за допомогою яких короб підвішують або встановлюють на фундамент чи інші опорні конструкції. На бічних стінках короба укріплено два підшипники, в яких обертається вал вібратора 3, що приводиться в дію від шківів електродвигуна за допомогою клинопасової передачі, обладнаної огорожею.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.01 ПТПС			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Муратов			ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ		Лит.	Лист
Провер.		Кіановський						1
Реценз.							Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Н. Контр.		Нечаєв						
Утверд.		Рязанцев						

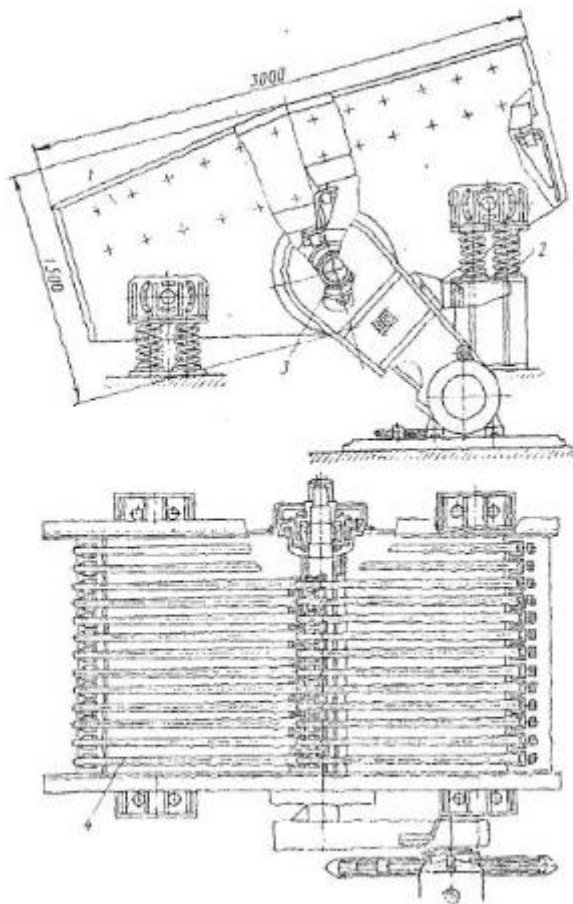


Рисунок 1.2- Грохот ГИТБ 1-Н

Короб є металевою конструкцією з футерованими боковими стінками, усередині якої встановлюють колосники. Бокові стінки сполучені між собою поперечними зв'язками і трубою вібратора, яка захищає його вал від зношування. Спеціальними клинами колосники кріплять в коробі, що дозволяє швидко замінювати їх.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.01.ПТПС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для нормальної роботи вібратора треба витримати зазор між підшипником і лабіринтною втулкою, який дорівнює 17 мкм, так як осьова гра підшипника дорівнює 17 мкм.

Розв'язуємо задачу ймовірнісним методом.

Розраховуємо кількість одиниць допуску

$$a = 0.83 \cdot T_{\Sigma} - \sqrt{1.44 \cdot \sum T_{cm}^2} / 1.2 \sqrt{\sum i_i^2} \quad (1.1)$$

де, T_{Σ} – допуск на замикаючу ланку;

T_{cm} – допуск на стандартний елемент (в даному випадку стандартним елементом є підшипник);

i – одиниця допуску.

$$a = 0.83 \cdot 0.017 - \sqrt{1.44 \cdot (300^2 + 300^2)} / 1.2 \sqrt{(7^2 + 2 \cdot 1.56^2 + 2 \cdot 1.86^2 + 2 \cdot 1.31^2 + 2 \cdot 0.73^2 + \dots)} = 36 \text{ мкм}$$

Найдене значення відповідає IT8 – IT9 і входить в інтервал $a=23-41$. Рівномірно розподіляємо поля допусків, назначені квалітети вносимо в таблицю.

Перевіряємо правильність назначених допусків

$$T_{\Sigma} = \sqrt{1.44 \cdot \sum T_i^2} \quad (1.2)$$

$$T_{\Sigma} = 1.44(0.370^2 + 0.039^2 + 0.040^2 + \dots) = 0.019 \text{ мм}$$

Похибка розрахунку складає;

$$\varepsilon = \frac{19 - 17}{17} \cdot 100\% = 11.8\%$$

Обираємо залежну ланку – A_2 , лабіринтна втулка.

Знаходимо середину поля залежної ланки.

$$\overrightarrow{\Delta C_{A_2}} = \sum [\overrightarrow{\Delta C_i} + 0.05 T_i] - \sum [\overrightarrow{\Delta C_j} + 0.05 T_j] + \Delta C_{\Sigma} + 0.05 T_{\Sigma} + 0.05 T_{\Sigma} \quad (1.3)$$

$$\overrightarrow{\Delta C_{A_2}} = [(0 + 0.05 \cdot 0.37) + 2(-0.037 + 0.05 \cdot 0.074)] - [(-0.153 + 0.05 \cdot 0.039) + 2(-0.023 + 0.05 \cdot 0.046) + 2(-0.0165 + 0.05 \cdot 0.033) + 2(-0.01335 + 0.05 \cdot 0.027)] + 0.109 + (0.05 \cdot 0.017) \cdot 2 = 0.153 \text{ мм}$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.01.ПТПС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Граничні відхилення залежної ланки дорівнюють:

$$es_{A_2}=0.1534+\frac{0,038}{2}=+0.172 \text{ мм}$$

$$ei_{A_2}=0.1534-\frac{0,038}{2}=+0.134 \text{ мм.}$$

Проводимо перевірку розрахунків.

$$\overline{\Delta C_{\Sigma}} = \sum [\overline{\Delta C_i} + 0,05T_i] - \sum [\overline{\Delta C_j} + 0,05T_j] - 0,05T_{\Sigma} \quad (1.4)$$

$$\Delta C_{\Sigma} = [[0+0.05 \cdot 0.370]+2[-0.037+0.05 \cdot 0.074]] - [[0.153+0.05 \cdot 0.038]+2[-0.023+0.05 \cdot 0.046]+2[-0.016+0.05 \cdot 0.033]+2[-0.0135+0.05 \cdot 0.027]] - 0.05 \cdot 0.017 = 0.165 \text{ мм}$$

$$es_{A_2}=0,165+\frac{0,017}{2}=+0,1735$$

$$ei_{A_2}=0,165-\frac{0,017}{2}=+0,1565$$

В результаті уточнення приймаємо граничні відхилення

$$es_{A_2}=+0,1735 \text{ мм}$$

$$ei_{A_2}=+0,1565 \text{ мм}$$

Таблиця 1.1 – Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Позначення ланки	Номинал. розмір	i	IT	Допуск мкм	Розміри з відхилення ми	ΔC_i
A_1	1974	7	9	370	$1974 \pm 0,185$	0
$A_2=A_7$	38	1,56	8	38	$38^{+0,172}_{+0,134}$	-0,153
$A_3=A_6$	126	ст.	ст.	40	$126_{-0,040}$	-0,0200
$A_4=A_5$	57	1,86	8	46	$57_{-0,046}$	-0,023
$A_8=A_{14}$	21	1,31	8	33	$21_{-0,033}$	-0,0165
$K_1=K_2$	5	0,73	9	30	$5_{-0,030}$	-0,015
$A_9=A_{13}$	77	1,86	9	74	$77_{-0,074}$	-0,037
$A_{10}=A_{12}$	13	1,08	8	27	$13_{-0,027}$	-0,0135
A_{11}	1750	7	-	370	$1750^{+0,220}_{-0,150}$	-0,185

Розрахунок кутових ланцюгів

В розглянутому вузлі вібратора виявляємо перетини через які проводимо вертикальні лінії з номерами. Перетини 1-2 проходять через опори вала і утворюють основний кутовий розмірний ланцюг γ , який відповідає за положення вала в вузлі. Всього утворилося два розмірних ланцюга:

– ланцюг γ , який визначає відносне суміщення і перекіс осі вала в підшипникових опорах;

Ланцюг γ складається з наступних величин:

S_1, S_4 – посадка внутрішнього кільця підшипника на втулку;

S_2, S_3 – посадка зовнішнього кільця підшипника в корпус;

e_3, e_8 – половина радіального биття підшипника;

e_1, e_{10} – ексцентриситет посадочних шийок втулки;;

e_5 – зміщення осей отворів в корпусі.

Вибір стандартних значень:

а) Величина вихідної ланки e_Σ визначається із зачеплення шестерень по 7-й степені по нормам кінематичної точності, 6-й степені по нормам плавності, 6-й степені по нормам контакту зубів, з видом спряження В. Для міжцентрової відстані 1750 мм граничне відхилення міжцентрової відстані $f_a = \pm 22$ мкм. Вихідне значення обирається як половина допуску, тобто $e_\Sigma = 0 \pm 0,041$ мм.

а) Підшипника класу точності 0. Вибираємо граничні відхилення на посадочні розміри підшипників і їх радіальне биття:

$$S_1 = S_4 = 160 \frac{L0}{k6} = 160 \frac{0}{-0.025 \atop +0.028 \atop +0.003}; \quad S_2 = S_3 = 380 \frac{H7}{l0} = 380 \frac{+0.040}{0 \atop -0.022}$$

$$e_1 = e_{10} 5 \text{ мкм}; \quad e_5 = 0,025 \text{ мм}$$

$$e_3 = e_8 = \frac{30 + 60}{2} = 45 \text{ мкм}$$

Допуски зазорів визначаються за формулою:

$$TS_i = S_{max} - S_{min}, \quad (1.4)$$

де S_{max} - максимальний зазор;

S_{min} — мінімальний зазор.

Максимальний зазор визначається за формулою:

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.01.ПТПС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$S_{max}=ES-ei, \quad (1.5)$$

де ES - верхнє граничне відхилення отвору;

ei — нижнє граничне відхилення валу.

Мінімальний зазор визначається за формулою

$$S_{min}=EI-es \quad (1.6)$$

де EI - нижнє граничне відхилення отвору;

es - верхнє граничне відхилення валу.

Проводимо розрахунки:

$$S_{1max} = S_{4max} = -0.003 \text{ мм};$$

$$S_{1min} = S_{4min} = -0.053 \text{ мм};$$

$$S_{2max} = S_{3max} = 0.062 \text{ мм};$$

$$S_{2min} = S_{3min} = 0$$

$$TS_1 = TS_4 = 0.05 \text{ мм}; TS_2 = TS_3 = 0.062 \text{ мм};$$

Координата середини поля допуску зазору визначається за виразом

$$em_s = \frac{em_D + em_d}{2} \quad (1.7)$$

де, em_s – координата середини поля допуску отвору;

em_a – координата середини поля допуску вала.

$$em_{s1} = em_{s4} = 0.003 \text{ мм};$$

$$em_{s3} = em_{s2} = 0.009 \text{ мм};$$

Допуск на вихідну ланку визначається по ймовірнісному методу для проектних розрахунків по виразу

$$T_{e\Sigma} = \sqrt{0.36 \cdot \sum T_{si}^2 + 0.56 \cdot \sum T_{ej}^2} \quad (1.8)$$

$$T_{e\Sigma} = \sqrt{0.36 \cdot (0.05^2 + 0.05^2 + 0.062^2 + 0.062^2) + 0.56 \cdot (0.03^2 + 0.06^2 + 2 \cdot 0.005^2 + 0.025^2)} = 0.086 \text{ мм};$$

$$em_{e\Sigma} = \sum [em_{si} + 0.5 \cdot T_{ei} + 0.05(T_{si} + T_{ei})] - \sum [em_{ej} + 0.5 T_{ej} + 0.05(T_{sj} + T_{ej})] \quad (1.9)$$

$$em_{e\Sigma}=[(0.03+0.03)+0.5\cdot(0.03+0.06+0.005+0.025)+\\+0.05(0.05+0.05+0.03+0.05+0.025)]-\\[(0.09+0.09)+0.5(0.03+0.005+0.025)+0.05(0.062+0.062+0.06+0.05+0.025)]=\\=0.0429 \text{ мм.}$$

Визначаємо граничні відхилення замикаючої ланки величини зміщення вісі вала в підшипниках за виразом:

Визначаємо координату середини поля допуску:

$$es_{e\Sigma}=em_{e\Sigma}+\frac{T_{e\Sigma}}{2}=0.049+\frac{0.086}{2}=0.0859 \text{ мм};$$

$$ei_{e\Sigma}=em_{e\Sigma}-\frac{T_{e\Sigma}}{2}=0.0429-\frac{0.086}{2}=-0.0001 \text{ мм.}$$

Визначимо величину перекосу в перетині:

$$P_{\Sigma}=\frac{1}{K_{\Sigma}}\cdot\sqrt{\sum C_{bt}^2\cdot K_{bt}^2\cdot T_{si}^2}=\frac{1}{1}\sqrt{(1.7\cdot1.2\cdot0.05)^2+(1.6\cdot1.1\cdot0.062)^2}=0.062 \text{ мм.}$$

Отриманий перекус по розрахункам не перевищує мінімального гарантованого бокового зазору, тобто $j_{n \min} > P_{\Sigma}$ ($250 > 65$).

Висновок: З приведених розрахунків розмірних конструкторських ланцюгів був виявлений метод складання – метод ймовірнісний, за допомогою компенсатора (прокладки), організаційна форма складання не поточна, стаціонарна.

1.3 Аналіз методів виконання складальних з'єднань

Характеристика з'єднань, що використовується в вузлі, зводимо в таблицю.

Таблиця 1.1 - Характеристика з'єднань

№ п/п	Деталь, що входить в з'єднання	Характеристика з'єднань
Різьбове з'єднання		
1	Муфта (2) – труба (3)	M24xH7/g5

Продовження таблиці 1.1		
1	2	3
2	Муфта (2) – гайка (42)	M24x6.4 $\frac{7H}{7g}$
3	Кришка (23) – муфта (2)	M18xH7/g5
Шпонкове з'єднання		
4	Вал ексцентриковий (14) – дебаланс (1)	
З'єднання з підшипниками кочення		
5	Підшипник (40) – дебаланс (1)	Ø160 L0/k6
6	Підшипник (40) – корпус підшипника (2)	Ø380 H7/10

З приведеної інформації в таблиці робимо висновок, підшипники кочення сприймають коливання навантаження, так як мають перехідну посадку на валу. Різьбові з'єднання мають як, середній клас точності, так і грубий.

1.4 Розробка схеми складального з'єднання

Послідовність розбирання вузла вібратора, представимо у вигляді таблиці.

Таблиця 1.2 - Виявлення вузлів та їх базових деталей.

№ з/п переходу розбирання вузла	Ключове слово переходу розбирання	Деталі, що знімаються чи залишається при розбиранні, та їх кількість	Вузли, що знімаються чи залишаються при розбиранні, та їх кількість
Загальне розбирання – вібратор 0зб14			
1			Дебаланс 1 в зборі 1зб1
2			Дебаланс 1 в зборі 1зб1
3	Випресувати	Шпонка 38	Труба 3 в зборі 1зб3
4	Відгвинтити, зняти	Болт 41, гайка 42, шайба 43	Втулка 21 в зборі 1зб21
5			Втулка 21 в зборі 1зб21

Продовження таблиці 1.2			
6	Відгвинтити, зняти	Болт 35, гайка 37, прокладка 20	Вал 14 в зборі 1зб14
	Залишилась	Базова деталь – вал 14	

Структуру виробів з виявленням базових елементів, вузлів і деталей заносимо в таблицю.

Таблиця 1.3 - Структура виробу

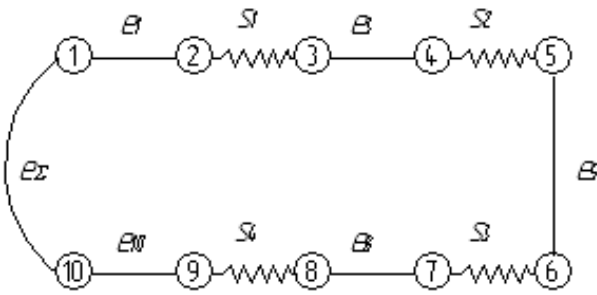
№ п/п	Найменування і позначення вузла	Структурні елементи виробу (найменування, позначення і кількість)		
		Базовий елемент	Вузли і їх порядок	Деталі
1	2	3	4	5
1	Вібратор грохота 0зб14	Вал ексцентрико- вий 14	Вузли першого порядку: а) дебаланс 1 в зборі – 1зб1 б) труба 3 в зборі – 1зб3 в) втулка 21 в зборі – 1зб21 г) вал 14 в зборі – 1зб14	а) шпонка 38 б) шайба 43, гайка 42 болт 41 в) прокладка 20 гайка 37 болт 35

Спираючись на розроблену схему складання розроблюємо технологічний процес складання насосу з визначенням оперативного часу на кожну операцію. Технологічний процес складання заносимо в таблицю 1.4.

$$a = \frac{0,83T_{\Sigma} - \sqrt{1,44\Sigma T_{cm}^2}}{1,2\sqrt{\Sigma i_i^2}} = \frac{0,83 \cdot 17 - \sqrt{1,44(300^2 + 300^2)}}{1,2\sqrt{7^2 + 1,56^2 + 1,56^2 + 1,86^2 + \dots}} = 36_{MKM}$$

$$T_{\Sigma} = \sqrt{1,44(0,370^2 + 0,039^2 + 0,04^2 + 0,026^2 + \dots)} = 0,019 \text{ ù}$$

Таблиця 1.5 - Розрахунок кутової розмірної ланки γ

Позначення і призначення розмірного ланцюга	Визначення величини відносного суміщення і відносного перекосу вісі вала в підшипникових опорах	Назначення вихідної ланки розмірного ланцюга	a=1763 мм; f _a =±22 мкм.					
Зображення розмірного ланцюга			Шука-на величи-на	Значення шуканої величини				
			[e _Σ] em _{eΣ} T _{eΣ} P _Σ	0±0,041 0,0429 мм 0,082 0,065 мм				
Ланка	Найменування розміра або посадки	Величина	em _i	em _{Si}	T _{Si}	α _i	K _i	
S ₁ , S ₄	Посадка внутрішнього кільця підшипника но втулку;	160 $\frac{L0}{k6} \left(\begin{array}{c} 0 \\ -0,025 \\ +0,028 \\ +0,003 \end{array} \right)$		0,03	0,05	0,1	1,22	
S ₂ , S ₃	Посадка зовнішнього кільця підшипника в корпусі;	133 $\frac{f7}{i0} \left(\begin{array}{c} +0,04 \\ 0 \\ 0 \\ -0,022 \end{array} \right)$		0,09	0,02	0,1	1,32	
e ₁ , e ₁₀	Ексцентриситет посадкових місць втулки; 0,5 радіального биття підшипника кочення;	0,005				0,1	0,75	
e ₃ , e ₈		(0,030+0,060)/2=0,045				0,1	0,75	
e ₅		0,025				0,1	0,75	
	Не співвісність вісей отворів в корпусі.							

Таблиця 1.6 - ТП складання вібратора

№ операції	1. Найменування операції 2. Найменування переходу .	Пристосування	T _{переход, ХВ}
1	2	3	4
005	1. Підготовка деталей.		
	2.1. Очистити деталі від стружки, іржі, бруду і виступи в необроблених місцях.	Стіл, кран	2
	2.2 Промити підшипники в бензині, продути повітрям.	Ванна	1,64
010	1. Складання валу ексцентрикового		
	2.1 Зняти у деталей заусенці й притупити гострі кромки.	Стіл	1,5
	2.2 Насадити на праву шийку валу ексцентрикового 14 втулку 17 до	Стіл, кран	0,12
	2.3 Надіти трубу в зборі 3 на підшипник 40	Стенд, кран	0,37
	2.4 Надіти кришку підшипника 18 на втулку 17 в кришку підшипника	Стіл, кран	0,17
	2.5 Розігріти в електричній масляній ванні роликпідшипник 40, до 90°.	Електрична ванна	20
	2.6 Напресувати роликпідшипник 40 на втулку 17 в кришку підшипника 18.	Гідравлічний прес, стіл	0,17
	2.7 Нагвинтити болт 41, закріпити гайкою 42 і шайбою 43.	Стенд	16х1,4 3
	2.8 Зняти у деталей заусенці й притупити гострі кромки.	Стіл	1,5

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4
010	2.9 Насадити на шийку вала 14 втулку 17 до борта.	Стіл, кран	0,12
	2.10 Надіти кришку підшипника 18 на втулку 17 в кришку підшипника 18	Стіл, кран	0,17
	2.11 Розігріти в електричній масляній ванні роликopідшипник 40, до 90°.	Електрична ванна	20
	2.12 Напресувати роликopідшипник 40 на втулку 17 в кришку підшипника 18.	Гідравлічний прес, стіл	0,17
	2.13 Нагвинтити болт 41, закріпити гайкою 42 і шайбою 43.	Стенд, електричний гайковерт	16x1,4 3
015	1. Установка кришки.		
	2.1 Зняти у деталей заусенці й притупити гострі кромки.	Стіл	0,32
	2.2 Надіти кришку 23 на втулку 17, притиснувши до кришки підшипника 18. Закріпити за допомогою болта 35 і шайби 37. Між кришкою підшипника 18 і кришки 23 розмістити прокладки 20	Стіл, електричний гайковерт	8x1,47
	2.3 Надіти лабіринтну втулку 21 на втулку 17	Стіл, кран	0,12
	2.4 Відрегулювати зазор між підшипником 40 і втулкою лабіринтною 21.	Стенд	2,8

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4
020	1. Установка кришки		
	2.1 Зняти у деталей заусенці й притупити гострі кромки.	Стіл	0,32
	2.2 Надіти кришку 23 на втулку 17, притиснувши до кришки підшипника 18. Закріпити за допомогою болта 35 і шайби 37. Між кришкою підшипника 18 і кришки 23 розмістити прокладки.	Стіл, електричний гайковерт	8x1,47
	2.3 Надіти лабіринтну втулку 21 на втулку 17	Стіл, кран	0,12
	2.4 Відрегулювати зазор між підшипником 40 і втулкою лабіринтною 21.	Стенд	2,8
025	1. Насадка дебалансів		
	2.1 Надіти кільця 22 на вал 14, притиснувши їх до лабіринтної втулки	Кран, стіл	2x1,1
	2.2 Зачистити кромки шпонкових пазів	Пневматична машина	0,15
	2.3 Прижати і запресувати на вал 14 шпонку 38.	Тиски, напилек, стенд	1,71
	2.4 Надіти на вал ексцентриковий 14 дебаланси в зборі 1, на шпонку 38	Кран, стенд	2x1,85
030	1. Кріплення квадрата.		
	2.1 До лівого торця вала 14, за допомогою 2х болтів 35 і шайби 43 прикріпити квадрат 45.	Стенд, кран,	2x1,47
035	1. Обкатка вібратора		
	2.1 Встановити вібратор на стенд.	Стенд, кран	5
	2.2 Обкатка вібратора в холосту, регулюючи частоту обертання дебалансів 1 від мінімального до максимального на протязі 30 хв. Під час прокатки не повинно бути нерівномірного шуму, надмірного нагріву підшипників.	Стенд	60
Загальний час на складання операцій			201,39

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів змін

Вал ексцентриковий виконує головну роль в роботі машини. На вал насаджуються дебаланси, за допомогою шпонкового з'єднання, що виконують обертовий рух, приводячи в дію вузол. Вал знаходиться в захищеному корпусі, працює в умовах великих вібрацій і великих навантажень, при роботі зазнає напругу кручення і згину, приймає участь у роботі силових і змішаних вузлів. Тому матеріал деталі повинен бути міцним, мати в'язку серцевину і гарно оброблюватись, не чутливим до концентрату напружень. В результаті цього використовуємо матеріал – Сталь 45 ДСТУ 7809:2015. Згідно технічних вимог до креслення можлива заміна матеріалу на Сталь 52, для дослідів.

Хімічні і фізичні властивості матеріалу заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічні властивості Сталь 45 ДСТУ 7809:2015

C, %	Mn, %	Cu, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %
0,422-0,5	0,5-0,8	0,3	0,3	0,04	0,035	0,25

Таблиця 2.2 - Механічний склад Сталі 45 ДСТУ 7809:2015

σ_T , МПа	σ_{BP} , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	a_H , Дж/см ²	НВ
360	610	16	40	50	229

Термообробкою для сталі 45 є нормалізація, нагрів сталі до 1200-1300°C. Недовготривала витримка і охолодження на повітрі. Внаслідок термообробки буде досягнута необхідна твердість матеріалу та будуть зняті залишкові напруги, це на (10-15)% збільшує твердість і міцність.

2.2 Аналіз якостей поверхонь деталей

На кресленні деталі пронумеровуємо поверхні (рис. 2.1) і в наступному ці номери використовуємо для позначення їх у тексті.

Основні поверхні – 4, 10.

Допоміжні поверхні – 3, 11, 13, 14, 15

Спрягаємі поверхні – 12, 16.

Вільні - усі інші поверхні.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.02. ТЕАВД		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Муратов				ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ	Лит.	Лист
Провер.	Кіяновський						8
Реценз.						Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Н. Контр.	Нечаєв						
Утверд.	Рязанцев						

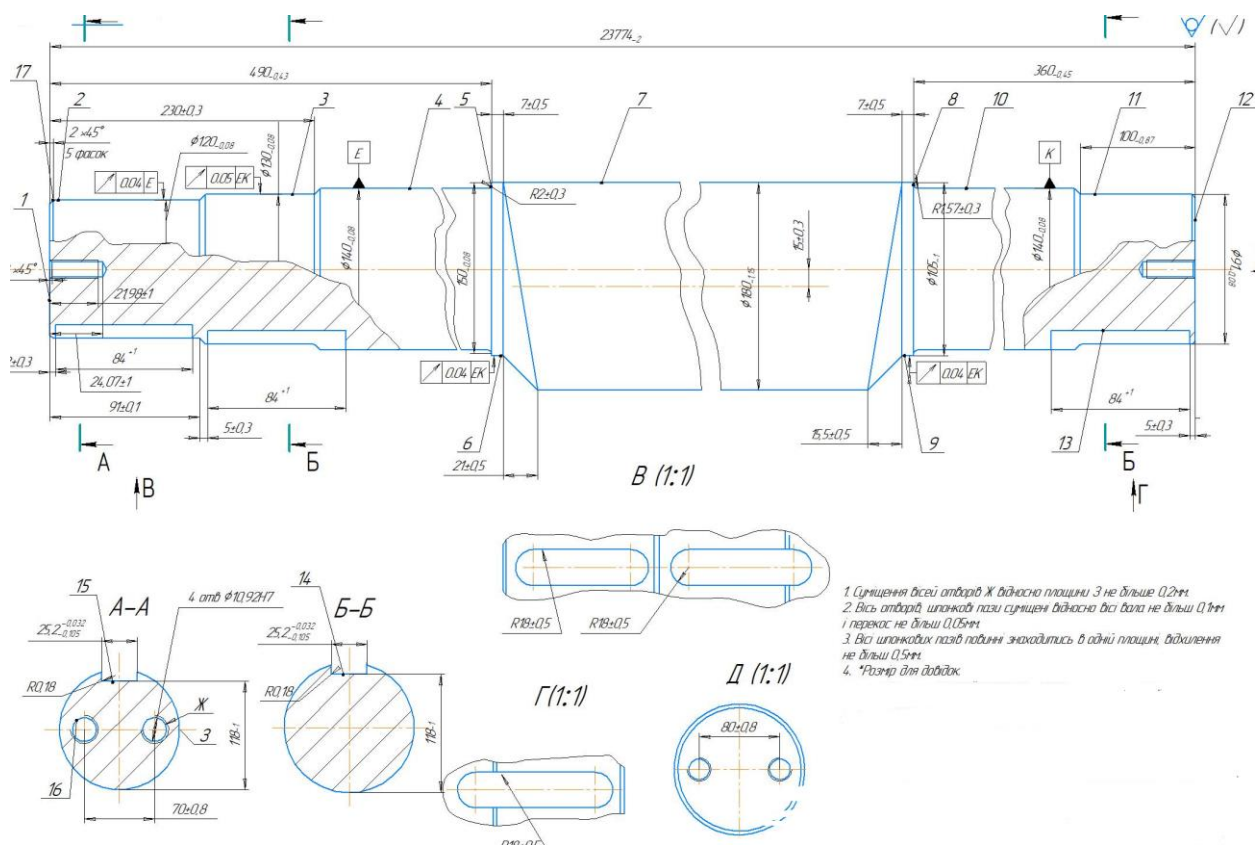


Рисунок 2.1-Вал ексцентрик

Проаналізуємо вимоги до точності, шорсткості і відносного розташування основних і допоміжних поверхонь відповідно до призначення деталі:

- основні поверхні 4,10 – шийки вала під підшипники, тому мають низьку шорсткість Ra 1,6 і високі вимоги до взаємного розташування.
- допоміжні поверхні 3, 11 – поверхні де встановлюються дебаланси, поверхні мають шорсткість Ra 1,6 і високі вимоги до взаємного розташування. Поверхні 13, 14, 15 – поверхні під пази шпонкові, мають низьку шорсткість Ra 3,2.
- Спрягаємі поверхні 12, 16 – поверхні для кріплення торцевої шайби, мають шорсткість Ra 6,3 і низькі вимоги до розташування.
- Вільні поверхні мають Ra 12,5 і не спрягаються з іншими поверхнями інших деталей.

Проаналізуємо вимоги то точності поверхонь:

$$T_1 > T_2 > T_3$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

КНУ.КМР. 131.25.1-12.02.ТЕАВД

Лист

В залежності від призначення поверхонь виконують оцінку вимог до точності і шорсткості поверхонь. Вільні поверхні не мають важливого впливу на роботу валу ексцентрикового, тому вони мають низьку точність і високу шорсткість. Основні поверхні грають головну роль і роботі вала і вузла, тому вони повинні мати низьку шорсткість і високу точність. Допоміжні поверхні мають середню шорсткість і низьку шорсткість. Спрягаємі поверхні – середня точність і низька шорсткість.

Вимоги до відносного розташування поверхонь відповідно до призначення деталі:

- відносне розташування допоміжних поверхонь складає 0,02мм;
- співвісність шийок дорівнює половині радіального биття;
- співвісність шпонкових пазів, симетричність, відхилення відносно вісі дорівнює 0,03мм;
- перпендикулярність торців до вісі вала.

Таблиця 2.3 - Аналіз поверхонь

№ пов.	Номинальний розмір	Квалітет <i>IT</i>	Допуск <i>T</i> , мкм	Шорсткість <i>Ra</i>	Відхилення форми і розташування		
1	Ø120	9	80	6,3	-		
2	Ø120,191	12	200	12,5		,04	E
3	Ø130,1139	8	80	1.6		0,05	EK
4	Ø140	8	80	1,6	-		
5	Ø150/Ø140	14	360	3,2		0,04	EK
6	Ø150L7	9	80	6.3	-		
7	Ø180L1510	12	2300	12.5	-		
8	Ø150/Ø140	14	2300	3.2		0,04	E
9	Ø150L7	9	80	6.3	-		
10	Ø140L260	8	80	1.6	-		
11	Ø91L100	8	80	1.6		0,04	EK
12	Ø91	9	80	6.3	-		
13	Bxhxl= =25.2x12x84			3.2 6.3	-		
14	Bxhxl= =25.2x12x84			3.2 6.3	-		

Продовження таблиці 2.3					
1	2	3	4	5	6
15	$B \times h \times l = 25.2 \times 12 \times 120$			3.2 6.3	-
16	4 отв. $\varnothing 16.8, 132.2$	7	18	3.2	-
17	2,1x45° 5 фасок	14	360	12,5	-

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь на кресленні представлена фронтальним видом, з 3-ма підвидами і двома розрізами. Цієї інформації достатньо, щоб уявити деталь, її форму і розміри.

Розміри лінійні і діаметральні відповідають значенням із стандартних рядів розмірів. Розміри мають граничні відхилення або квалітети. Ті, що проставлені без квалітетів, виконуються за 14 квалітетом. Вказані розміри дають повну інформацію про точність деталі і її габарити.

Шорсткість відповідає стандартним значенням і відповідає другому ряду.

На кресленні проставлені конструкторні бази, відносно яких проставлені відхилення форми і розташування поверхні.

В технічних вимогах до креслення представлення уся необхідна інформація.

Роблячи висновок, маємо повне уявлення про деталь, її виготовлення, отримання необхідної її точності, якості, і повністю відповідає нині діючим стандартам.

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь, що обрана для проектування ТП обробки відноситься до класу валів. Вал ексцентриковий має правильну циліндричну форму, має 3 призматичних пази та по два циліндричних отвори з різьбою на торцях, що розташовані на вісі. Вал має ексцентрик, що є не досить технологічною поверхнею. Для обробки треба використовувати балансування і піднімати

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.02.ТЕАВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

вісь на 15мм. Матеріал валу – сталь 45, достатньо добре оброблювана сталь. Заготовка для даної деталі є прокат.

Вал має досить розвинуті торцеві поверхні для використання їх як установочні бази, за направляючу базу приймемо вісь.

Деталь не жорстка так як $L/D=2374/1800=13$, і при обробці необхідно використати люнети. Взагалі поверхні досить зручні для підводу і відводу інструмента. Необхідну точність і шорсткість можливо отримати і на верстатах нормальної точності.

Висновок, деталь достатньо технологічна і не створює проблем при отриманні заготовки, а також при механічній обробці.

Вага 437 кг приводить до незручностей при транспортуванні вала і при використанні автоматизованого обладнання, це приводить до використання спеціальних роботів, що є також нетехнологічним.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу

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

де $Q_d=437$ кг – маса деталі;

$Q_3=550$ кг – маса заготовки.

$$K_{в.м.} = 437/550 = 0,79$$

Розраховуємо коефіцієнт точності обробки. Для цього розраховуємо середню точність, яка дорівнює

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} = \frac{9 \cdot 6 + 7 \cdot 3 + 12 \cdot 3 + 8 \cdot 2 + 14 \cdot 7}{24} = 9 \quad (2.2)$$

$$k = 1 - \frac{1}{T_{\bar{n}\bar{d}}} = 1 - \frac{1}{9} = 0,89$$

Це свідчить про те, що деталь достатньо точна.

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості. Для цього розраховуємо середню шорсткість.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.02.ТЕАВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i n_i}{n_i} = \frac{1.6 \cdot 4 + 3.2 \cdot 6 + 6.3 \cdot 4 + 12.5 \cdot 12}{26} = 7,8_{мкм} \quad (2.3)$$

$$k_u = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{7,8} = 0,12$$

З визначеного коефіцієнту шорсткості видно, що деталь має середню шорсткість.

Висновок, деталь є досить технологічна кількісно, технологічна якісно, має нетехнологічну поверхню 7. Заміна конструкції непередбачена.

2.5 Вибір типу виробництва

Для того, щоб визначити тип виробництва необхідно визначити коефіцієнт закріплення операцій K_{30} . Ділянка для обробки вала буде складатися з п'яти верстатів. Річна програма випуску деталей – 600 шт.

Вихідні дані	
Річна програма N_p , шт	600
Штучно-калькуляційний час, хв	
$T_{шт.-к.1}$	13,5
$T_{шт.-к.2}$	60,09
$T_{шт.-к.3}$	35,46
$T_{шт.-к.4}$	98,1
$T_{шт.-к.5}$	17,94
Йомвірний тип виробництва (ДС=1, СС=2, ВС=3)	2
Кількість змін	1

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

$$\Pi_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_H}{T_{шт.к.} \cdot N_M}$$

де η_H – плановий нормативний коефіцієнт завантаження верстата, прийнятий для велико-, середньо- та дрібносерійного виробництва відповідно рівним 0,75; 0,8; 0,9;

$$N_M – \text{місячна програма випуску заданої деталі, шт} N_M = \frac{N_p}{s \cdot 12}$$

$$\Pi_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{13,5 \cdot 50} = 15,623$$

$$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

$$\Pi_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{60,09 \cdot 50} = 3,5099$$

$$P_i = 0,96 \cdot \eta_H = 0,96 \cdot 0,8 = 0,768$$

$$\Pi_{o3} = \frac{13182 \cdot 0,8}{35,46 \cdot 50} = 5,9479$$

$$\sum P_i = 5 \cdot 0,768 = 3,84 = 4$$

$$\Pi_{o4} = \frac{13182 \cdot 0,8}{98,1 \cdot 50} = 2,15$$

$$K_{з.о.} = \frac{38,99}{4} = 9,75$$

$$\Pi_{o5} = \frac{13182 \cdot 0,8}{17,94 \cdot 50} = 11,757$$

Розмір партії деталей

$$n = \frac{N_p \cdot a}{\Phi}$$

де Φ – число робочих днів в році;
 a – кількість днів запаса деталей на складі; для
 крупних деталей – 2...3 дн.; середніх – 3...5 дн.;
 дрібних – 5...10 дн.

$$n = \frac{600 \cdot 2}{249} = 5 \text{ шт.}$$

З визначеного коефіцієнта закріплення видно, що підприємство мало серійне, метод роботи перемінно-поточний. Виробництва виконується по умовній програмі, коли обирається деталь-представник для довантаження обладнання, підбираються деталі схожі по часу обробки, габаритам.

2.6 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування

Розробка технологічного процесу включає класифікацію (кодування) виготовлення деталей на підставі класифікаторів. Але при відсутності відповідної класифікаційної групи технологічний процес розроблюється як одиничний.

Складання структури повного конструкторсько-технологічного коду деталі.

1) Конструкторський код деталі:

75 – клас;

751000 – підклас;

741300 – група;

751310 – підгрупа;

751313 – конструкторський код деталі.

2) Технологічний код деталі:

xxxxxx – код класифікації групових признаков по технологічному методу виготовлення;

xxxxxxxx – код класифікації групових признаков, характеризуючих вид деталі;

Б34022.32568125

Конструкторсько-технологічний код деталі

751313- Б34022.32568125

Типовий технологічний процес написаний для умов мало серійного виробництва, в ньому маютья операційні карти, в яких не вказані режими різання, та ескізи операцій, але в них проставлені норми часу на операції. Вказані норми часу відповідають нормативним нормам часу.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.02.ТЕАВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Таблиця 2.4 - Типовий технологічний процес

Найменування операції	Модель верстата
Токарна	1А665 Важкий токарний
Свердлильна	Горизонтально-розточний верстат моделі 2М615
Фрезерна	
Шліфувальна	3М196 Важкий кругошліфувальний

Прийняття технічного рішення з метою підвищення якості виготовлення деталі валу ексцентрикового, з одночасним зменшенням його собівартості, вдосконалюємо типовий ТП в напрямку – використання прогресивного обладнання. В результаті цього буде знижено час на обробку деталі. Змінюємо обладнання на більш ефективніше, заміна горизонтально-розточного верстата і фрезерного на фрезерно-розточний верстат з повздовжнім столом, рухомою поперечиною і з ЧПК. Внаслідок цього, буде зроблена концентрація операцій, а це дасть зменшення підготовчо-заклучного і допоміжного часу і часу на транспортування.

Для підвищення ефективності складання необхідно провести розмірний аналіз вузла та спроектувати ТП складання.

2.7 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки

2.7.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовки

Обґрунтуємо варіанти одержання заготовки користуючись матрицею впливу факторів.

В відповідності з конструкцією деталі і тими технічними вимогами встановлюються основні фактори, що визначають вибір виду заготовки і технологію її виготовлення. Аналізуючи ступінь впливу факторів обирається один або декількох доцільних технологічних процесів, що забезпечує отримання заготовок потрібної якості. Використовуємо матрицю впливів факторів.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.02.ТЕАВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 2.5 - Матриця впливів факторів

Спосіб	Фактори						Σ
	Форма і розмір заготовки	Потрібна точність і якість поверхні	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма	Можливості підприємства	Габарити деталей	
Прокат	+	+	+	+	+	+	6
Поковка	+	+	+	+	+	+	6

Доцільно одержати заготовку прокатом, або вільним куванням на пресах .

Робимо техніко-економічне обґрунтування заготовки:

Приведені затрати, пов'язані з виготовленням деталі з заготовки одержаної прокатом , грн

$$Z = A + Z_0 + E_n \cdot Z_k + O_2$$

42210,2	41923,3	88,7847	0,15	72,7382	187,179
---------	---------	---------	------	---------	---------

де

A - вартість заготовки

$$A = M \cdot C \cdot K_c \cdot K_{оп} \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_T - (M - q) \cdot Ц$$

41923,3	617,3	39,4	1	0,73	0,74	1,21	3	617,3	437	32
---------	-------	------	---	------	------	------	---	-------	-----	----

M - маса заготовки, кг

C - вихідна оптова ціна 1кг заготовки, грн;

$K_c, K_{оп}, K_v, K_m, K_T$ - коефіцієнт, який враховує відповідно:

- * групу складності заготовки
- * обсяг виробництва заготовок (група серійності)
- * вагу заготовки
- * матеріал заготовки
- * клас точності поковки

q - чиста маса деталі, кг

Ц - ціна 1 кг відходів, грн

Z_0 - зарплата по операціям механічної обробки, які відрізняються, грн:

$$Z_0 = \frac{T_{шт} \cdot C_p \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{60}$$

65,7	33,6	1,4	1,08	1,14	1,4
88,7847					

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$T_{шт}$ - норма штучно-калькуляційного часу на операцію, яка відрізняється, хв

C_p - часова тарифна ставка четвертого розряду роботи, грн

K_1, K_2, K_3, K_4 - коефіцієнти, які враховують відповідно:

* преміальні доплати станочників ($K_1 = 1,4$)

* додаткову заплату ($K_2 = 1,08$)

* відрахування на соціальне страхування ($K_3 = 1,4$)

* зарплату наладчиків верстатів ($K_4 = 1,4$)

O_3 - поточні затрати по експлуатації верстата, грн:

$$O_3 = \frac{200 \cdot 65,7 \cdot C_1 \cdot T_{шт}}{60 \cdot K_5}$$

187,179 1,17

C_1 - годинні поточні затрати по експлуатації верстата, грн; $C_1 = 0,003 \cdot C_0$

K_5 - коефіцієнт виконання норм ($K_5 = 1,17$)

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності ($E_n = 0,15$)

$З_k$ - питомі капітальні затрати на операцію, грн

$$З_k = \frac{(Б + K_{ц}) \cdot 65,7 \cdot T_{шт}}{60 \cdot \Phi \cdot \eta_v}$$

72,7382 4015 0,202

$Б$ - балансова вартість верстата, грн

$K_{ц}$ - вартість площі цеха, грн

$$K_{ц} = \Pi * \Phi * \gamma$$

36968,8	500	29,575	2,5
---------	-----	--------	-----

Π - вартість 1м² площі механічного цеха, грн

Φ - габаритні розміри верстата (довжина * ширину), м²

γ - коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Φ - річний фонд часу роботи верстата, годин

$\eta_{в}$ - коефіцієнт використання верстата:

$$\Phi = 5,495 * 4,55$$

$$\eta_{в} = \frac{65,7 * 600}{60 * 3975 * 1,17 * 1}$$

0,14127	3975	1,17	1
---------	------	------	---

Висновок: Як видно з розрахунків , одержання заготовки шляхом прокату – доцільно, тому виготовляти заготовку будемо з прокату.

2.7.2 Проектування заготовок

2.7.2.1 Проектування прокату:

Згідно ДСТУ 4738:2007 беремо прокат сталевий гарячекатаний круглий, обираємо прокат з такими розмірами L/D=3000 мм/180мм, (ПАТ Арселор Міттал) граничні відхилення на довжину ^{+0,9}_{-1,5}, 1 мп. профілю важить 205,8кг, овальність прокату не більше 50% від суми граничних відхилень, кривизна 0,5% довжини. Загальна вага 617,3 кг.

Різка прокату в розмір на потрібну довжину - 2374 мм, відбувається на ексцентрикових прес-ножицях.

2.7.2.2 Проектування поковки кованої, як альтернативної

Проектування заготовки типа «ступеневий вал» під час аналізу креслення ведуть перестановку розмірів, з метою прив'язки їх до єдиної бази. В нашому випадку за базу обираємо торець розрізу з найбільшим діаметром – Ø 180мм. Використовуємо підкладні кільця.

Припуски і граничні відхилення на них призначають використовуючи ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої та легованої сталі виготовлені куванням на пресах , усі розрахунки вносимо в таблицю.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.02.ТЕАВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 2.6 - Таблиця розрахунків

№ з/п	Номинальний розмір	Основний припуск	Граничні відхилення, мм	Додатковий припуск	Розмір заготовки
1	Ø120	14	±4	-	Ø134±4
2	Ø130	15	±4	-	Ø145±4
3	Ø140	15	±4	-	Ø155±4
4	Ø150	15	±4	5	Ø170±4
5	Ø180	15	±4	-	Ø195±4
6	L2374	37.5	±10	-	L2412±10
7	L490	7.5	±8	-	L198±8
8	L360	7.5	±8	-	L368±8
9	L91	7.5	±8	-	L99±8

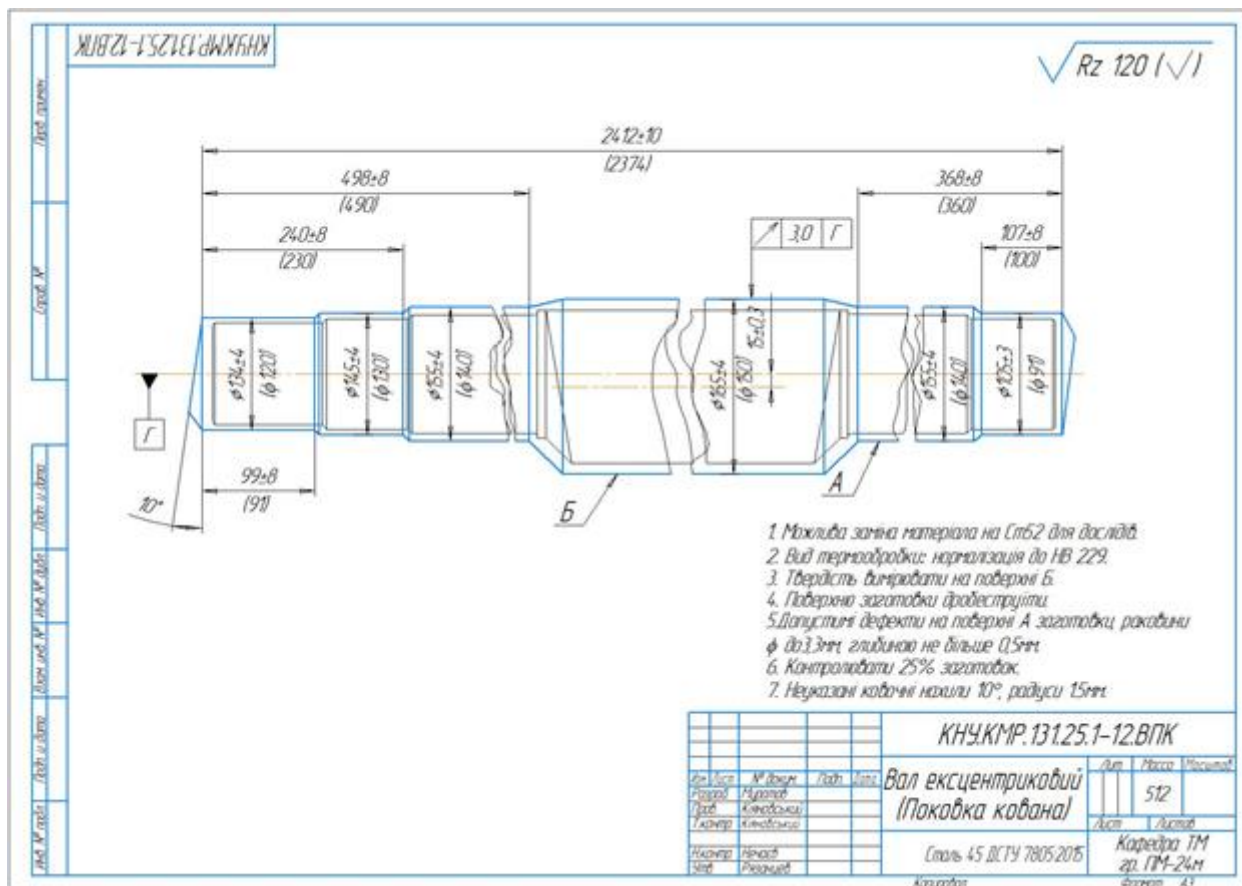


Рисунок 2.2- Альтернативна заготовка валу ексцентрикового (поковка кована)

З ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

3.1 Вибір і обґрунтування баз

Основними конструкторськими базами валу ексцентрикового, що визначають його положення у вузлі, є поверхні 10, 14 5 і 8 згідно креслення деталі (рис.2.1).

Допоміжними конструкторськими базами деталі, які визначають положення приєднуємих до неї деталей, є поверхні 13, 14 і 15, 16.

Технологічними базами, що визначають положення деталі при механічній обробці є поверхні 4 і 10 при фрезерній, свердлильній операції; 1, 12 при токарній і шліфувальній операціях.

Схема базування що використовується при токарній і шліфувальній обробці зображена на рисунку 3.1. Направляючою базою є вісь, упорна торець.

Загальна схема базування на свердлильну і фрезерну обробки зображена на рисунку 3.3. В даному випадку направляючі бази поверхні 4, 10 упорна поверхня 5 і 8.

Основною задачею першої операції є підготовка технологічних баз, тому на цій операції вал базується на направляючі поверхні 4 і 10, з упором в поверхні 5 і 8.

Аналізуючи схему базування можна зробити висновок, що принцип єдності баз дотримується, але принцип сталості баз не дотриманий із-за того, що обробка вала передбачає його переустановку для того, щоб обробити його з двох сторін.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.03. ПТП					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ			Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Муратов								
Провер.		Кіянoвський							21	
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м		
Н. Контр.		Нечаєв								
Утверд.		Рязанцев								

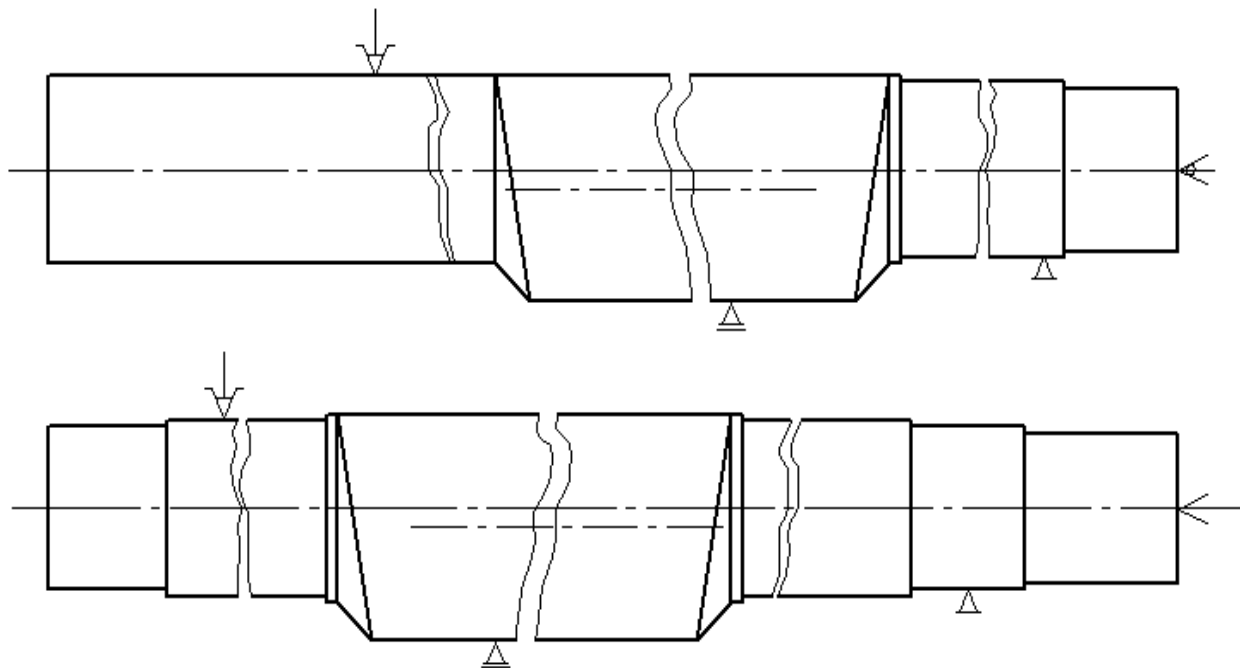


Рисунок 3.1- Схема базування вала на токарну чорнову обробку

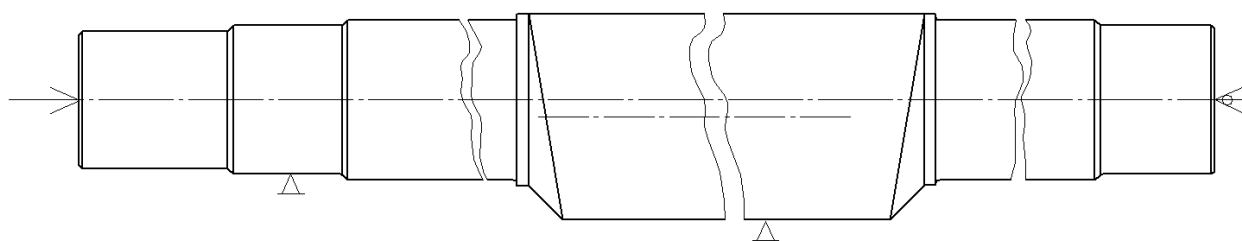


Рисунок 3.2- Схема базування вала при шліфувальній операції і токарній чистовій

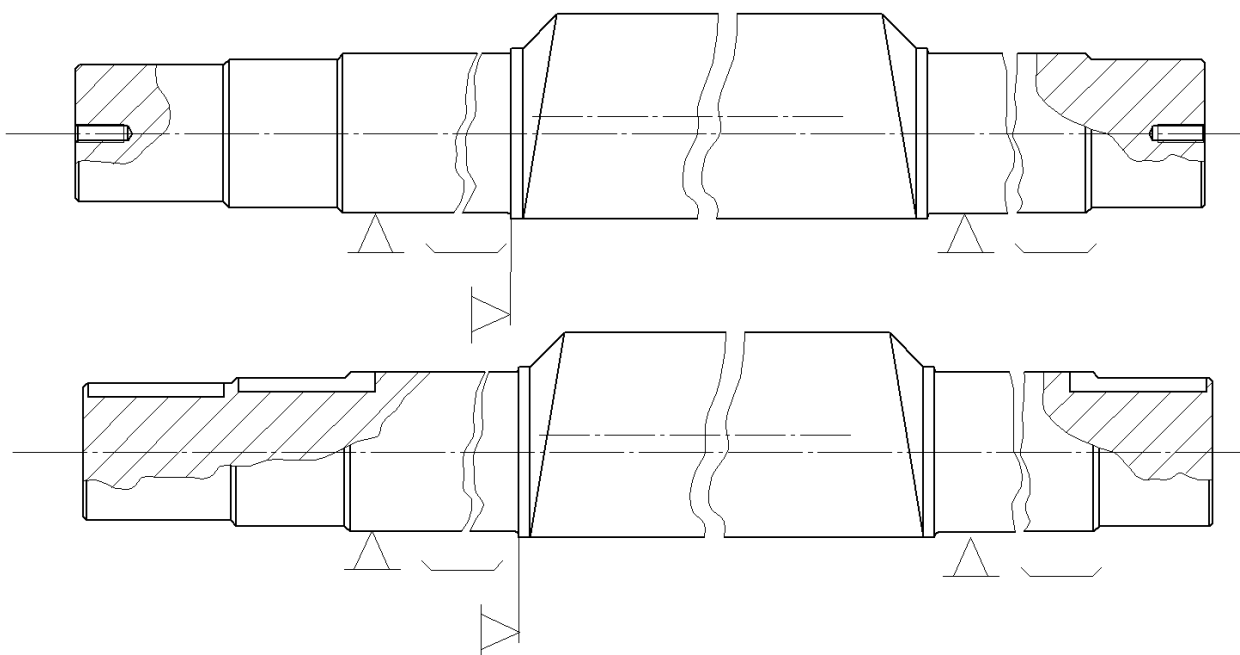


Рисунок 3.3- Схема базування на фрезерно-свердлильну обробку

3.2 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Згідно пронумерованих поверхонь на рис. 2.1 розробляємо послідовність обробки найбільш точних поверхонь. Всі дані зводимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

№ пов., розмір, мм	Найменування переходів	Шорсткість Ra , мкм	Точність IT	Допуск T , мкм
1	2	3	4	5
1. Ø120	чорнове точіння чистове точіння	12,5 6,3	12 9	120 80
2. Ø120L91	чорнове точіння	12,5	14	870

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
3. Ø130L139	чорнове точіння	12,5	14	870
	напівчистове точіння	6,3	12	12
	чистове точіння	1,6	8	80
4. Ø140L260	чорнове точіння	12,5	14	870
	напівчистове точіння	6,3	12	12
	чистове точіння	1,6	8	80
5. Ø150/Ø140	чорнове точіння	12,5	14	360
	напівчистове точіння	3,2	12	150
6. Ø150L7	чорнове точіння	12,5	12	120
	чистове точіння	6,3	9	80
7. Ø180L1510	чорнове точіння	12,5	12	460
8. Ø150/Ø140	чорнове точіння	12,5	14	360
	напівчистове точіння	3,2	12	150
9. Ø150L7	чорнове точіння	12,5	12	120
	чистове точіння	6,3	9	80
10. Ø140L260	чорнове точіння	12,5	14	1000
	напівчистове точіння	6,3	12	120
	чистове точіння	1,6	9	80
11. Ø91L100	чорнове точіння	12,5	14	870
	напівчистове точіння	6,3	12	350
	чистове точіння	1,6	8	80
12. Ø91	чорнове точіння	12,5	12	870
	чистове точіння	6,3	9	80
13. bxhxl= =25.2x12x84	поетапна обробка			
14. bxhxl= =25.2x12x84	поетапна обробка			
15. bxhxl= =25.2x12x120	поетапна обробка			
16. 4 отв. Ø16,8 L13,2	свердління	12,5	12	180
	зенкерування	6,3	9	43
	розгортання	3,2	7	18
17. 2,1x45° 5 фасок	чорнова обробка	12,5	14	360

3.3 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового технологічного процесу і вказаних шляхів вдосконалення розроблюємо маршрут обробки корпусу і заносимо його в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 - Розробка маршруту обробки деталі

№ операції	Найменування операції	№ з/ч оброблюваної поверхні	№ з/ч базуючої поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Фрезерно-центрувальна	1, 12	4, 10	Торцефрезерний спеціальний 2А913
010	Токарна чорнова установ А	11, 10, 9, 7	4, 12	Важкий токарний верстат 1А665
	установ Б	2, 3, 4, 7, 6	1, 10	
015	Токарна	7	1,12, 2	
020	Токарна чистова з ЧПК	3, 4, 10, 11	1, 12	Токарний з ЧПК SPH 50 CNC
025	Фрезерно - свердлильна з ЧПК	13, 14, 15, 16	4, 5, 8, 10	Фрезерно-розточний верстат з повздовжнім столом, рухомою поперечиною і з ЧПК 66K20Ф4
030	Т/о нормалізація			
040	Шліфувальна	3, 4, 10, 11	1, 12	Важкий круглошліфувальний верстат 3М196

3.4 Розробка технологічної операції

Уточнюємо верстатне устаткування, обираємо стандартне пристосування для встановлення деталі.

На свердлильно-фрезерну операцію використовуємо спеціальне пристосування, спеціальну опорну призму, із-за великих розмірів заготовки.

У залежності від характеру обробки обираємо різальний інструмент. Немає потреби у використанні спеціального різучого інструмента. При розробці операцій необхідно прагнути до рівномірного завантаження устаткування. Остаточний сформульований зміст операцій представляємо у вигляді таблиці.

Таблиця 3.5 – Послідовність технологічних операцій.

№ Операції і переходів	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходів технологічної операції	Верстатне пристосування	Інструмент (різучий, допоміжний,)
1	2	3	4
005	1. Фрезерно-центрувальна 2. Торцефрезерний спеціальний 2А913. 3.1. Підрізання торців 1, 12 начерно. 3.2. Центрувати отвори 3.3 Змінити вісь, центрувати отвори	Опорна призма ДСТУГОСТ 12195-66 Сталь 20Х, 2шт	Фреза Т5К10 2шт 2214-0271 ДСТУГОСТ 22085-76 Свердло 2317-0007 ДСТУГОСТ 149552-75 2шт
010	1. Токарна чорнова 2. Важкий токарний верстат 1А665 3.1. Установ А: чорнове точіння циліндричних поверхонь 11, 10, 9, 7 3.2 Установ Б: чорнове точіння циліндричних поверхонь 2, 3, 4, 7, 6.	3х кулачковий самоцентрувальний ричажно-клиновий патрон ДСТУГОСТ 16682-71 Центр обертовий ДСТУГОСТ 8742-75	Токарний різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластин 2103-0901 ДСТУГОСТ 20872-80 Т15К6
015	1. Токарна. 2. Важкий токарний верстат 1А665 3. Виточити ексцентрик, 7.	Центр упорний 7032-0012 ДСТУГОСТ 13214-79 2 шт.	Токарний різець для контурного точіння з пластин 2103-0901 ДСТУГОСТ 20872-80

Продовження таблиці 3.5.

1	2	3	4
020	1. Токарна чистова з ЧПК. 2. Токарний з ЧПК SPH 50 CNC 3. 1. Чистова обточка циліндричних поверхонь 3, 4, 10, 11, 3.2. фасок 17, 3.3. галтелі.	Центр обертовий правий ГОСТ 8742-75, Центр упорний 7032-0012 ГОСТ 1314-79	Різець токарний прохідний PVLNR2525M08 за каталогом “Sandvik Coromant“
025	1. Фрезерно-свердлильна операція. 2. Фрезерно-розточний верстат з повздовжнім столом, рухомою поперечною і з ЧПК 66K20Ф4 3.1. Фрезерування шпонкових пазів 13, 14, 15. 3.2. Свердління 4х отворів 16, на торцях, нарізання різьби.	УСП	Шпонкова фреза 2235-0005 ДСТУ ГОСТ 9140-84. Свердло спіральне 035-2301-1051 035-2301-1077 Зенківка конічна 035-2620-0591 ДСТУГОСТ 17927-72 Мітчик машинний 035-2620-0591 ДСТУГОСТ 17927-72
025	1. Шліфувальна операція. 2. Важкий круглошліфувальний верстат 3М196. 3.1. Шліфування шийок вала 3, 4, 10, 11	Центр упорний 7032-0012 ДСТУГОСТ 13124-79, Повідковий патрон	Шліфувальний круг ПП AWx1024A-НСТ16КА 35 мм/сек ДСТУГОСТ 2447-82

3.5 Розрахунок між операційних розмірів і припусків на обробку

3.5.1. Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню (в автоматизованому вигляді).

Розраховуємо припуски на технологічні переходи обробки циліндричної поверхні $\varnothing 140$ Н7 автоматизованим методом. Вхідними даними на розрахунок припусків є :

Після введення в програму вхідних даних отримуємо результати розрахунку у вигляді таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку вала ексцентрикового, поверхні

Розрахункова карта

Перехід	Елементи припуску				Припуск 2Zmin	Допуск T, мм	Розрах. розміри		Граничні припуски	
	Rz	h	$\Delta \epsilon$	ϵ			Dmin	Dmax	2Zmingr	2Zmaxgr
0. Заготовка	80	100	536,6	-	-	1000	145,63	1145,63	-	-
1. Чорнове точіння	63	60	26,83	0	1,433192	400	142,76	542,76	2,87	602,87
2. Чистове точіння	20	30	1,3415	0	1,319192	160	140,12	300,12	2,64	242,64
3. Шліфування	10	20	0,0537		0,102683	80	139,92	219,92	0,2	80,2
4. Шліфування чистове										

зовнішньої циліндричної $\varnothing 140\text{H}8\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,08 \end{smallmatrix}\right)$

Робимо перевірку розрахунків за формулою

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = T_z - T_d \quad (3.10)$$

$$925,71 - 5,71 = 1000 - 20$$

$$920 = 920$$

Розрахунки виконані вірно.

3.5.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Розробляємо послідовну обробку торців і зводимо її до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Послідовність обробки торцевих поверхонь

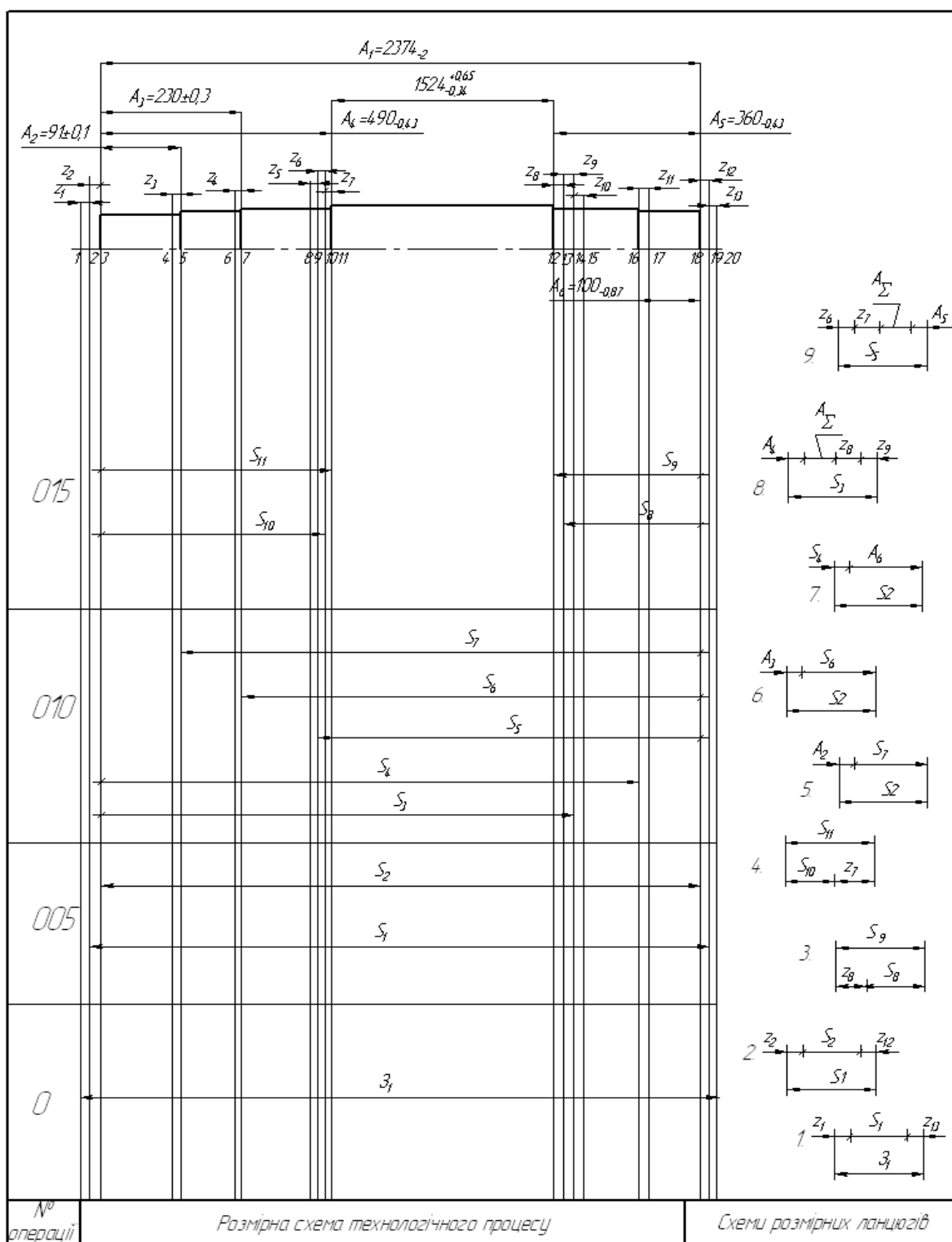
Позначення поверхні	Послідовність обробки поверхонь	Шорсткість Ra	IT	t , мм	T , мм	Позначення припуску, Z
1	1. Заготовка 2. Підрізання чорнове. 3. Підрізання напівчистове	12,5 6,3	14 12	4 2	4,4 1,15 08	Z_1 Z_2
2	1. Заготовка 2. Підрізання чорнове	12,5	14	6	4,4 1,2	Z_3
3	1. Заготовка 2. Підрізання чорнове	12,5	14	6	4,4 1,2	Z_4
4	1. Заготовка 2. Підрізання чорнове. 3. Підрізання напівчистове 4. Підрізання чистове.	12,5 6,3 3,2	14 12 10	3 2 1	4,8 2,7 1,2 0,8	Z_5 Z_6 Z_7
5	1. Заготовка 2. Підрізання чорнове. 3. Підрізання напівчистове 4. Підрізання чистове.	12,5 6,3 3,2	14 12 10	3 2 1	4,8 2,7 1,2 0,8	Z_{10} Z_9 Z_8
6	1. Заготовка 2. Підрізання чорнове	12,5	14	6	4,4 1,2	Z_{11}
7	1. Заготовка 2. Підрізання чорнове. 3. Підрізання напівчистове	12,5 6,3	14 12	4 2	4,4 1,15 08	Z_{12} Z_{13}

У результаті розрахунку технологічних розмірних ланцюгів необхідно вточнити припуски на технологічні переходи, виходячи з загального припуску на заготовку, і визначити оптимальну точність наладки інструментів на розмір.

Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів, будемо вести по методу max-min, починаючи з першого розмірного ланцюга, тобто зверху вниз.

Таблиця 3.8 – Схема технологічного процесу обробки вала

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.03.ПТП	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дат		



Изм.		Таблиця 3.9 – Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів обробки вала						
Лист		№ р.ц.	Рівняння розмірного ланцюга	Вихідне значення	Номінальний технологічний розмір	Допуск технологічного розміру	Технологічний розмір настроювання	Граничні значення припусків
№ докум.		1	$S_1=Z_1-Z_{13}$	$z_1=4\pm0,024$ $C_1 = 2386^{+0,9}_{-1,5}$ $z_{13}=4$	$S_1=2386-4-4=2378$	Заготівля $T=3,6$	$S_1 = 2378^{+2,4}_{-1,2}$	$z_{13}= 2386^{+0,9}_{-1,5} - 2378^{+2,4}_{-1,2} - 4\pm0,024= 4^{-1,5}_{-0,3}$
Підпись		2	$S_2=S_1-Z_2-Z_{12}$	$S_1 = 2378^{+2,4}_{-1,2}$ $z_2=2\pm0,024$ $z_{12}=2$	$S_2=2378-2-2=2374$	$IT17$ $\dot{O} = 2$	$S_2=2374_{-2}$	$z_{12}= 2378^{+2,4}_{-1,2} - 2374_{-2}-2\pm0,024= 2^{+2,3}_{+0,8}$
Дата		3	$S_8 =S_9-z_8$	$S_9=360_{-0,43}$ $z_8=3$	$S_8=360-3=357$	$IT15$ $T = 0,52$	$S_8=357\pm0,26$	$z_8=360_{-0,43}- 357\pm0,26=3^{-0,26}_{-0,17}$
КНУ.КМР. 131.25.1-12.03.ПТЦ		4	$S_{10}=S_{11}-z_7$	$S_{11}=490_{-0,43}$ $z_7=1$	$S_{10}=490-1=489$	$IT13$ $T = 0,63$	$S_{10}=489\pm0,315$	$z_7=490_{-0,43}- 489\pm0,315=1^{-0,315}_{-0,115}$
		5	$S_7=S_2-A_2$	$S_2=2374_{-2}$ $A_2=230\pm0,3$	$S_7=2374-91=2283$	$IT13$ $T = 0,4$	$S_7=2283\pm0,2$	$z_3=6\pm0,024$
		6	$S_6=S_2-A_3$	$S_2=2374_{-2}$ $A_3=230\pm0,3$	$S_6=2374-230=2144$	$IT13$ $T = 0,4$	$S_6=2144\pm0,2$	$z_4=6\pm0,024$
		7	$S_4=S_2-A_6$	$S_2=2374_{-2}$ $A_6=100_{-0,87}$	$S_4=2374-100=2274$	$IT15$ $T = 0,52$	$S_4=2274\pm0,26$	$z_{11}=6\pm0,024$
		8	$S_3=A_4+z_8+z_9+A_\Sigma$	$A_4=490_{-0,43}$ $z_8=3^{-0,26}_{-0,17}$ $A_\Sigma=1524^{+0,65}_{-0,34}$ $z_9=2$	$S_3=490+3+2+1524=2019$	$IT12$ $T = 0,35$	$S_3=2019\pm0,175$	$z_9=2019\pm0,175-3^{-0,26}_{-0,17} - 1524^{+0,65}_{-0,34}-490_{-0,43}=2^{-0,215}_{0,765}$
		9	$S_5=A_5+z_6+z_7+A_\Sigma$	$A_5=360_{-0,43}$ $A_\Sigma=1524^{+0,65}_{-0,34}$ $z_7=1^{-0,315}_{-0,115}$, $z_6=2$	$S_5=360+2+1+1524=1887$	$IT12$ $T = 0,35$	$S_5=1887\pm0,175$	$z_6=1887\pm0,175-1^{-0,315}_{-0,115} - 1524^{+0,65}_{-0,34}-360_{-0,43}=2^{-0,16}_{0,71}$
	Лист							

3.6 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Розраховуємо режими різання на фрезерну операцію для фрезерування шпонкового пазу, поверхні 13.

Вихідні дані

Деталь

Найменування деталі – вал ексцентриковий

Матеріал - сталь 45 ДСТУ 7809:2015.

Маса деталі -437 кг

Розмір, який необхідно отримати – 91*25 мм.

Точність обробки поверхні – IT 14.

Шорсткість поверхні – Ra 6,3.

Заготовка

Метод одержання заготовки — прокат

Маса заготовки-550 кг.

Припуск на обробку поверхні – 12 мм.

Особливі умови: дана поверхня і базові поверхні уже оброблені.

Верстат

Модель верстата 66K20Ф4

Паспортні дані верстата:

Частота обертання шпинделя n , об/хв: 5 - 630.

Межі подач S_m , мм/хв: по осі координат x – 2...10000;

по осі координат y – 1...10000.

Максимальне зусилля подачі H : по осі координат x - 52000;

по осі координат y - 52000.

Потужність привода руху (у кВт) – 55...75.

Вибір стадій обробки

Стадія обробки даної поверхні представлена в таблиці.

Вибір глибини різання

Глибина різання дорівнює глибині шпонкового пазу $t=12$ мм.

Вибір інструмента

Обираємо шпонкову фрезу 2235-0005з циліндричним хвостовиком із швидкоріжучої сталі (по ДСТУ ГОСТ 9140-84). Діаметр фрези – 18 мм,

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.03.ПТП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

діаметр хвостовика – 17 мм, довжина фрези – 105 мм, довжина ріжучої частини – 25 мм.

Вибір подачі

Фрезерування пазу проходить за одну обробку і одним інструментом, однією чорною фрезою. Вибір подачі на зуб обираємо із карти 81 [2,23], виходячи із ширини оброблюваної поверхні, кількості зубців і діаметру фрези: $S_{зуб}=0,8$ мм/зуб. Обране значення подачі коректуємо за допомогою коефіцієнтів поправочних, які обираємо по карті 82 [2,23], для змінення умов в залежності від інструментального матеріалу $K_{Sm}=1,00$; стану поверхні заготовки $K_{Sn}=1,00$; інструмент ріжучої часті фрези $K_{Sh}=1,05$; відношення фактичного числа зубців до нормативного $K_{sz}=0,6$; відношення вильоту фрези до діаметра $K_{sl}=1,00$;

Остаточні значення подачі визначаємо по формулі

$$S_{озуб} = S_{зуб} K_{Sm} K_{Sn} K_{Sh} K_{sz} K_{sl} \quad (3.11)$$

$$S_{озуб}=0,8 \cdot 1,00 \cdot 1,05 \cdot 0,6 \cdot 1,00 \cdot 1,00=0,51 \text{ мм/зуб.}$$

Прийняте значення подачі на чорновій обробці перевіряємо по дотичній P_z і радіальній P_y складовим силам різання, які припустимі міцністю механізму подач.

Табличні значення складових сил різання при обробці поверхні із глибиною різання $t=12$ мм і подачею $S_{озуб} = 0,51$ мм/об визначаємо по карті 87: $P_{ym}=950$ Н, $P_{zm}=2810$ Н. По карті 88, визначаємо поправочні коефіцієнти на сили різання для змінених умов залежно від: групи обробленого матеріалу $K_{po}=1,00$; твердості обробленого матеріалу $K_{pm}=1,00$; кількості зубців $K_{pz}=1,5$; ширини фрезерування $K_{pB}=1,2$.

Значення складових зусилля P_y , P_z визначаємо по формулам:

$$P_y = P_{ym} \cdot K_{po} \cdot K_{pm} \cdot K_{pz} \cdot K_{pB} \quad (3.12)$$

$$P_z = P_{zm} \cdot K_{po} \cdot K_{pm} \cdot K_{pz} \cdot K_{pB} \quad (3.13)$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів сили приймають нове значення:

$$P_y=950 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,5 \cdot 1,2=1710 \text{ Н,}$$

$$P_z=2810 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,5 \cdot 1,2=5058 \text{ Н.}$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.02.ТЕАВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розраховані значення складових зусилля різання менше припустимих механізмом подач верстата у відповідному напрямку $[P_y]_{cm}=52000$ Н, $[P_z]_{cm}=21500$ Н. Вибір швидкості різання

Швидкість різання обираємо по карті 86. Чорновій обробці відповідає швидкість $V_m=20$ м/хв. Так само по карті 86 обираємо поправочний коефіцієнт $K_{vu}=1.00$.

Обираємо інші коефіцієнти, що залежать від матеріалу оброблюваної поверхні $K_{vm}=1.00$; твердості оброблюваного матеріалу $K_{vh}=1.05$; наявності охолодження $K_{vж}=1.00$.

Значення швидкості різання знаходимо по формулі

$$V = V_m \cdot K_{vu} \cdot K_{vm} \cdot K_{vh} \cdot K_{vж} \quad (3.14)$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів швидкість різання приймає наступне значення:

$$V = 20 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.05 \cdot 1.00 = 21 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (3.15)$$

$$n = 1000 \cdot 21 / 3.14 \cdot 25 = 267 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо згідно паспорта верстата фактичну частоту обертання шпинделя $n_\phi=280$ об/хв.

Перевірка обраних режимів різання по потужності привода головного руху.

Потужність різання обираємо за картою 86, а також поправочний коефіцієнт в залежності від твердості матеріалу, що оброблюємо $K_N=1.00$

Розрахунок потужності, необхідної для різання, розраховуємо по формулі:

$$N = N_T \cdot \frac{V_\phi}{V_T} \cdot k_n \quad (3.16)$$

$$N = 1.45 \cdot 21 / 24 \cdot 1.00 = 1.26 \text{ кВт.}$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.02.ТЕАВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Визначення норми штучного часу

Норма штучного часу знаходимо за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ца} + T_B) \cdot \left(1 + \frac{a_{мех} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right) \quad (3.17)$$

Допоміжний час складається із складових

$$T_B = T_{уст} + T_{B.он} + T_{из} \quad (3.18)$$

Допоміжний час на установку та зняття деталі: $T_{уст}=0,12$ хв (ч. 1, карта 13, поз. 5, інд. *E* [22,23]).

Час на закріплення і розкріплення деталі: $T_{уст}=0,27$ хв (ч. 1, карта. 13, поз. 44, інд. *д*).

Допоміжний час, що зв'язаний із операцією, знаходиться по ч. 1, карта 1, поз. 6, інд. *б*: $T_{B.он}=0,40+0,20+0,04=0,64$ хв.

Допоміжний час на контрольний вимір дорівнює по ч. 1, карта 15, поз. 25, інд. *г*: $T_{из}=0,05$ хв.

Сумарний допоміжний час дорівнює: $T_B=1,05$ хв.

Час на організаційне і технологічне обслуговування робочого місця, відпочинок і власні потреби приведено і відсотках від операційного часу ($a_{орг}+a_{мех}+a_{отл}$)=8%.

Знаходимо остаточне значення штучного часу:

$$T_{ш}=(21,25+2,90) \cdot 1,09=26,32 \text{ хв}$$

Визначення часу циклу автоматичної роботи верстата по програмі

Для верстата 66K20Ф4, на якому йде обробка деталі, час фіксації оправки $t_{\phi}=2$ с.

Автоматична робота верстата визначається по формулі

$$T_{ца}=\Sigma T_o + \Sigma T_{мд} \quad (3.19)$$

де, T_o – основний час, що визначається по формулі

$$T_{oi}=L_i/S_m \quad (3.20)$$

$T_{мд}$ – машинно-допоміжний час, що визначається по формулі

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.02.ТЕАВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_{\text{мд}} = L / S_{\text{м х-х}} \quad (3.21)$$

де $S_{\text{м х-х}}$ – хвилинний час холостого ходу ($S_{\text{м х-х}} = 2000$ мм/хв)

$$T_o = 84 / 0,51 = 164 \text{ хв}$$

$$T_{\text{мд}} = 84 / 2000 = 0,042 \text{ хв}$$

Тоді

$$T_{\text{ца}} = 164 + 0,042 = 164,042 \text{ хв}$$

Згідно розробленого маршруту обробки валу ексцентрикового (табл. 3.4) розроблюємо технологічні операції з вибором інструменту (ріжучого, допоміжного і вимірювального), режимів різання та виконуємо нормування труда. Заносимо данні до таблиці 3.8.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.02.ТЕАВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

иця 3.8. – Розробка технологічних операцій

№ операції	1 Назва операції 2 Верстат 3 Зміст переходів	Ескіз обробки	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий допоміжний вимірвальний)	Режими різання								Норми часу				
					D	l	f	S	V	n	i	T _{об}	ΣT _в	T _{оп}	T _{омд}	T _{шт}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
005	1 Торце-фрезерно-центрувальна 2 Верстат 249В 3.1 Встановити закріпиту зняти. 3.2 Фрезерувати торцеву початково в розмір 1		Верстатне оснащення	Фреза торцева Т5К10 2214-0271 ДСТУ ГОСТ 22085-76, лід, проба Свердло центральне 2317-0007 ДСТУ ГОСТ 149552-75 2 шм. Штангенциркуль ШЦ-II-3000-0.1 ДСТУ ГОСТ 166-89	180	2366	4	0.36	170	300	2	2.38	6.12	11.92	109	13.5	
	3.3 Фрезерувати торцеву в розмір 1 начиста				180	2374	2	0.36	170		2	3.36					
	3.4 Центрувати отвори				4	89	2	0.08	44		2	0.036					
	3.5 Центрувати вторинні отвори при суміщенні вісей на 15 мм				4	89	2	0.08	44		4	0.036					
010	1 Точарна чорнова 2 Верстат 14665. 3 Установ А 3.1 Встановити закріпиту зняти. Начарно точити ф в розмір 12.		Зх кулачковий самоцентрувальний рычажно-клиновий патрон ДСТУ ГОСТ 16682-71 Центр обертовий ДСТУ ГОСТ 8742-75 Ланет 6046-0001 ДСТУ ГОСТ 21189-75	Точарний різень Т5К10 для контурного точення з механічним кріпленням пластин 2103-0901 Штангенциркуль ШЦ-I-3000-0.1 ДСТУ ГОСТ 166-89	180	363	10	0.24	167	521	1	11.1	5.17	5.8	109	19.5	
		150			102	12.5	0.18	154	1		2.6						
	3.2 Установ Б Начарно точити ф в розмір 12				180	493	10	0.24	167		1	15.08					
		150			232	3.5	0.18	154	1		5.91						
					132.5	93	3	0.16	150		1	2.09					

КНУ.КМР. 131.25.1-12.02.ТЕАВД

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
015	1. Токарна 2. Верстат 1А665 3.1 Встановити, закріпити зняти 3.2 Витачити ексцентрик		Центр упорний 7032-0012 ДСТУ ГОСТ 13214-79 Поводковий патрон 7108-0022 ДСТУ ГОСТ 2574-71	Токарний різець, правий, лівий для контурного точіння Т15К10 з механічним кріпленням платин 2103-0901 ДСТУ ГОСТ 20872-80	180	1510	Q2	170	521	1	8,1	243	10,53	1,09	11,62	124		
020	1. Токарна чистова 2. Верстат SPH 50CNC 3.1 Установ А Встановити, закріпити зняти Чистова обточка поверхонь в розміри 1 2 3.2 Витачка фасок, галтелей		Центр упорний 7032-0012 ДСТУ ГОСТ 13214-79 Центр обертовий правий ДСТУ ГОСТ 8742-75	Токарний різець для контурного точіння PVLNR2525M08 за каталогом CSandvik CoromantCS Штангенциркуль ШЦ-III-3000-Q.1 ДСТУ ГОСТ 166-89 Мікрометр МВМ 150-175 ДСТУ ГОСТ 4380-93	146	359	6	Q16	136	1	8,9							
										521	1	165	6,24	34,39	1,07	35,46	35,98	
	3.3 Установ Б Чистова обточка поверхонь в розміри 1 2 3.4 Витачка фасок, галтелей				146	489	6	Q16	130	1	121							
						1415	229	15	Q15	130	1	55						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
125	1. Фрезерно-свердильна. 2. 66К20Ф4. 3.1.Встановити, закріпити цз'язати. 3.2. Фрезерування призматичних пазів в розмір 1,2, 3		УСП	Фреза канцева 2220-0217 ГОСТ 17025-71 Свердло спіральне 035-2301-1051 035-2301-1077 ОСТ 2120-2-80 Зенковка кінцева 2353-0123 ГОСТ 14953-80 Мітник машинний 035-2620-0591 ГОСТ 17927-72 Пробка 8221-3030 7Н ГОСТ 17758-72	25	120	12	0,51	21	267	1	54,76	37,8	97,01	109	98,1	98,67						
	3.3. Свердління 4х отворів, нарізання різьби.				24	32	3	0,4	715	16	1	172											
					9	8	2	1	715	21	1	0,13											
					24	32	0,025	15	600	21	1	132											
130	1. Шліфувальна 2. ЗМ196. 3.1.Встановити, закріпити цз'язати. 3.2. Шліфування шийок вала в розмірі 1,2.		Центр упорний 2 шт 7032-0012 ГОСТ 13214-79	Шліфувальний круг (прямий, плоский) А1Х1024А-НСТ16КА 35 м/сек ГОСТ 2447-82.	140	260	0,025	0,23	35	47	1	5,4	257	15,97	197	17,94	18,34						
					91	100	0,025	0,23	35	47	1	13											
					140	260	0,025	0,23	35	47	1	5,4											
					130	40	0,025	0,23	35	47	1	13											

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

При вдосконаленні заводського технологічного процесу було замінено універсальний горизонтально-розточний верстат на верстат багатоцільовий свердлильно-фрезерної групи з ЧПК. Тому необхідно розрахувати доцільність такого рішення.

Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту:

Базовий варіант: два горизонтально-розточних верстата моделі 2М615

Новий варіант: фрезерно-розточний верстат з повздовжнім столом, рухомою поперечиною з ЧПК 66К20Ф4.

Таблиця 4.1. – Техніко-економічне обґрунтування.

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2М615	2М615	3-й верстат	4-ий верстат	66К20Ф4
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	600				600
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	116,5	116,5			98,1
Час наладки верстата, хв.	33	33			72,8
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту	5				5
	4	4			2
	3	3			5
					4
Кількість кадрів програми, шт.					600
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	42210,2				42210,2

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.04.ТЕО		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Муратов				ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО	Лит.	Лист
Провер.	Кіянновський						40
Реценз.						Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Н. Контр.	Нечаєв						
Утверд.	Рязанцев						

Вартість комплекту спец. пристосувань $K_{\text{пр}}$, грн					
Оптова ціна на прокат одного УСР $\Pi_{\text{усп}}$, грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.					4
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	60			90
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1			3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному K_T	0,083	0,083			0,2
Вартість одного кадру ПК, грн.					8,9
Вартість розробки ПК $K_{\text{ПК}}$, грн.					5340

Середньочасова зарплата робітника, грн:

верстатника $H_{\text{ст}}$	33,6	32,3			30,1
наладчика $H_{\text{нал}}$	33,6	33,6			34,3
наладчика інструмента $H_{\text{ін}}$					31,1
контролера $H_{\text{к}}$	29,8				29,8

Верстати

Клас точності верстата	Н	Н			А
Маса верстата, т	36,35	36,35			50
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	8,7 x 5,6	8,7 x 5,6			10,79x4,76
Габарити пристрою ЧПК, м					0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК					FANUC 0iMF

Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{\text{рп}}$, років	7	7			15
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	28	28			50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R_m	51	97			100
електротехнічної частини R_e	43	75			99
Кількість верстатів, що обслуговує один	1	1			3
Оптова ціна верстата Π , грн.	110000	1800000			4200000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,75	0,8			0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	48,7	48,7			60,0

Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0035	0,0035	0,0000	0,0000	0,0078
(дійсна)	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{\text{ни}}$, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0	0	0,00813
(дійсна)	0	0	0	0	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,05	0,05	0,000	0,00	0,11
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{\text{дод}}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	2				5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,41	0,38	0,0000	0,000	0,27

Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{\text{пл.зд.}}$, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення $\Pi_{\text{сл. поб.}}$, грн	1000				1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого A_6 , м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $H_{\text{пл}}$, грн.	180	180	-	0	180

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-12.04.ТЕО

Лист

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2М615	2М615	3-ій верстат	4-ий верстат	66К20Ф4
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	1165	1165	0	0	981
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	6,6	6,6	0	0	14,56
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0	0,00	0	0	15,11
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	96,695	96,695	0	0	196,2
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,63	0,63	0,00	0,00	0,18
(дійсна)	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0035	0,0035	0,0000	0,0000	0,0078
(дійсна)	1	1	0	0	1
механічної частини H_m	401	329			272
електротехнічної частини H_e	86	71			60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.		8600			11950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	1	0		0	2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1		0	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3850	3850		0	3850

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$C = I_1 + I_2 + I_{1a} + I_{1n} + I_{1pr} + I_{1usp} + I_2 + I_{2a} + I_{2sl} + I_r + I_y + I_k,$$

де I_1 – зарплата верстатника;

I_2 – зарплата за наладку верстата;

I_{1a} – зарплата наладжувальника інструмента поза верстатом I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;

I_{1n} – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;

I_{1pr} – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань I_k – зарплата контролера

I_{1usp} – витрати на прокат універсально-зорних пристосувань

при їх використанні;

I_2 – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

I_{2a} – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;

I_{2sl} – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;

$$C_1 \text{ на деталь} = 402,24$$

$$C_2 \text{ на деталь} = 226,56$$

	I_1	I_2	I_{1a}	I_{1n}	I_{1pr}	I_{1usp}	I_2	I_{2a}	I_{2sl}	I_r	I_y	I_k													
$C_1 =$	126509	+	697,43	+	0,00	+	0,00	+	0	+	0	+	32090,68	+	3556,80	+	42000	+	23963,4	+	6760,8	+	5763,17	=	241341,74
$C_2 =$	16360	+	785,31	+	470,07	+	1780	+	0	+	0	+	50301,98	+	5903,95	+	35000	+	16237,1	+	3252,8	+	5846,76	=	135937,65

1. Зарплата верстатника (основна та додаткова) I_1

$$I_1 = N_{ст.зат} \cdot T_{шт} / d$$

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

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

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$N_{ст.зат} = N_{ст} + Z_d + C_{відр} + C_{прем}$$

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

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

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

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 35%

$$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$$

Базовий варіант					Новий варіант				
2M615	$I_1 =$	$N_{ст.зат}$	$T_{шт}$	d	66K20Ф4	$I_1 =$	$N_{ст.зат}$	$T_{шт}$	d
	65062	55,85	1165	1		16360	50,03	981	3
2M615	$I_1 =$	$N_{ст.зат}$	$T_{шт}$	d	Всього I_{12}	16360			
	61447	52,74	1165	1					
3-й верстат	$I_1 =$	$N_{ст.зат}$	$T_{шт}$	d					
	0	0,00	0	0					
4-й верстат	$I_1 =$	$N_{ст.зат}$	$T_{шт}$	d					
	0	0	0	0					
Всього I_{11}	126509								

2. Зарплата за наладку верстата I_2

$$I_2 = N_{нал.зат} \cdot T_n$$

де $N_{нал.зат}$ – середньочасова зарплата наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$$N_{нал.зат} = N_{нал} + Z_d + C_{відр} + C_{прем}$$

де $N_{нал}$ – тарифна ставка наладчика, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

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

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 30%

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

де t_n – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв;

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант				Новий варіант			
2M615	$I_{\text{н}} =$ 348,71	$N_{\text{нал}} =$ 52,84	$T_{\text{н}} =$ 6,6	66K20Ф4	$I_{\text{н}} =$ 785,31	$N_{\text{нал}} =$ 53,94	$T_{\text{н}} =$ 14,56
2M615	$I_{\text{н}} =$ 348,71	$N_{\text{нал}} =$ 52,84	$T_{\text{н}} =$ 6,6	Всього $I_{\text{н}2}$	785,31		
3-й верстат	$I_{\text{н}} =$ 0,00	$N_{\text{нал}} =$ 0,00	$T_{\text{н}} =$ 0				
4-й верстат	$I_{\text{н}} =$ 0,00	$N_{\text{нал}} =$ 0,00	$T_{\text{н}} =$ 0				
Всього $I_{\text{н}1}$	697,43						

3. Зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом, $H_{ин}$		Базовий варіант			Новий варіант			
$I_{ин} = H_{ин} \cdot T_{н.ин.}$			$I_{ин} = H_{ин} \cdot T_{н.ин.}$			$I_{ин} = H_{ин} \cdot T_{н.ин.}$		
де $H_{ин}$ – середньочасова зарплатня наладчика, грн;		2М615	0	0	0	66К20Ф4	470,07	31,1 15,11
$T_{н.ин.}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв		2М615	$I_{ин} = H_{ин} \cdot T_{н.ин.}$			Всього $I_{ин2}$	470,07	
$T_{н.ин.} = 1,3 \cdot t_{ин} \cdot T_{шт} \cdot kT / (T \cdot nГ)$			0,00	0	0,00			
де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;		3-й верстат	$I_{ин} = H_{ин} \cdot T_{н.ин.}$					
$t_{ин}$ – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;			0,00	0	0			
$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;		4-ий верстат	$I_{ин} = H_{ин} \cdot T_{н.ин.}$					
kT – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює 0,7...0,85;			0,00	0	0			
T – середній період стійкості інструменту, хв.;		Всього $I_{ин1}$	0,00					
$nГ$ – кількість граней пластинки, що не переточується								

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{пк}$				Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{пк} = K_{пк} / Z$					$I_{пк} = K_{пк} / Z$			$I_{пк} = K_{пк} / Z$	
3-й верстат				2М615	0	0	3	66К20Ф4	1780 5340 3
					$I_{пк} = K_{пк} / Z$			Всього $I_{пк2}$	1780
4-ий верстат				2М615	0,00	0	3		
				Всього $I_{пк1}$	0,00				
4-ий верстат				2М615	0,00	0	3		
				Всього $I_{пк1}$	0,00				

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань $I_{пр}$				Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{пр} = K_{пр} (1/Z + 0,04)$					$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$			$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$	
де 0,04 – коеф., що враховує витрати на ремонт спеціальних пристосувань				2М615	0	0	0,33333	66К20Ф4	0 0 0,333
				2М615	0	0	0,33333	Всього $I_{ин2}$	0
				3-й верстат	0	0	0,33333		
				4-ий верстат	0	0	0,33333		
				Всього $I_{ин1}$	0				

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

$$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$$

де $C_{усп}$ – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн

Базовий варіант			Новий варіант		
2М615	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$		66К20Ф4	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$	
	0	0		0	0
2М615	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$		Всього $I_{усп2}$	0	
	0	0			
3-й верстат	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$				
	0	0			
4-й верстат	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$				
	0	0			
Всього $I_{усп1}$	0				

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_a

$$I_a = K_6 \cdot A$$

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

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

Базовий варіант			Новий варіант		
2М615	$I_a = K_6 \cdot A$		66К20Ф4	$I_a = K_6 \cdot A$	
	1963,82	49096		50301,98	1257549
2М615	$I_a = K_6 \cdot A$		Всього I_{a2}	50301,98	
	30126,86	753171			
3-й верстат	$I_a = K_6 \cdot A$				
	0,00	0			
4-й верстат	$I_a = K_6 \cdot A$				
	0,00	0			
Всього I_{a1}	32090,68				

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{пл}$

$$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $H_{пл}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху

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

Базовий варіант			Новий варіант		
2М615	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$		66К20Ф4	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$	
	3556,80	180		5904	180
2М615	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$		Всього $I_{пл2}$	5903,95	
	0,00	180			
3-й верстат	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$				
	0,00	0			
4-й верстат	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$				
	0,00	0			
Всього $I_{пл1}$	3556,80				

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

$$I_{сл} = H_{сл} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{под} + P_k)$$

Базовий варіант			Новий варіант		
$K_{сл} =$	$C_{пл.6}$	$A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{под} + P_k)$	$K_{сл} =$	$C_{пл.6}$	$A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{под} + P_k)$
42000	1000	7	35000	1000	7
Всього $K_{сл1}$	42000		Всього $K_{сл2}$	35000	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-12.04.ТЕО

Лист

3. Вартість службово-побутових приміщень $K_{сл}$

$$K_{сл} = Ц_{пл.б} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_н + P_{доп} + P_к)$$

де $Ц_{пл.б}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

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

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

$P_к$ – кількість контролерів

Базовий варіант							
$K_{сл} = Ц_{пл.б} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_н + P_{доп} + P_к)$							
35000	1000	7	2	2	0	1	
Всього $K_{сл1}$		35000					

Новий варіант							
$K_{сл} = Ц_{пл.б} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_н + P_{доп} + P_к)$							
35000	1000	7	1	2	1	1	
Всього $K_{сл2}$		35000					

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві $K_{вз}$

$$K_{вз} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{зг} + C / N_{пр} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

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

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

$$n'' = N_{пр} / j_p$$

$S_{зг}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант							
$K_{вз} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{зг} + C / N_{пр} \cdot 0,5) \cdot \beta$							
5001175,68	50	42210	241341,74	600	0,79		
Всього $K_{вз1}$		5001176					

Новий варіант							
$K_{вз} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{зг} + C / N_{пр} \cdot 0,5) \cdot \beta$							
1728047,78	50	42210	135937,65	600	0,27		
Всього $K_{вз2}$		1728048					

Капітальні вкладення споживач

$$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{вз} + K_{пр} + K_{л.у.}$$

де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн;

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

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

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

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

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

	$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{вз}$	$K_{пр}$	$K_{л.у.}$	
K_1	802267	9880	42000	5001176	0	0	= 5855323
K_2	1257549	16399,86	35000	1728048	0	5340	= 3042337,12

Приведені витрати			
$З_1 = C_1 + E_н \cdot K_1$			
1119640	241342	0,15	5855323
$З_2 = C_2 + E_н \cdot K_2$			
592288,2	135938	0,15	3042337
Річний економічний ефект			
$E = З_1 - З_2$			
527352	1119640	6E+05	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ТОКАРНОЇ ОПЕРАЦІЇ В САМ СИСТЕМІ FEATURECAM

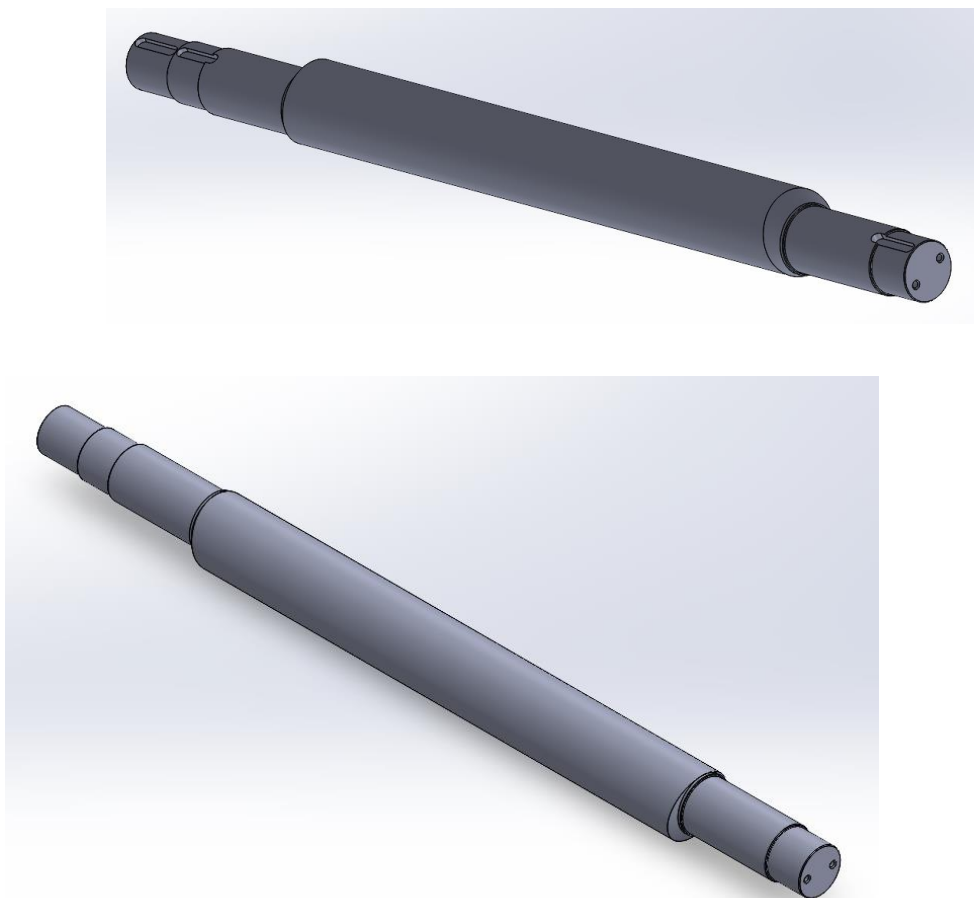


Рисунок 5.1- 3D модель валу ексцентрикового

Розробимо керуючу програму на токарну обробку ексцентрикового валу за два установи. Програмування процесу обробки виконується в САМ-системі FeatureCAM. Опції постпроцесора наведені на рисунку 5.1.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.05.МПО							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Муратов			МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ТОКАРНОЇ ОПЕРАЦІЇ В САМ СИСТЕМІ				Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Кіяновський									49	
Реценз.									Каф.ТМ гр.ПМ-24м			
Н. Контр.		Нечаєв										
Утверд.		Рязанцев										

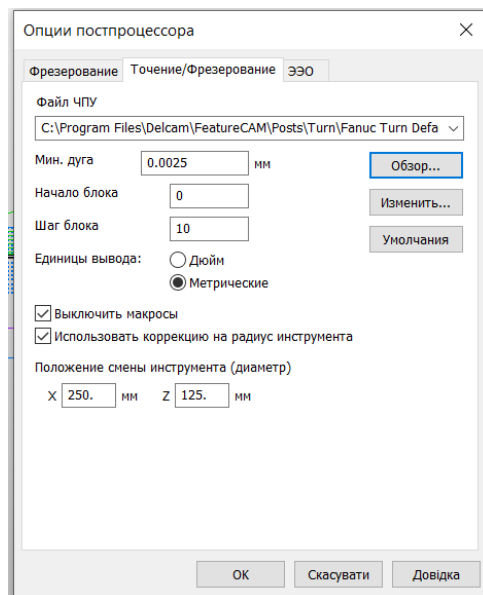


Рисунок 5.2 – Опції постпроцесора

Розміри заготовки визначаємо виходячи з припусків на механічну обробку і стандартних діаметрів прокату: призначаємо припуск на максимальний діаметр 5 мм, торці відрізані в розмір. Звідки розміри заготовки: $\varnothing 180$ мм, $L = 2374$ мм.

Імпортуємо в проєкт модель деталі для пришивидження розробки керуючої програми за рахунок автоматизації створення керуючих кривих та елементів. Результат наведено на рисунку 5.2.

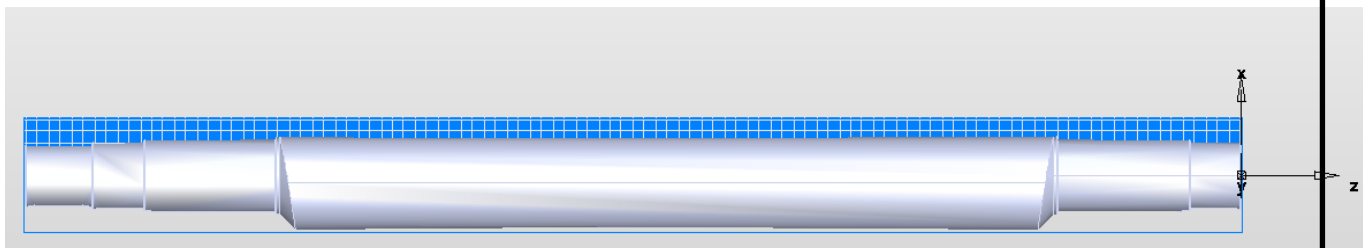


Рисунок 5.3 – Імпорт деталі у Autodesk FeatureCAM

Результат обробки першого установка наведено – на рис. 5.3, траєкторії переміщень інструментів – рис. 5.4.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.05.МПО	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

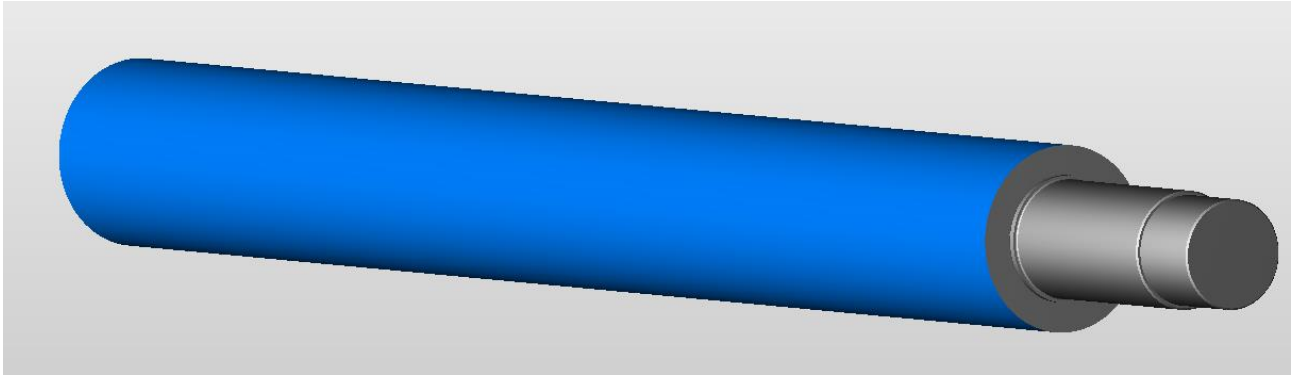


Рисунок 5.3 – Результат обробки першого установа

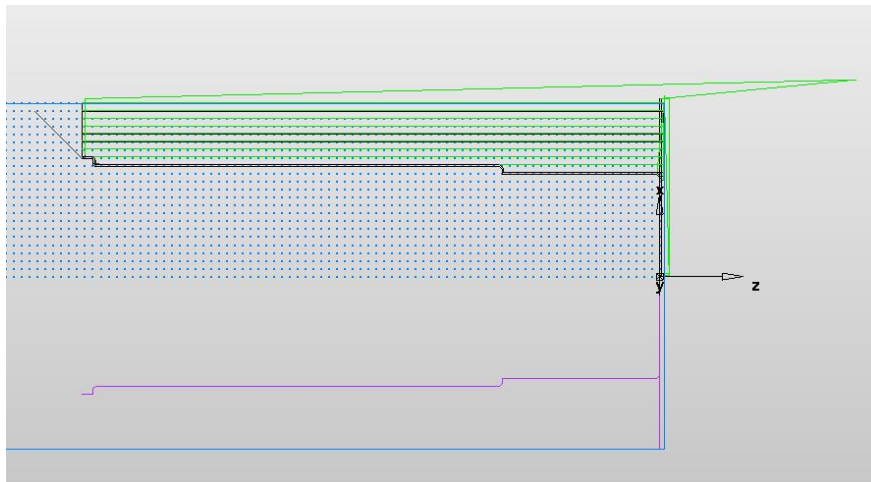


Рисунок 5.4 – Траєкторії переміщень інструментів на першому установі

Положення заготовки на другому установі наведено на рисунку 5.5.

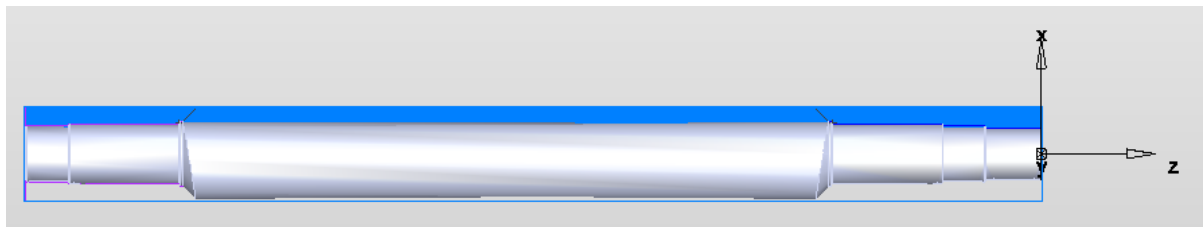


Рисунок 5.5 – Положення заготовки на другому установі

Результат обробки другого установа наведено на рис. 6.6, траєкторії переміщень інструментів – рис. 5.7, перелік створених операцій з режимами різання – рис. 5.8.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-12.05.МПО

Лист

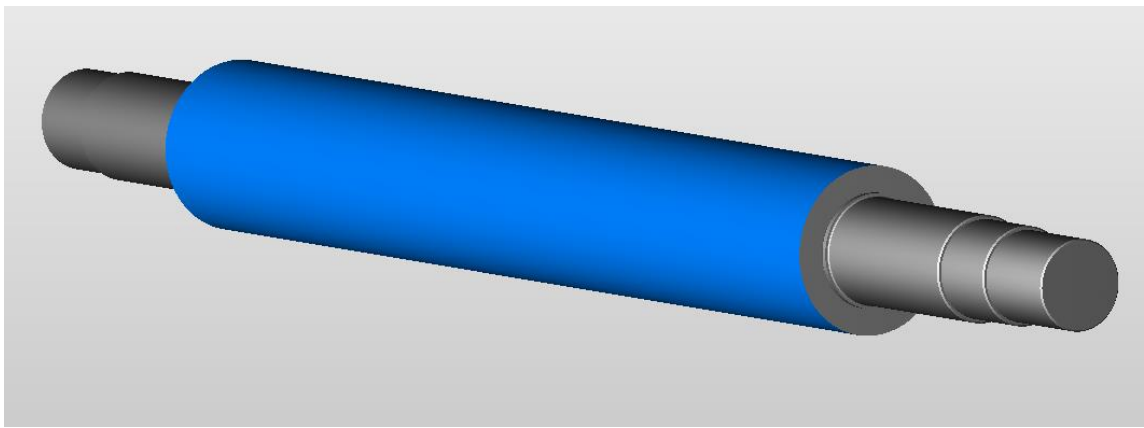


Рисунок 5.6 – Результат обробки другого установа

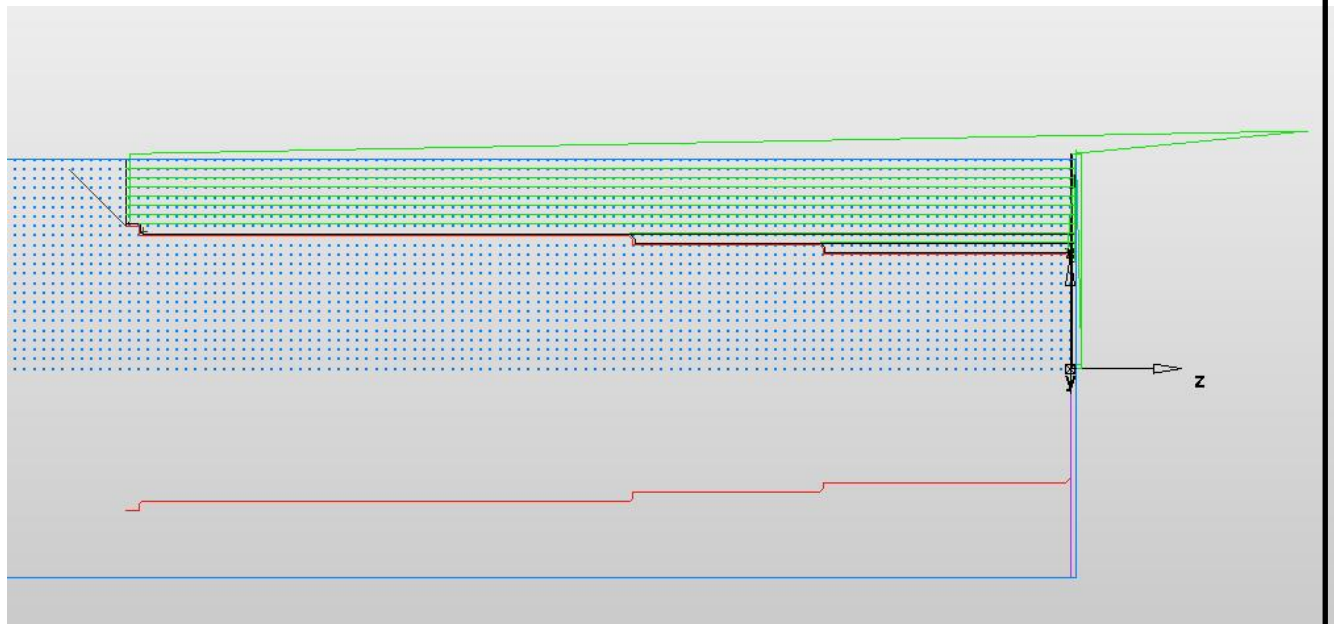


Рисунок 5.7 – Траєкторії переміщень інструментів на другому установі

С	Операція	Елемент	Інструмент	Подача	Скорість	Глибина
➔	черн. прохід 1	торець1	* SW_Tum_80m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 110.000 мм
	чист.	торець1	SW_Tum_80m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 110.000 мм
	черн. прохід 1	точение1	* SW_Tum_80m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 12.000 мм
	чист.	точение1	SW_Tum_80m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 12.000 мм
	с_остановом	с_остановом1				
	черн. прохід 1	торець2	* SW_Tum_80m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 110.000 мм
	чист.	торець2	SW_Tum_80m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 110.000 мм
	черн. прохід 1	точение2	* SW_Tum_80m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 17.000 мм
	чист.	точение2	SW_Tum_80m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 17.000 мм

Рисунок 5.8 – Перелік створених операцій

Розробимо симуляцію обробки на верстаті – на рис. 5.9, 5.10.

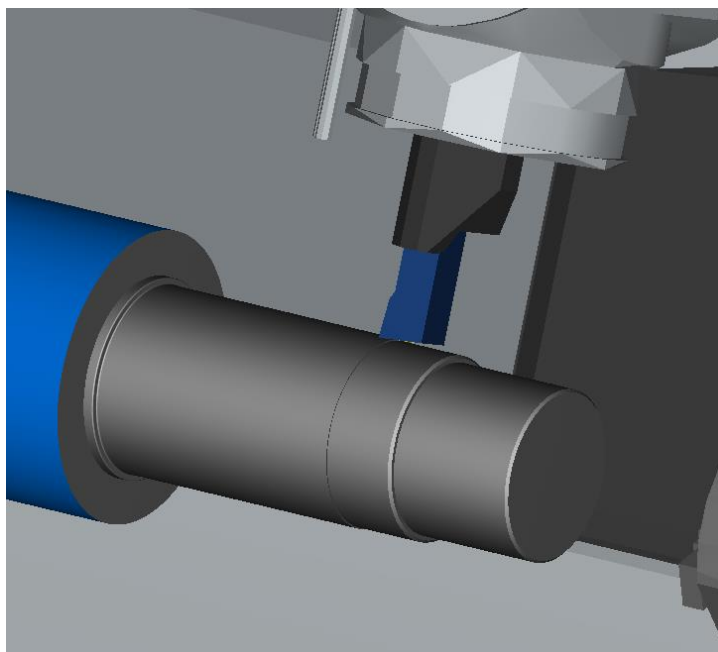


Рисунок 5.9 – Симуляція обробки на верстаті першого установка

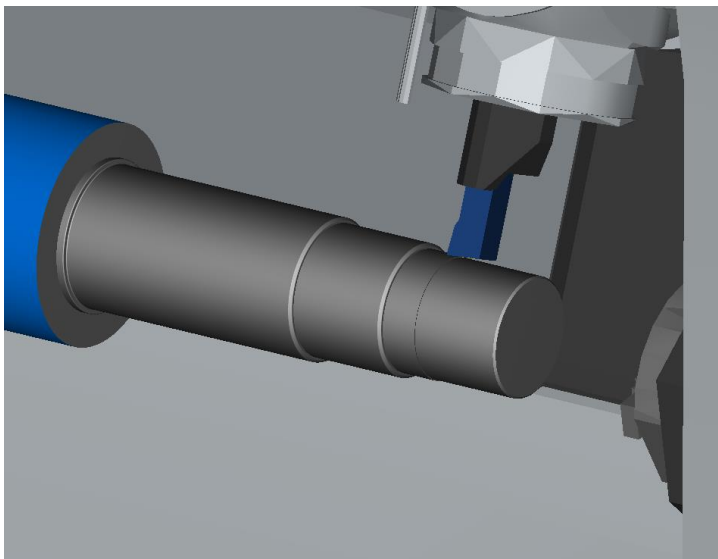


Рисунок 5.10 – Симуляція обробки на верстаті другого установка

Після моделювання обробки генеруємо керуючу програму, фрагмент якої наведено на рис. 5.11.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.05.МПО	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

%
O0001 (Val)
N20 G21 G40
N30 G28 U0
N40 G28 W0
( OPERATION: ROUGH FACE )
N60 T101
N70 G50 S3000
N80 G96 S170 M3
N90 G0 X226.0 Z1.0 M8
N100 G1 X0. F0.381
N110 Z3.0
N120 X0.707 Z3.354
N130 G0 Z6.0
( OPERATION: FINISH FACE )
N150 G0 X226.0
N160 G50 S3000
N170 G96 S246
N180 G0 X226.0 Z6.0 M8
N190 Z0.
N200 G1 X0. F0.152
N210 X4.243 Z2.121
N220 G0 Z6.0

```

Рисунок 5.11 – Фрагмент згенерованої керуючої програми

ПОВНИЙ ТЕКСТ КП

%	(OPERATION: ROUGH FACE)
O0001(Val)	N490 G0 Z1.0
N20 G21 G40	N500 G50 S3000
N30 G28 U0	N510 G96 S170
N40 G28 W0	N520 G0 X226.0 Z1.0 M8
(OPERATION: ROUGH FACE)	N530 G1 X0. F0.381
N60 T101	N540 Z3.0
N70 G50 S3000	N550 X0.707 Z3.354
N80 G96 S170 M3	N560 G0 Z6.0
N90 G0 X226.0 Z1.0 M8	(OPERATION: FINISH FACE)
N100 G1 X0. F0.381	N580 G0 X226.0
N110 Z3.0	N590 G50 S3000
N120 X0.707 Z3.354	N600 G96 S246
N130 G0 Z6.0	N610 G0 X226.0 Z6.0 M8
(OPERATION: FINISH FACE)	N620 Z0.
N150 G0 X226.0	N630 G1 X0. F0.152
N160 G50 S3000	N640 X4.243 Z2.121
N170 G96 S246	N650 G0 Z6.0
N180 G0 X226.0 Z6.0 M8	(OPERATION: ROUGH TURN)
N190 Z0.	N670 G0 X230.0 Z3.0
N200 G1 X0. F0.152	N680 G50 S3000
N210 X4.243 Z2.121	N690 G96 S170

N220 G0 Z6.0 (OPERATION: ROUGH TURN) N240 G0 X230.0 Z3.0 N250 G50 S3000 N260 G96 S170 N270 G0 X230.0 Z3.0 M8 N280 X226.0 N290 G71 U5.0 R0.5 N300 G71 P310 Q400 U2.0 W1.0 F0.381 N310 G1 X126.0 F0.152 N320 Z0. N330 X130.0 Z-2.0 N340 Z-100.0 N350 X136.0 N360 X140.0 Z-102.0 N370 Z-358.0 N380 G2 X144.0 Z-360.0 R2.0 F0.381 N390 G1 X150.0 N400 Z-367.0	N700 G0 X230.0 Z3.0 M8 N710 X226.0 N720 G71 U5.0 R0.5 N730 G71 P740 Q860 U2.0 W1.0 F0.381 N740 G1 X116.0 F0.152 N750 Z0. N760 X120.0 Z-2.0 N770 Z-130.0 N780 X126.0 N790 X130.0 Z-132.0 N800 Z-230.0 N810 X136.0 N820 X140.0 Z-232.0 N830 Z-488.0 N840 G2 X144.0 Z-490.0 R2.0 F0.381 N850 G1 X150.0 N860 Z-497.0
(OPERATION: FINISH TURN) N420 G0 X230.0 Z3.0 N430 G50 S3000 N440 G96 S246 N450 G0 X230.0 Z3.0 M8 N460 G70 P310 Q400 N470 G0 X226.0	(OPERATION: FINISH TURN) N880 G0 X230.0 Z3.0 N890 G50 S3000 N900 G96 S246 N910 G0 X230.0 Z3.0 M8 N920 G70 P740 Q860 N930 G0 X226.0 N940 G28 U0 N950 G28 W0 N960 M30 %

					KHУ.KMP. 131.25.1-12.05.MΠO	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Технічне завдання на проектування універсального складального верстатного пристрою.

Здійснюємо Фрезерування шпонкового пазу, поверхня 13.

Проводимо вибір металорізального верстату.

Обробка ведеться на фрезерно-розточному двохстосечному верстаті з повздовжнім столом, рухомою поперечиною з ЧПК. Модель 66K20Ф4.

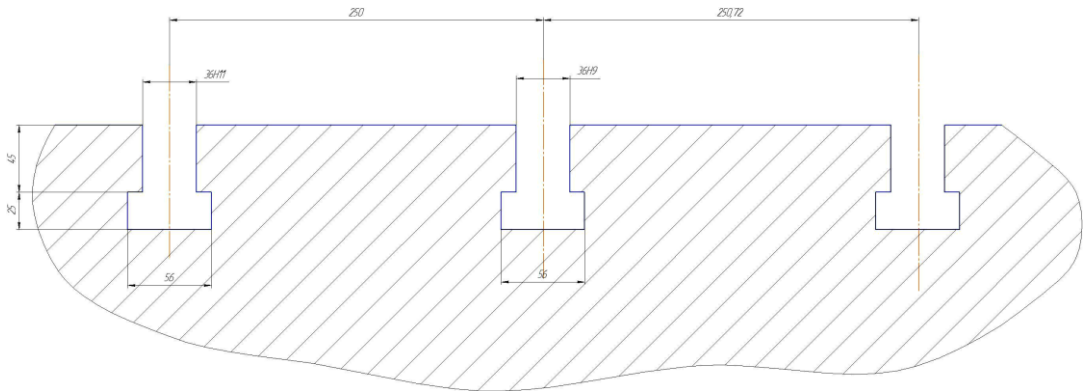


Рисунок 6.1 – Посадкові бази стола верстата

6.2 Аналіз схеми базування деталі

6.2.1 Аналіз технологічних баз

За формою технологічні бази – плоскі, циліндричні,

За видом присутності – установча, направляюча та опорна бази.

Аналіз схеми базування.

- поверхні, що оброблюються: 1, 2, 3;
- поверхні, вимірювальні: 7, 8;
- поверхні технологічні: 4, 5, 6;
- поверхні, до яких прикладенні сили затиску: 4, 5;
- вільні поверхні, що не приймають участі у технологічному процесі: усі інші.

При прийнятій схемі базування, лишаємо заготовку 5 ступенів вільності. Приймаємо дану схему базування.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.06 КПВ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Муратов			КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА			Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Кіяновський								56	
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м			
Н. Контр.		Нечасєв									
Утверд.		Рязанцев									

6.2.2 Вибір за існуючим стандартом або проектування конструкції установчих елементів

Обираємо конструкцію опор, де буде встановлена заготовка своїми технологічними базами. Вибір елементів відбувається в залежності від маси оброблюваної деталі 437 кг. За масою знаходимо серію, для нашого випадку вибираємо 4-у серію, ширина Т-подібних пазів 16. Для технологічної циліндричної бази обираємо призми опорні ДСТУГОСТ 12195-82. Але через геометричні параметри заготовки, $\varnothing 140$ мм, проектуємо спеціальну призму.

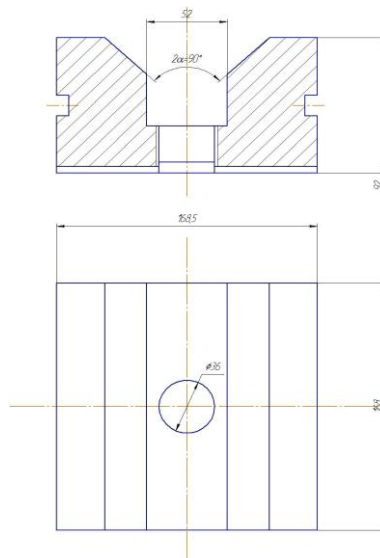


Рисунок 6.2 - Призма опорна спеціальна

Визначаємо похибку базування згідно. Аналіз похибки базування, як критерій правильності схеми базування опор.

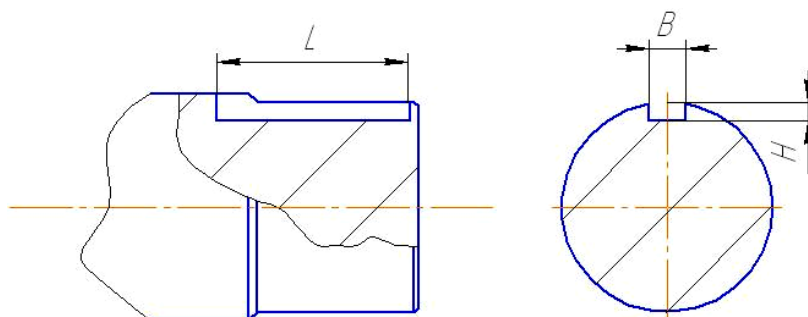


Рисунок 6.3 – Ескіз оброблюваної поверхні

$\varepsilon_{\delta}=[\varepsilon_{\delta}]$ умова базування.

$\varepsilon_L=0$;

$\varepsilon_B=A$ – точність схеми базування не впливає на даний розмір, впливає точність інструменту.

$$\varepsilon_H=0,5 \cdot \Delta d \left(\frac{1}{\sin \alpha / 2} + 1 \right) \quad (6.1)$$

де $\sin \alpha / 2$ – кут нахилу призми;

Δd – допуск на розмір заготовки.

$$\varepsilon_H=0,5 \cdot 0,08(1/0,707+1)=0,097 \text{ мм}$$

6.3 Розробка схеми закріплення

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

Враховуючи конструкцію, геометрію, розташування поверхні і розміри, побудову заготовки, кінематику верстата – приймаємо, як більш доцільну, горизонтальну установку у робочому просторі верстата.

За заданими умовами проєктування затискного механізованого пристрою, обираємо гідравлічний прижим СРП із стандартними елементами.

Виконуємо схему закріплення деталі. Згідно рішення задачі статичної рівноваги твердого тіла під дією всіх прикладених до нього сил і моментів, визначаємо величину сили затиску деталі в залежності від сили різання, моментів, сил тертя, об'ємних сил (сил ваги заготовки, відцентрових та інерційних сил).

$$\sum M_0 = 0 \quad (6.2)$$

Величина сили затиску визначається за формулою

$$W = f \cdot K \cdot P_{\text{різ}} \quad (6.3)$$

де f – коефіцієнт тертя, 0,15-0,25.

K – коефіцієнт запасу

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (6.4)$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу 1.5,
 K_1 – коефіцієнт враховуючий випадкові нерівності 1.2,
 K_2 – коефіцієнт враховуючий збільшення сил різання 1.6,
 K_3 – коефіцієнт враховуючий збільшення сил різання при перервному різанні 1.2,
 K_4 – коефіцієнт, що характеризує затискний пристрій 1,
 K_5 – коефіцієнт, що характеризує пристрій 1.2,
 K_6 – коефіцієнт 1.5.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 6,2208$$

Розпишемо формулу (6.3) і знайдемо силу затиску

$$W = \frac{f \cdot k \cdot P_z \cdot \frac{d\phi}{2}}{f_2 \cdot 228.5 + f_4 \cdot 100} \quad (6.5)$$

де d_ϕ – діаметр фрези, мм.

f_2 – коефіцієнт тертя між поверхнею деталі і прихватом;

f_1 – коефіцієнт тертя між поверхнею деталі і призмою;

f – коефіцієнт тертя між поверхнею деталі і фрезою.

$$W = \frac{0.25 \cdot 6.2208 \cdot 945 \cdot \frac{90}{2}}{0.15 \cdot 228.5 + 0.15 \cdot 100} = 1342.158 \text{ Н}$$

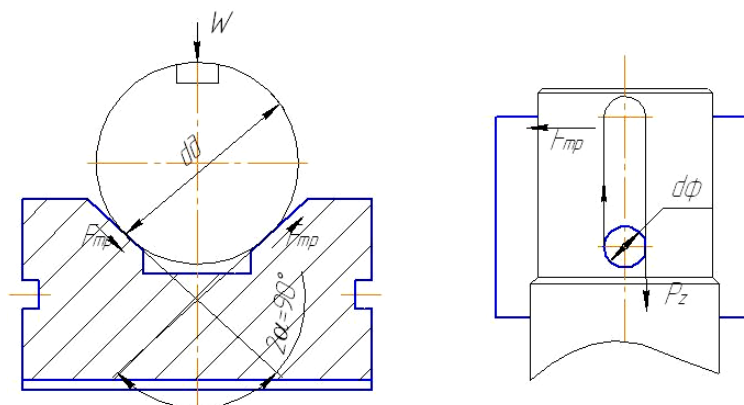


Рисунок 6.5 – Схема закріплення заготовки з постановкою всіх сил, що діють на неї в процесі обробки.

6.4 Вибір або проектування конструкції затискного механізму

Розрахунок затискних зусиль пристроїв проводяться з метою визначення вихідної сили (моменту) на рукоятці або силовому вузлі приводу та визначення основних розмірів цих елементів.

Так як затискний пристрій механізований, то згідно конструкції пристосування приймаємо Г-подібний прижим.

В залежності від зусилля затиску визначаємо діаметр гідро циліндра, обираємо циліндр односторонньої силової дії з возвратньою пружиною і одним резиновим кільцем на поршні.

$$D = \sqrt{\frac{W}{0,5 \cdot \sigma}} \quad (6.6)$$

де W – сила затиску;

σ – допустима напруга розтину матеріалу гвинта, Н/м²

$$D = \sqrt{\frac{7389,9}{0,5 \cdot 800}} = 50 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр гідроциліндра 50мм.

Циліндр 7021-0381 ДСТУГОСТ 19898-82

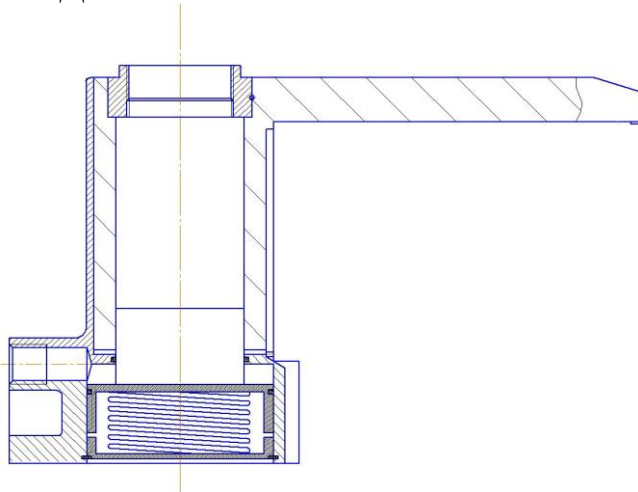


Рисунок 6.6 – Ескіз Г-подібного прижиму

Вхідне зусилля на штоці:

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P - \left[T_k \cdot \pi \cdot D + \dot{O}_i \cdot \frac{\pi(D^2 - D_k^2)}{4} + q \right] \quad (6.7)$$

де, T_m – сила тертя, що залежить від тиску гідравлічного середовища, $T_m = 4H$;
 D_k – внутрішній діаметр ущільнюючий резинового кільця на поршні, $D_k = 25$ мм.

P – тиск рідини, $P = 4 \cdot 10^5$ Па;

Q – жорсткість пружини, що повертає поршень в вихідне положення.

$$q = T_k \cdot \pi \cdot D \cdot K \quad (6.8)$$

де, T_k – сила тертя, що залежить від твердості ущільнюючого кільця і його відносного стиску, $T_k = 5$ Н.

D_k – внутрішній діаметр ущільнюючого резинового кільця.

$$Q = \frac{3,14 \cdot 50}{4} \cdot 400000 - \left[5 \cdot 3,14 \cdot 50 + 4 \cdot \frac{3,14(50^2 - 25^2)}{4} + 157 \right] = 9,34 \text{ кН}$$

6.5 Вибір або проектування базових та допоміжних елементів пристрою.

Виконуємо в ескізному варіанті базові та допоміжні елементи пристрою з вказівкою точності, шорсткості і марки матеріалу.

Виконуємо ескіз пазового болта М12х35 ДСТУГОСТ 7798-80, матеріал з якого він виготовлений Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 твердістю HRC 40-44, Ra=6.3мкм, точність 8.

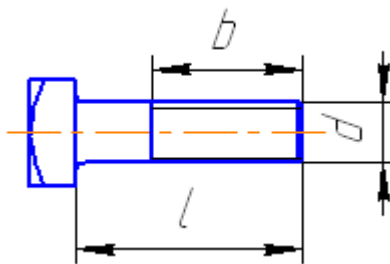


Рисунок 6.7 – Ескіз пазового болта

Виконуємо ескіз шпонки $L \times H \times B = 22 \times 38 \times 36$ ДСТУГОСТ 15707-82, матеріал з якого вона виготовлена Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 твердістю HRC 40-44, Ra=6.3мкм, точність 8.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

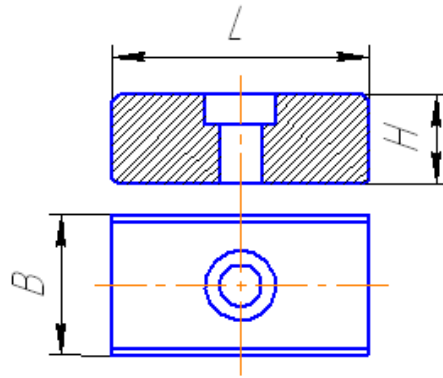


Рисунок 6.8 – Ескіз призматичної шпонки

Виконуємо ескіз болта для кріплення призми до столу верстата А М36х175 ДСТУГОСТ 1491-80, матеріал з якого він виготовлений Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 твердістю HRC 40-44, Ra=6,3 мкм, точність 8.

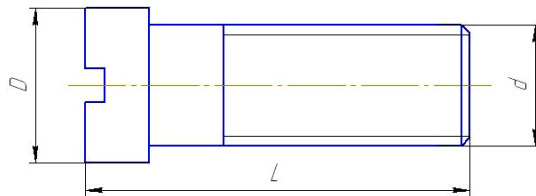


Рисунок 6.9 – Ескіз болта

Виконуємо ескіз гайки круглої М12х1,25 ДСТУГОСТ 10657-80, матеріал з якого вона виготовлена Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 твердістю HRC 40-44, Ra=6.3мкм, точність 8.

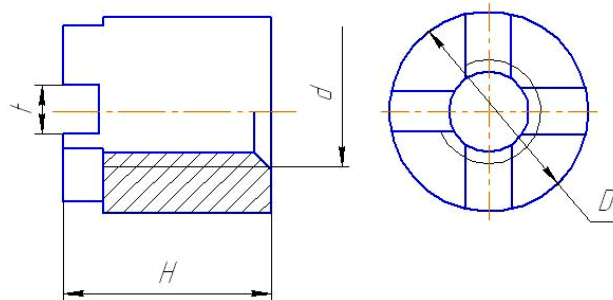


Рисунок 6.9 – Ескіз круглої гайки

Виконуємо ескіз компоновки пристрою з вказівкою габаритних, приєднувальних та основних посадкових розмірів.

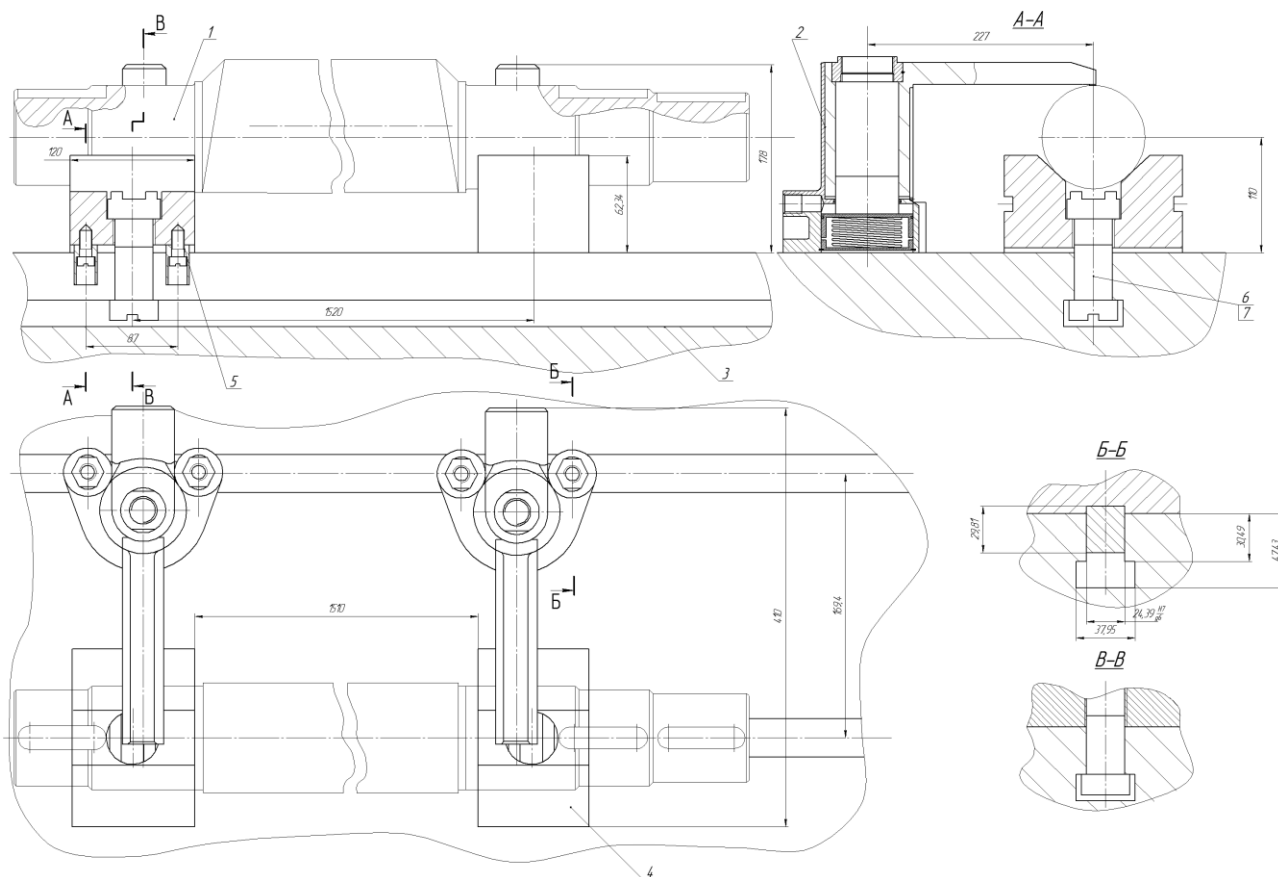


Рисунок 6.10 – Ескіз компоновки універсального складального пристрою

6.6 Вибір засобів встановлення і визначення похибки розташування пристрою на верстаті

З урахуванням засобів встановлення розраховуємо похибку розташування пристрою на верстаті.

$E_{пол} = \delta_{р.л.}$ – похибка розташування посадочної поверхні пристрою відносно посадочного місця верстата.

Проаналізувавши розташування посадочної поверхні пристрою відносно посадочного місця верстата, похибка буде дорівнювати.

$$E_{\pi\epsilon} = l \cdot \frac{S}{l_{oi}} \quad (6.9)$$

де l – довжина оброблюваної деталі;

S – максимальний зазор у сполученнях поверхонь, що базуються;
 $L_{шп}$ – відстань між шпонками.

$$E_{пол} = 84 \cdot \frac{0,05}{460} = 0,009 \text{ мм}$$

6.6.1 Розрахунок на точність верстатного пристрою

Розраховуємо сумарну похибку пристрою:

$$E_{np} = K \sqrt{E_{уст}^2 + E_{пол}^2 + E_{т.пр}^2} \quad (6.10)$$

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

$E_{уст}$ – похибка установки заготовки.

$$E_{уст} = E_{баз} + E_{зак} \quad (6.11)$$

де $E_{баз}$ – похибка базування. $E_{баз}=0.096\text{мм}$.

$E_{зак}$ – похибка закріплення. $E_{зак}=0$, так як у нас механізований зажим.

$$E_{уст} = 0.096 + 0 = 0.096 \text{ мм.}$$

$E_{\pi\bar{e}} = \delta_{\bar{e}}.$ – похибка розташування посадочної поверхні пристрою відносно посадочного місця верстата.

$$E_{\pi\bar{e}} = \delta_{\bar{e}} = \frac{84 \cdot 0,05}{460} = 0,009 \text{ мм}$$

$E_{т.пр} = \delta_{он}$ – похибка розміщення опорних встановлювальних елементів

$$E_{т.пр} = \delta_{он} = \frac{1}{3} \dots \frac{1}{5} T \quad (6.12)$$

де T – допуск розміра від опорної поверхні до оброблюємої, $T=0,08$ мм.

$$E_{т.пр} = \delta_{он} = \frac{1}{3} \dots \frac{1}{5} T = \frac{1}{3} \dots \frac{1}{5} \cdot 1,6 = 0,4 \text{ мм}$$

$$E_{i\bar{o}} = 1.2 \sqrt{0,096^2 + 0,009^2 + 0,4^2} = 0,0211 \text{ мм.}$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Проводимо перевірку за наступним співвідношенням.

$$E_{np} \leq \alpha T \quad (6.13)$$

Де $\alpha=0,3$ коефіцієнт впливу на механічну операцію.
 T – кінцевий допуск виконуваного розміру. $T=0,41$ мм.

$$\begin{aligned} E_{np} &\leq \alpha T \\ 0,0211 &\leq 0,3 \cdot 0,41 \\ 0,0211 &\leq 0,1231 \end{aligned}$$

6.7 Розробка технічного завдання на проектування контрольного пристрою

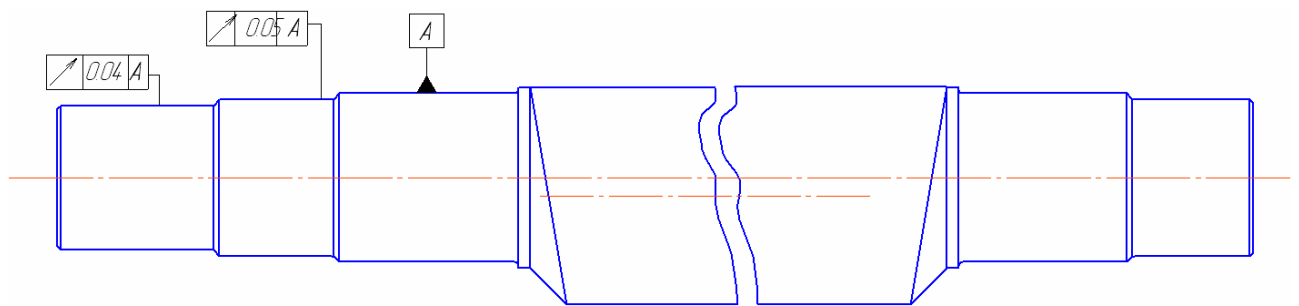


Рисунок 6.11 - Ескіз деталі з вказівкою вимог точності по відхиленню форми

6.7.1 Вибір або розробка схеми контролю

Схему контролю виконуємо відносно вимог по точності, відхиленню форми і розташуванню поверхонь деталі .

6.8 Розробка схеми базування деталі при виконанні контролю

Розробляємо схему базування деталі при виконанні контролю

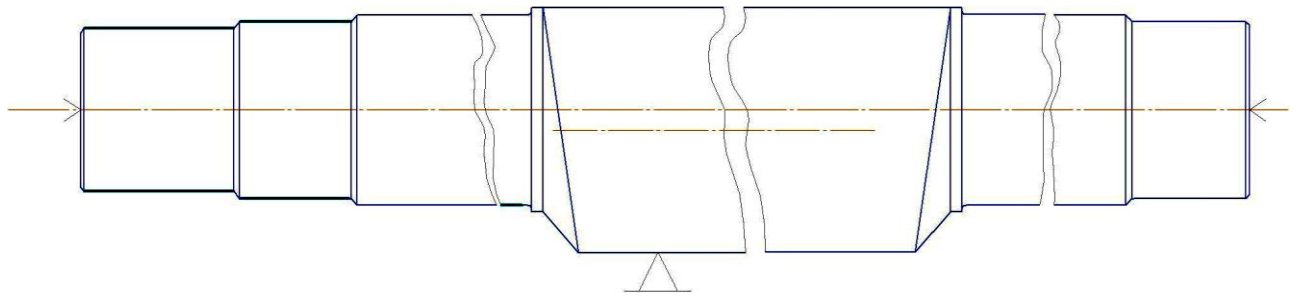


Рисунок 6.12- Ескіз схему базування деталі при виконанні контролю

6.8.1 Вибір і проектування установчих елементів пристрою

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

В якості установчого елемента пристрою буде слугувати нижня частина супорта верстата.

Вибір контрольного приладу:

З урахуванням параметра контролю приймаємо контрольний прилад TESA DIGIKO 10.

Тип контрольного приладу 19.30101

Діапазон вимірювання 12,5/0,5 мм/дюйм.

Дискретність цифрової шкали 0,001/0,00005.

Найбільша похибка 5мкм.

Рідкокристалічний дисплей з висотою символів 8,5мм.

Обнуління і фіксація значень в будь-якому місці діапазона показань.

Кут повороту дисплея 270°.

Фіксація предустановки параметрів.

Управління двома кнопками.

Відображення результатів вимірювання в міліметрах і дюймах.

Максимальна швидкість переміщення 1,5м/с.

Повторюємість і похибка відліку 2мкм.

Інтерфейс RS-232C.

Автономне живлення від батарей.

Температурний режим експлуатації +5...+40°C.

Електромагнітна сумісність EN 50081-1, 1993, EN 50082-1, 1993.

6.9 Загальна компоновка контрольного пристрою

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Виходячи із схеми контролю виконуємо ескізи деталей контрольного пристрою .

Виконуємо ескіз планки ,матеріал з якого вона виготовлений Сталь 45 ДСТУ 7809:2015. HRC 33-38

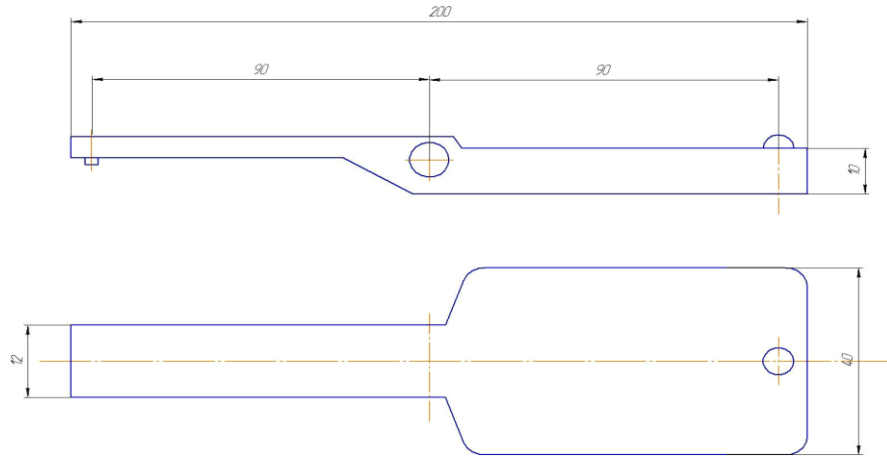


Рисунок 6.13– Ескіз корпусної планки

Виконуємо ескіз виделки ДСТУГОСТ 4738-67 , матеріал з якого він виготовлений Сталь 45 ДСТУ 7809:2015 HRC 33-38.

$d=M5...M36; D=16...80; L=25...255$.

Приймаємо $d=M5$, $D=16$, $L=25$.

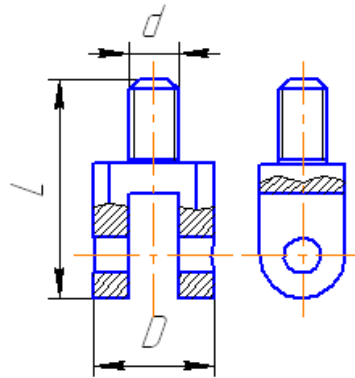


Рисунок 6.14– Ескіз вилки

Зображуємо планку-виделку для кріплення контрольного приладу.

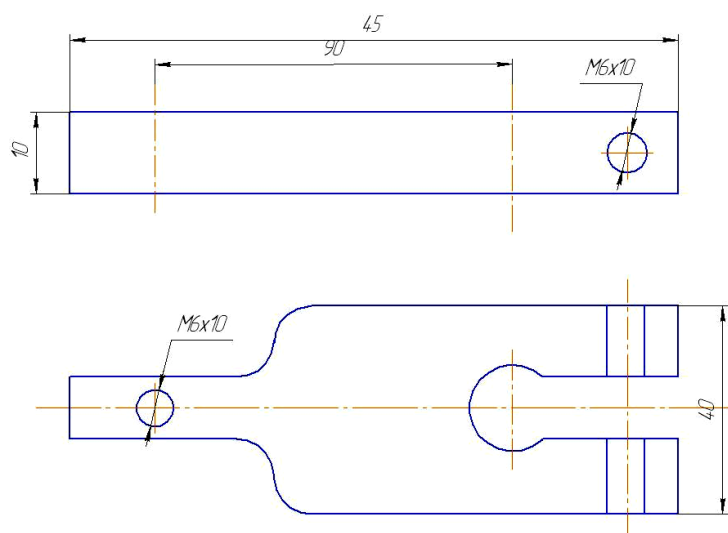


Рисунок 6.15 – Планка-виделка

Виконуємо ескіз компоновки пристрою з вказівкою габаритних, приєднувальних та основних посадкових розмірів.

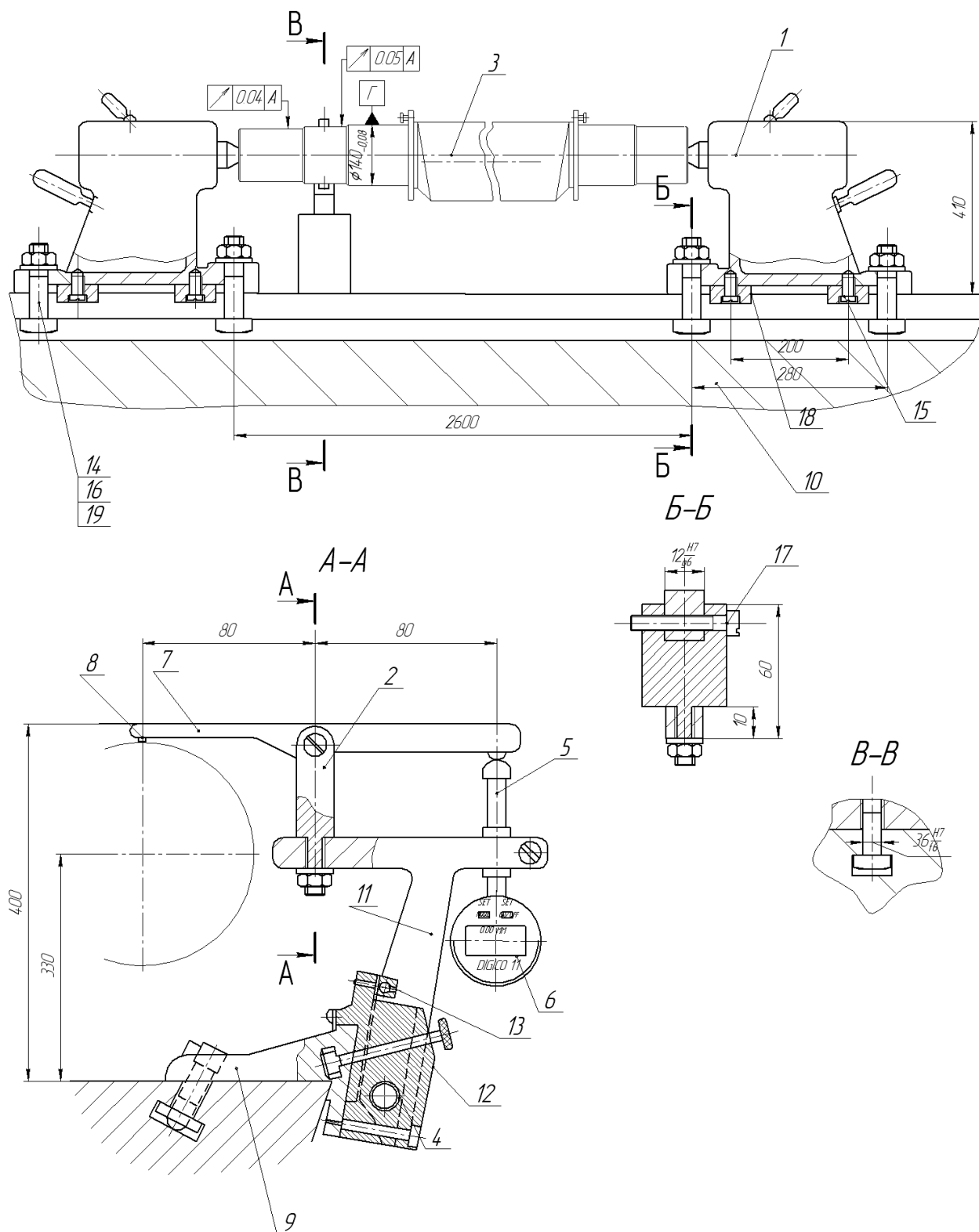


Рисунок 6.16- Ескіз компоновки контрольного пристрою

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-12.06.КПВ

Лист

6.10 Розрахунок точності контрольного пристрою

Визначаємо допустиму похибку контролю

$$[\Delta] = 0.08 \div 0.3T \quad (6.14)$$

де T – допуск на вимірювальний параметр. $T=0,05\text{мм}$

$$[\Delta] = 0.3 \cdot 0.05 = 0.015\text{мм}$$

Визначимо сумарну похибку контролю [9,10]

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{n,y} + \sqrt{\Delta_{\text{вип}}^2 + \Delta_{\text{ін}}^2} \quad (6.15)$$

де $\Delta_{n,y}$ – похибка передаючих важелів. $\varnothing \frac{H7}{h6}$, $\Delta_{n,y}=0,012\text{мм}$

$\Delta_{\text{вип}}$ – випадкові похибки $\Delta_{\text{вип}}=0,006\text{мм}$.

$\Delta_{\text{ін}}$ – похибка вимірювального приладу $\Delta_{\text{ін}}=0,005\text{мм}$

$$\Delta_{\Sigma} = 0.012 + \sqrt{0.006^2 + 0.005^2} = 0,018\text{мм} = 18\text{мкм}$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.06.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА: « Оптимізація режимів різання механічної обробки валу ексцентрикового, з використанням елементів математичного моделювання»

Оптимізування режимів різання, за допомогою програмного забезпечення дозволяє значно скоротити час, що витрачається на технологічну операцію. Також використання програми Math Cad дозволяє отримувати точні значення режимів різання для механічної обробки деталей.

Розглянемо 4 етапи оптимізації задачі:

1. Визначення мети оптимізації

Мета оптимізації – мінімізація часу, $T_{оп}$. Мета досягається шляхом використання програмного забезпечення, програми Math Cad, за допомогою побудови графічної математичної моделі, які враховуються за певними залежностями.

2. Побудова математичної моделі об'єкта оптимізації.

3. Вибір критерію оптимізації.

4. Вибір метода рішення оптимізації задачі

Метод рішення задачі о виборі оптимального режиму різання – метод лінійного програмування

Приведення усіх технічних обмежень до лінійного виду і представлення їх у вигляді системи нерівностей в складі з оцінною функцією дає математичну модель процесу різання металів. Визначення оптимальних режимів різання за допомогою побудованої математичної моделі може виконуватись аналітичним або графічним методом.

Використаємо приклад по обробці вала ексцентрикового, в трьох випадках: токарна обробка, свердлильна і фрезерна.

1.Побудуємо математичну модель процесу різання і визначимо оптимальні режими різання для точіння заготовки вала діаметром $D=140\text{мм}$ і довжиною $L=490\text{мм}$, матеріал – сталь 45, необхідна шорсткість $R_a=12,5\text{мкм}$, глибина різання $t=3\text{мм}$.

Враховуючи розміри заготовки для обробки, обираємо важкий токарний верстат 1А665. Точіння відбувається токарним різцем для контурного точіння з механічним кріпленням пластин 2103-0901 ДСТУГОСТ 20872-80, матеріал пластини Т5К10 з охолодженням. Виділимо найбільш важливі обмеження:

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.07.НДЧ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Муратов									
Провер.		Кіяновський								71	
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м			
Н. Контр.		Нечасв									
Утверд.		Рязанцев									

Обмеження 1. Ріжучі можливості інструмента, визначає періодом стійкості.

Згідно залежності (9.3) знаходимо значення періоду стійкості інструмента і коефіцієнтів, що входять в рівняння для v :

$$T=60 \text{ хв}; C_v=350; x_v=0,15; y_v=0,35; m=0,2$$

$$K_v=K_{Mv}K_{nv}K_{\varphi v}K_{rv}K_{qv}K_0^v=1,44.$$

Тоді

$$nS^{0,35} \leq \frac{318 \cdot 350}{140 \cdot 60^{0,2} \cdot 3^{0,15}} \cdot 1,44 \text{ або } nS^{0,35} \leq 428 \quad (7.1)$$

Приведемо отриману нерівність до лінійного виду логарифмуванням і після об означення отримаємо

$$x_1 + 0,35x_2 \leq b_1; \quad \text{де } b_1 = \ln(428 \cdot 100^{0,35}) = 6,76 \quad (7.2)$$

Обмеження 2. Потужність електродвигуна привода головного руху верстата. Це обмеження виражається умовою $N_{\text{еф}} \leq N_{\eta}$. Де N – потужність електродвигуна головного приводу, кВт; η – ККД кінематичної ланки від електродвигуна до інструменту.

Ефективна потужність, кВт, що витрачається на процес різання

$$N_{\text{до}} = \frac{P_z \cdot v}{102 \cdot 60} \quad (7.3)$$

де P_z – сила різання, котра відповідно знаходиться як

$$P_z = C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}} \cdot v^{n_{pz}} \cdot K_p \quad (7.4)$$

Підставляючи у вираз значення складової сили різання P_z , отримаємо для другого технічного обмеження.

$$n^{n_{pz}+1} \cdot S^{y_{pz}} \leq \frac{6120 \cdot (10^3)^{n_{pz}+1} \cdot N \cdot \eta}{C_p \cdot t^{x_{pz}} \cdot D^{n_{pz}+1} \cdot \pi^{n_{pz}+1} \cdot K_p} \quad (7.5)$$

Значення коефіцієнтів:

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.07.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{pz}=300; x_{pz}=1,0; y_{pz}=0,75; n_{pz}=-0,15;$$

$$K_v=K_{Mp}K_{np}K_{\varphi p}K_{rp}K_{qp}K_0^p=1,05.$$

Потужність електродвигуна для верстата 1А665 $N=75$ кВт, $\eta=0,85$. Тоді

$$n^{0,85} \cdot S^{0,75} \leq \frac{6120 \cdot (10^3)^{0,85} \cdot 75 \cdot 0,85}{300 \cdot 3^1 \cdot 140^{0,85} \cdot 3,14^{0,85} \cdot 1,05} \leq 830,2 \quad (7.6)$$

Після приведення до лінійного виду і введенням позначень отримаємо

$$0,85x_1 + 0,75x_2 \leq b_2, \quad \text{де} \quad b_2 = \ln(830,2 \cdot 100^{0,75}) = 10,17 \quad (7.7)$$

Обмеження 3. Найменша допустима швидкість різання обмежується або умовами стружкоутворення (збільшення шорсткості обробленої поверхні, викрашування ріжучих кромek), або частотою що існує на верстаті, тобто визначається кінематикою верстата. Для частоти оберту шпинделя верстата n це обмеження має вид $n \geq n_{ст \min}$. Для верстата 1А665 $n_{ст \min}=1,26$ об/хв. Тоді $x_1 \geq b_3$, де $b_3 = \ln 1,26 = 0,23$.

Обмеження 4. Найбільша допустима швидкість різання обмежується або умовами різання (розмірний знос, погіршення якості виробу), або швидкістю оберту виробу верстату, тобто визначається кінематикою верстата. Аналогічно попередньому.

Для частоти оберту шпинделя верстата n це обмеження має вид $n \leq n_{ст \max}$. Для верстата 1А665 $n_{ст \max}=160$ об/хв. Тоді $x_1 \leq b_4$, де $b_4 = \ln 160 = 5,08$.

Обмеження 5. Найменша подача, що допускається кінематикою верстату, $S \geq S_{ст \min}$. Для верстата 1А665 $S_{ст \min}=0,064$ мм/об. Тоді $x_2 \geq b_5$, де $b_5 = \ln(0,064 \cdot 100) = 1,86$.

Обмеження 6. Найбільша подача, що допускається кінематикою верстату, $S \leq S_{ст \max}$. Для верстата 1А665 $S_{ст \max}=26,08$ мм/об. Тоді $x_2 \leq b_6$, де $b_6 = \ln(26,08 \cdot 100) = 7,87$.

Обмеження 1-10 утворюють математичну модель процесу різання в аналітичному вигляді. Окрім технічних обмежень, що представлені у вигляді системи нерівностей, в склад моделі входить оцінна функція f_0 .

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.07.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\left. \begin{aligned} x_1 + 0,35x_2 &\leq 6,76 \\ 0,85\tilde{o}_1 + 0,75\tilde{o}_2 &\leq 10,17 \\ \tilde{o}_1 &\geq 0,23 \\ \tilde{o}_1 &\leq 5,08 \\ \tilde{o}_2 &\geq 1,86 \\ \tilde{o}_2 &\leq 7,87 \end{aligned} \right\} \quad (7.8)$$

$$f_0 = (x_1 + x_2)_{\max}$$

Знаходження оптимальних значень $x_{1 \text{ опт}}$ і $x_{2 \text{ опт}}$ може відбуватись з використанням численних методів лінійного програмування з використанням ЕВМ. В даному випадку рішення відбувається методом лінійного програмування.

$$\begin{aligned} [x_1 + 0,35x_2 \leq 6,76] & y(x) \\ [0,85x_1 + 0,75x_2 \leq 10,17] & y_1(x) \\ [x_1 \geq 0,23] & y_2(x) \\ [x_1 \leq 5,08] & y_3(x) \\ [x_2 \geq 1,86] & y_4(x) \\ [x_2 \leq 7,87] & y_5(x) \end{aligned}$$

Для побудови математичної моделі в Math Cad треба система нерівностей яку складають обмеження. Кількість обмежень відповідає кількості нерівностей у системі. В даному випадку маємо 6 обмежень, що характеризують: період стійкості інструменту, потужність електродвигуна приводу головного руху, найменша допустима швидкість, найбільша допустима швидкість, найбільша та найменша подача.

7.1 Методика побудови графічної математичної моделі в програмі Math CAD:

На відкритому новому документі записуємо рівняння у виді:

$$\begin{aligned} y(x) &:= 8.03 - 0.35x \\ y_{.1}(x) &:= \frac{10.17 - 0.75x}{0.85} \\ y_{.2}(x) &:= 0.23 \\ y_{.3}(x) &:= 5.08 \end{aligned} \quad (7.9)$$

Кожне обмеженню, привели до вигляду рівняння з двома невідомими.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.07.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

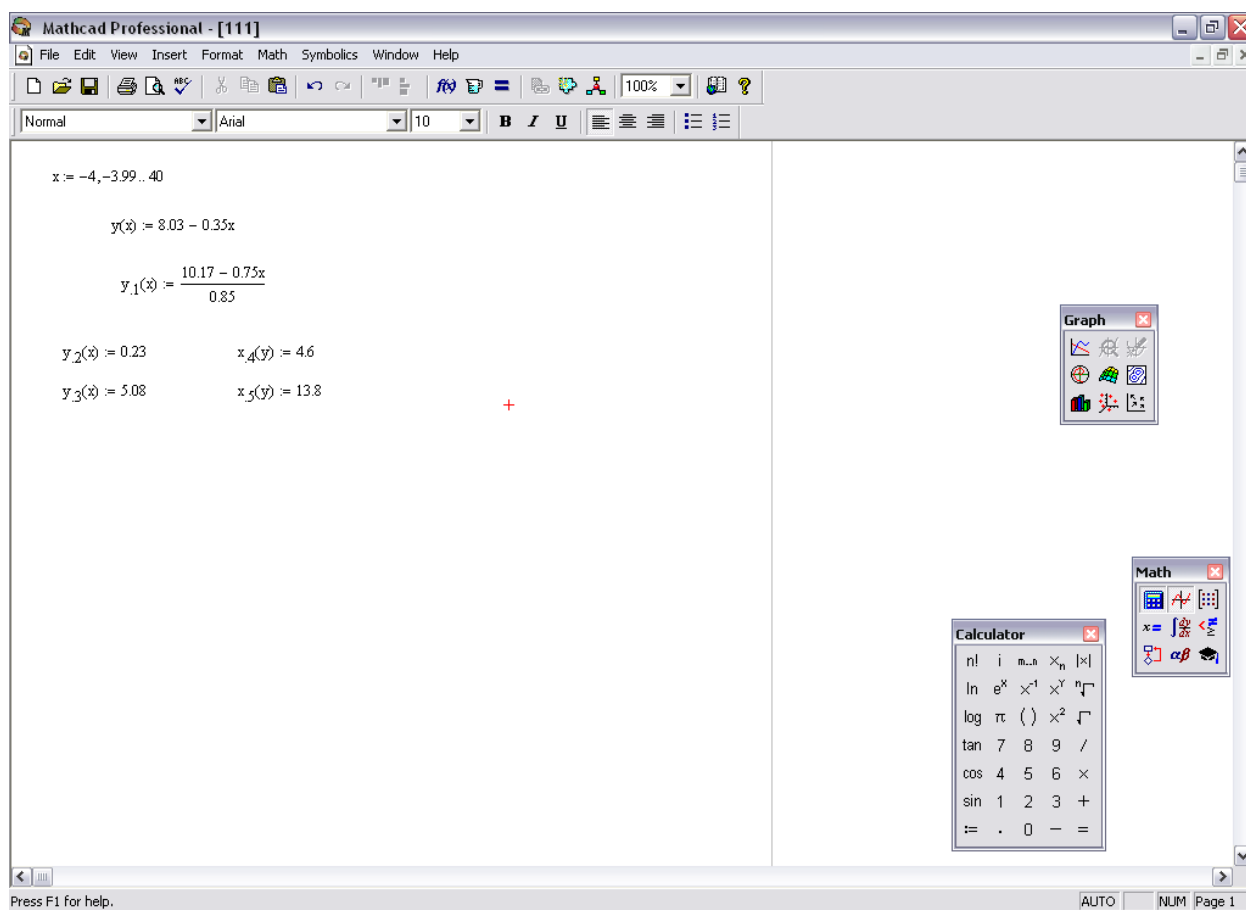


Рисунок 7.1 – Внесення даних

За допомогою функції у Math Cad *Graph*→*X-Y Plot* побудували графік, у якому вісь x – відповідає значенню $(-5, 20)$, а вісь y – $(-5, 15)$. Ці значення обираються довільно, в залежності від того, де знаходиться багатокутник значень.

Після внесення усіх необхідних значень по вісі x , ми отримаємо наступний вигляд графіку

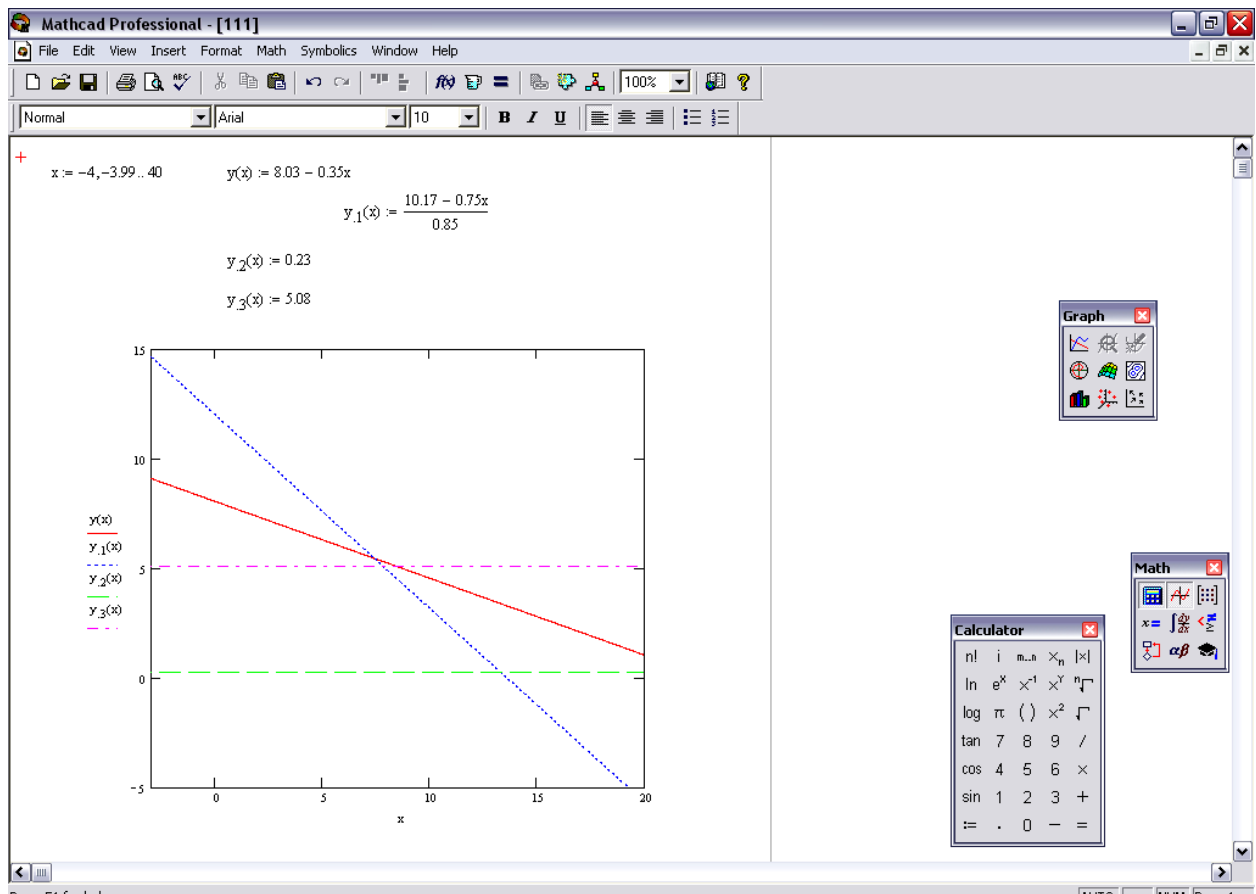


Рисунок 7.2 – Графічна побудова рівнянь по вісі x

Далі будуємо рівняння по вісі y, тобто пишемо рівняння

$$x_4(y) := 4.6$$

$$x_5(y) := 13.8, \text{ і продовжуємо побудову графіка.}$$

В результаті отримаємо сумісний графік, (рисунок 7.3.), на якому можна спостерігати багатокутник значень, який отриманий в результаті перехрестя нерівностей із системи .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-12.07.НДЧ

Лист

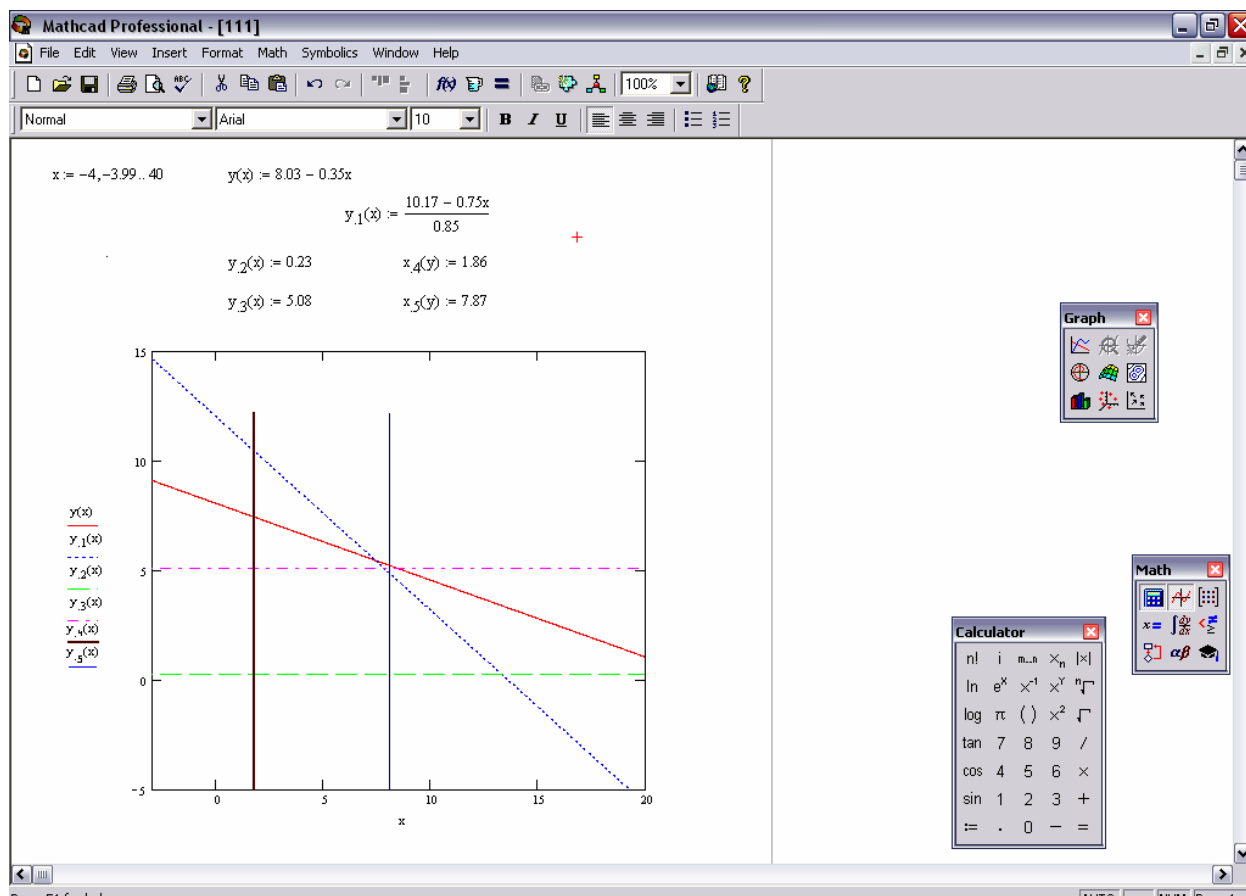


Рисунок 7.3 – Графічна побудова сумісного графіку

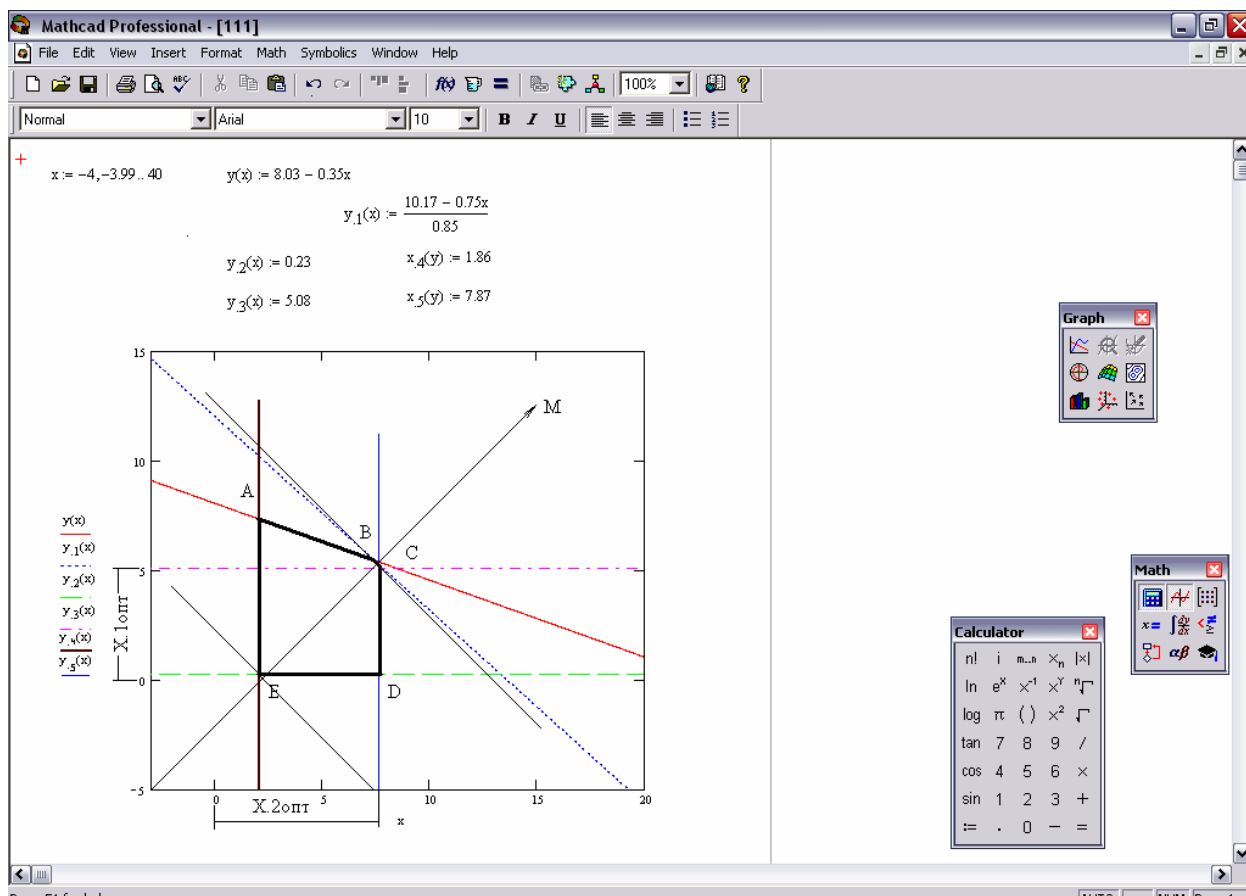


Рисунок 7.4 (а) – Графічна побудова математичної моделі виявлення оптимальних режимів різання

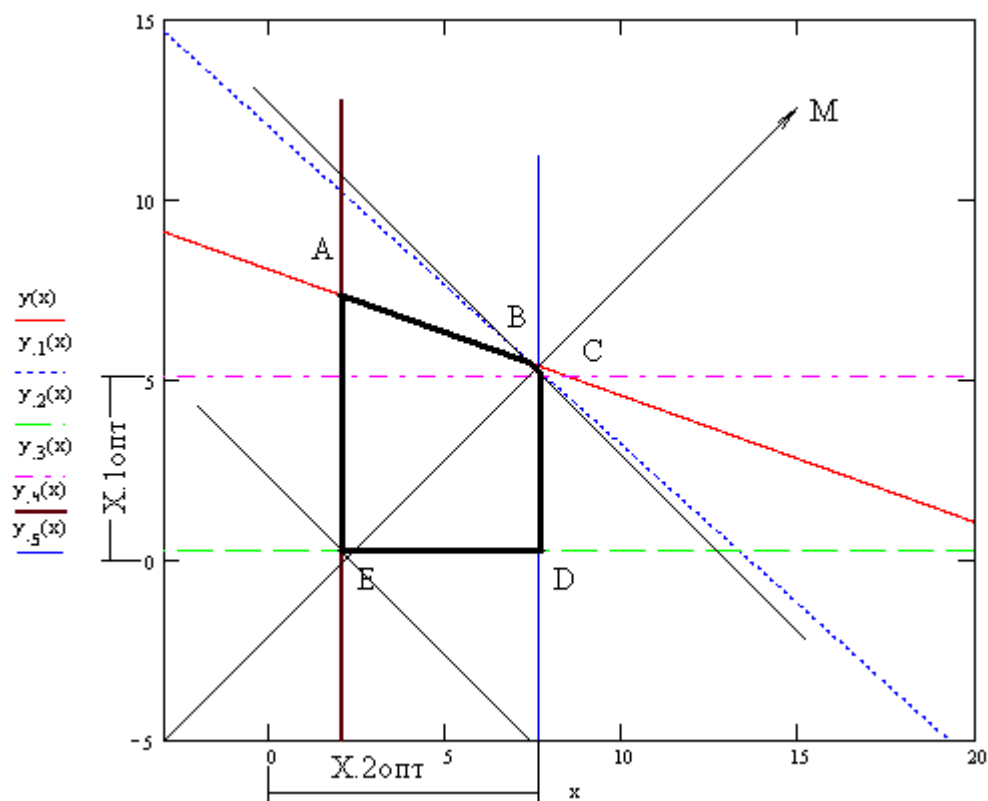


Рисунок 7.4 (б) – Графічна побудова математичної моделі виявлення оптимальних режимів різання

Кожне технічне обмеження представляється граничною прямою, яка відображає напівплощину, де можливе існування рішення системи нерівностей. Гранична пряма, перетинаючись, утворюють багатогранник рішень $ABCDE$ (рис. 7.4), всередині якого люба точка задовольняє усім без винятку нерівностям. Для знаходження оптимальних значень $x_{1\text{ опт}}$ і $x_{2\text{ опт}}$ під кутом 45° до вісі x_1 і x_2 будується вектор максимізації M для оцінної функції $f_0 = (x_1 + x_2)$, яка відображується прямою, перпендикулярною цьому вектору. В точці E , де пряма оцінної функції торкнеться багатогранника рішень, функція приймає мінімальне значення $f_{0\text{ min}}$, а в точці B крайній правій – максимальне $f_{0\text{ max}}$. Координати цієї точки є оптимальними значеннями $x_{1\text{ опт}}$ і $x_{2\text{ опт}}$, вони знаходяться графічно з урахуванням прийнятого масштабу $x_{1\text{ опт}}=5,08$ і $x_{2\text{ опт}}=7,5$.

Максимальні цифрові значення оптимального режиму різання вираховується по наступним залежностям:

$$n_{onm} = e^{X_{1onm}} = e^{5,08} = 230 \text{ об/хв}$$

$$S_{onm} = \frac{1}{100} \cdot e^{X_{2onm}} = \frac{1}{100} \cdot e^{7,5} = 2,58 \text{ мм/об.}$$

2. Побудуємо математичну модель процесу різання і визначимо оптимальні режими різання для свердління в заготовці вала отвір діаметром діаметром $d=18\text{мм}$ і довжиною $L=35\text{мм}$, матеріал – сталь 45. Враховуючи розміри заготовки для обробки, обираємо фрезерно-розточний верстат з повздовжнім столом, рухомою поперечиною і з ЧПК 66К20Ф4. свердління відбувається свердлом спіральним 035-2301-1051.

Виділимо найбільш важливі обмеження:

Обмеження 1. Ріжучі можливості інструмента, визначає періодом стійкості.

Згідно залежності (7.3) знаходимо значення періоду стійкості інструмента і коефіцієнтів, що входять в рівняння для v :

$$T=45 \text{ хв}; C_v=7; y_v=0,7; m=0,2$$

$$K_v=K_{Mv}K_{nv}K_{\phi v}K_{rv}K_{qv}K_0^v=1,54.$$

Тоді

$$nS^{0,35} \leq \frac{318 \cdot 7}{18 \cdot 45^{0,2}} \cdot 1,54 \text{ або } nS^{0,35} \leq 89 \quad (7.10)$$

Приведемо отриману нерівність до лінійного виду логарифмуванням і після об означення отримаємо

$$x_1 + 0,35x_2 \leq b_1; \quad \text{де } b_1 = \ln(89 \cdot 100^{0,35}) = 6,1. \quad (7.11)$$

Обмеження 2. Потужність електродвигуна привода головного руху верстата. Це обмеження виражається умовою $N_{\text{еф}} \leq N_{\eta}$. Де N – потужність електродвигуна головного приводу, кВт; η – ККД кінематичної ланки від електродвигуна до інструменту.

Потужність електродвигуна для верстата 66К20Ф4 $N=60$ кВт, $\eta=0,85$.
Тоді

$$n^{0,85} \cdot S^{0,7} \leq \frac{612 \cdot (10^3)^{0,85} \cdot 60 \cdot 0,85}{68 \cdot 18^{0,85} \cdot 3,14^{0,85} \cdot 1,05} \leq 5027 \quad (7.12)$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.07.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Після приведення до лінійного виду і введенням позначень отримаємо

$$0,85x_1 + 0,7x_2 \leq b_2, \quad (7.13)$$

$$\text{де } b_2 = \ln(5028 \cdot 100^{0,7}) = 12$$

Обмеження 3. Найменша допустима швидкість різання обмежується або умовами стружкоутворення (збільшення шорсткості обробленої поверхні, викрашування ріжучих кромek), або частотою що існує на верстаті, тобто визначається кінематикою верстата.

Для частоти оберту шпинделя верстата n це обмеження має вид $n \geq n_{ст \min}$. Для верстата 66K20Ф4 $n_{ст \min} = 5$ об/хв. Тоді $x_1 \geq b_3$, де $b_3 = \ln 5 = 1,6$.

Обмеження 4. Найбільша допустима швидкість різання обмежується або умовами різання (розмірний знос, погіршення якості виробу), або швидкістю оберту виробу верстату, тобто визначається кінематикою верстата. Аналогічно попередньому.

Для частоти оберту шпинделя верстата n це обмеження має вид $n \leq n_{ст \max}$. Для верстата 66K20Ф4 $n_{ст \max} = 630$ об/хв. Тоді $x_1 \leq b_4$, де $b_4 = \ln 630 = 7,2$.

Обмеження 5. Найменша подача, що допускається кінематикою верстату, $S \geq S_{ст \min}$. Для верстата 66K20Ф4 $S_{ст \min} = 1$ мм/об. Тоді $x_2 \geq b_5$, де $b_5 = \ln(1 \cdot 100) = 3,7$.

Обмеження 6. Найбільша подача, що допускається кінематикою верстату, $S \leq S_{ст \max}$. Для верстата 66K20Ф4 $S_{ст \max} = 10000$ мм/об. Тоді $x_2 \leq b_6$, де $b_6 = \ln(10000 \cdot 100) = 13,8$.

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 + 0,35x_2 \leq 6,1 \\ 0,85x_1 + 0,7x_2 \leq 12 \\ x_1 \geq 1,6 \\ x_1 \leq 7,2 \\ x_2 \geq 3,7 \\ x_2 \leq 13,8 \end{array} \right\} \quad (7.14)$$

$$f_0 = (x_1 + x_2)_{\max}$$

$$\begin{array}{l} [x_1 + 0,35x_2 \leq 6,1] \quad y(x) \\ [0,85x_1 + 0,7x_2 \leq 12] \quad y_1(x) \end{array}$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.07.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\begin{aligned} [x_1 \geq 1, 6] & \quad y_2(x) \\ [x_1 \leq 7, 2] & \quad y_3(x) \\ [x_2 \geq 3, 7] & \quad y_4(x) \\ [x_2 \leq 13, 8] & \quad y_5(x) \end{aligned}$$

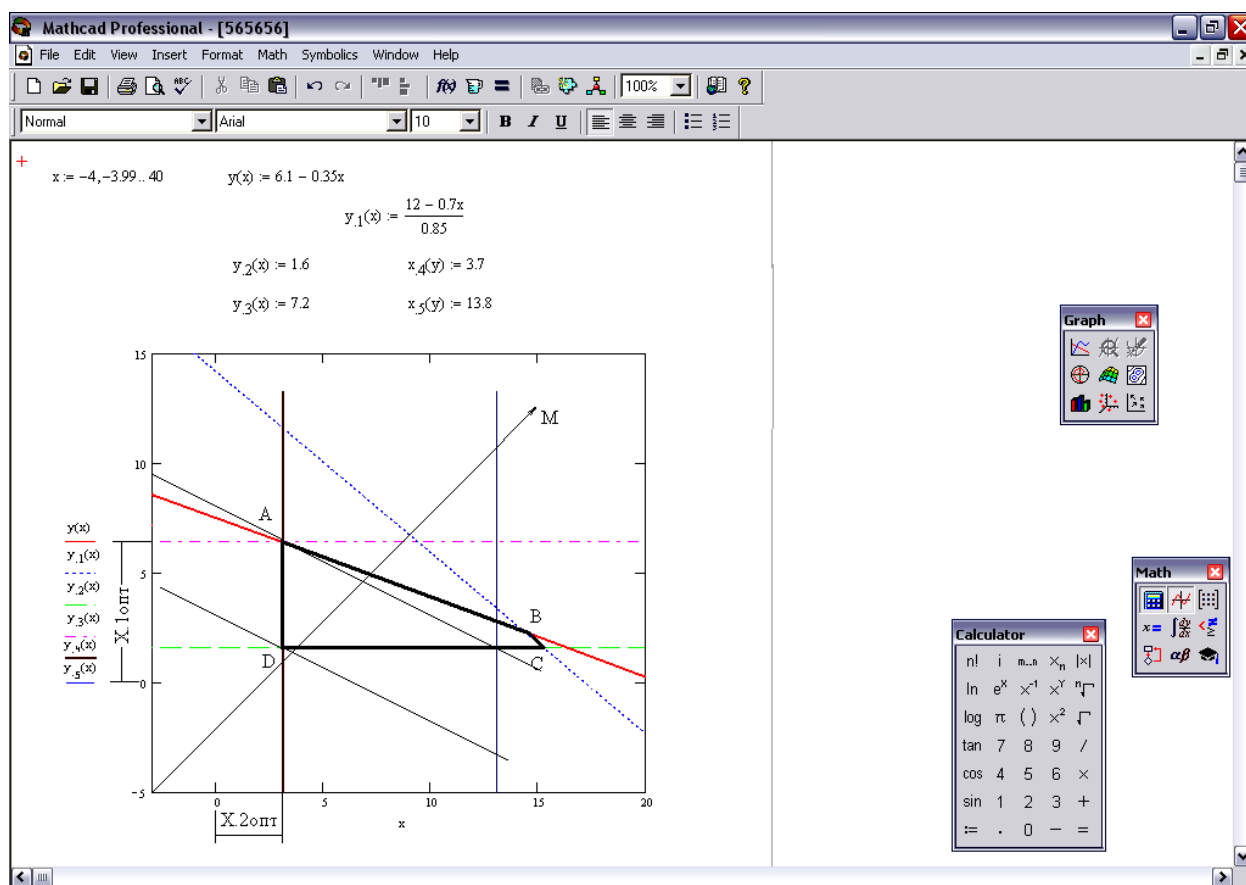


Рисунок 7.5(а) – Графічна побудова математичної моделі виявлення оптимальних режимів різання

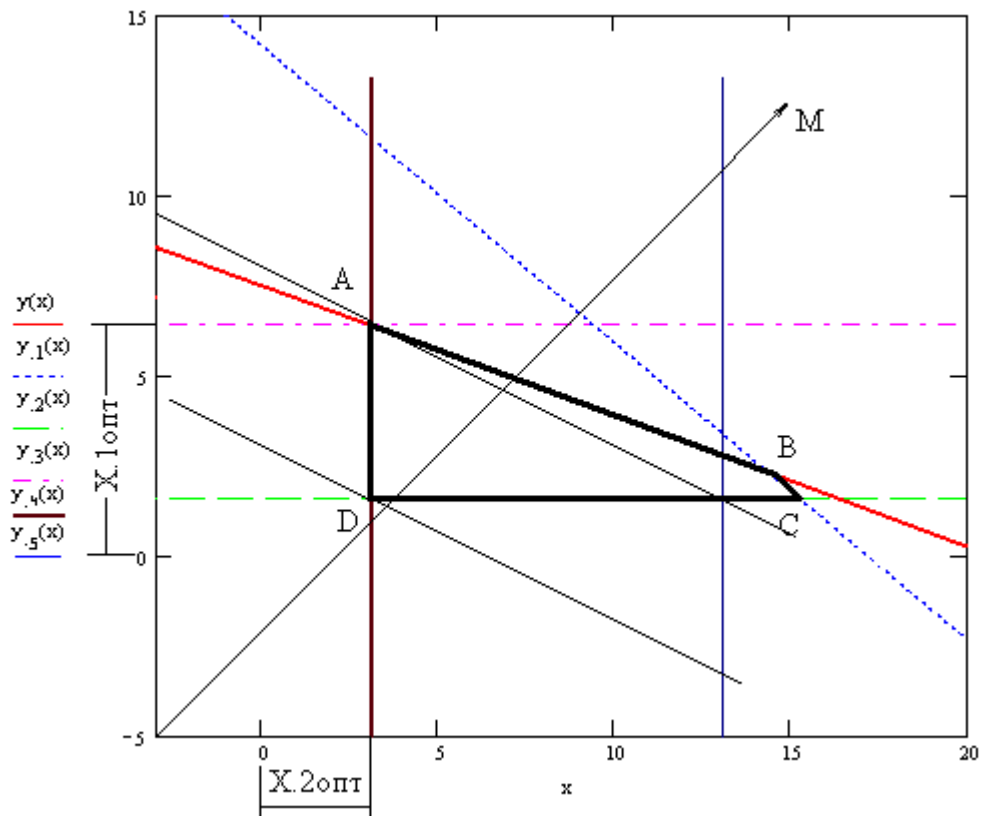


Рисунок 7.5(б) – Графічна побудова математичної моделі виявлення оптимальних режимів різання

Кожне технічне обмеження представляється граничною прямою, яка відображає напівплощину, де можливе існування рішення системи нерівностей. Гранична пряма, перетинаючись, утворюють багатогранник рішень $ABCD$ (рисунок 7.5), всередині якого люба точка задовольняє усім без винятку нерівностям. Для знаходження оптимальних значень x_{1opt} і x_{2opt} під кутом 45° до вісі x_1 і x_2 будується вектор максимізації M для оцінної функції $f_0 = (x_1 + x_2)$, яка відображується прямою, перпендикулярною цьому вектору. В точці A , де пряма оцінної функції торкнеться багатогранника рішень, функція приймає мінімальне значення f_{0min} , а в точці D крайній правий — максимальне f_{0max} . Координати цієї точки є оптимальними значеннями x_{1opt} і x_{2opt} , вони знаходяться графічно з урахуванням прийнятого масштабу $x_{1opt} = 6,8$ і $x_{2opt} = 3,7$

Максимальні цифрові значення оптимального режиму різання вираховується по наступним залежностям:

$$n_{onm} = e^{X_{1onm}} = e^{6,8} = 425 \text{ об/хв}$$

$$S_{onm} = \frac{1}{100} \cdot e^{X_{2onm}} = \frac{1}{100} \cdot e^{3,7} = 0,4 \text{ мм/об.}$$

2. Побудуємо математичну модель процесу різання і визначимо оптимальні режими різання для фрезерування в заготовці вала шпон очний паз $b \cdot h \cdot l = 25 \cdot 12 \cdot 84$ мм, матеріал – сталь 45.

Враховуючи розміри заготовки для обробки, обираємо фрезерно-розточний верстат з повздовжнім столом, рухомою поперечиною і з ЧПК 66K20Ф4. фрезерування відбувається Шпонкова фреза 2235-0005 ДСТУ ГОСТ 9140-84.

Виділимо найбільш важливі обмеження:

Обмеження 1. Ріжучі можливості інструмента, визначає періодом стійкості.

$$nS^{0,5} \leq \frac{318 \cdot 46,7 \cdot 25^{0,45}}{45 \cdot 90^{0,33} \cdot 3^{0,5} \cdot 25^{0,1} \cdot 6^{0,1}} \cdot \text{або } nS^{0,35} \leq 111 \quad (7.15)$$

Приведемо отриману нерівність до лінійного виду логарифмуванням і після об означення отримаємо

$$x_1 + 0,5x_2 \leq b_1; \quad \text{де } b_1 = \ln(111 \cdot 100^{0,5}) = 7,01. \quad (7.16)$$

Обмеження 2. Потужність електродвигуна привода головного руху верстата.

$$n^{n_{pz}+1} \cdot S^{y_{pz}} \leq \frac{612 \cdot (10^3)^{n_{pz}+1} \cdot N \cdot \eta}{C_p \cdot D^{n_{pz}+q} \cdot t^x \cdot B^u \cdot z \cdot \pi^{n_{pz}+1} \cdot K_{mp}} \quad (7.17)$$

Значення коефіцієнтів:

$$C_p = 12,5; y_p = 0,75; n_p = -0,13; t = 3 \text{ мм}; z = 6 \text{ шт}; q = 0,73; x = 0,85; B = 25 \text{ мм.}$$

$$K_v = K_{mp} K_{np} K_{\varphi p} K_{rp} K_{qp} K_{\theta^p} = 1,05.$$

Потужність електродвигуна для верстата 66K20Ф4 $N = 60$ кВт, $\eta = 0,85$.
Тоді

$$n^{0,87} \cdot S^{0,75} \leq \frac{612 \cdot (10^3)^{0,87} \cdot 60 \cdot 0,85}{12,5 \cdot 25^{0,6} \cdot 3^{0,85} \cdot 6 \cdot 25^{0,1} \cdot 3,14^{0,87} \cdot 1,05} \leq 2464 \quad (7.18)$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.07.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Після приведення до лінійного виду і введенням позначень отримаємо

$$0,87x_1 + 0,75x_2 \leq b_2,$$

(7.19)

$$\text{де } b_2 = \ln(2464 \cdot 100^{0,75}) = 11,26$$

Обмеження 3. Найменша допустима швидкість різання . Для частоти оберту шпинделя верстата n це обмеження має вид $n \geq n_{ст \min}$. Для верстата 66K20Ф4 $n_{ст \min} = 5$ об/хв. Тоді $x_1 \geq b_3$, де $b_3 = \ln 5 = 1,6$.

Обмеження 4. Найбільша допустима швидкість різання . Для частоти оберту шпинделя верстата n це обмеження має вид $n \leq n_{ст \max}$. Для верстата 66K20Ф4 $n_{ст \max} = 630$ об/хв. Тоді $x_1 \leq b_4$, де $b_4 = \ln 630 = 7,2$.

Обмеження 5. Найменша подача, що допускається кінематикою верстату, $S \geq S_{ст \min}$. Для верстата 66K20Ф4 $S_{ст \min} = 1$ мм/об. Тоді $x_2 \geq b_5$, де $b_5 = a(1 \cdot 100) = 3,7$.

Обмеження 6. Найбільша подача, що допускається кінематикою верстату, $S \leq S_{ст \max}$. Для верстата 66K20Ф4 $S_{ст \max} = 10000$ мм/об. Тоді $x_2 \leq b_6$, де $b_6 = \ln(10000 \cdot 100) = 13,8$.

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 + 0,5x_2 \leq 7,01 \\ 0,87\tilde{\alpha}_1 + 0,75\tilde{\alpha}_2 \leq 11,26 \\ \tilde{\alpha}_1 \geq 1,6 \\ \tilde{\alpha}_1 \leq 7,2 \\ \tilde{\alpha}_2 \geq 3,7 \\ \tilde{\alpha}_2 \leq 13,8 \end{array} \right\} \quad (7.20)$$

$$f_0 = (x_1 + x_2)_{\max}$$

$$[x_1 + 0,5x_2 \leq 7,01] \quad y(x)$$

$$[0,87x_1 + 0,75x_2 \leq 11,26] \quad y_1(x)$$

$$[x_1 \geq 1,6] \quad y_2(x)$$

$$[x_1 \leq 7,2] \quad y_3(x)$$

$$[x_2 \geq 3,7] \quad y_4(x)$$

$$[x_2 \leq 13,8] \quad y_5(x)$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.07.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

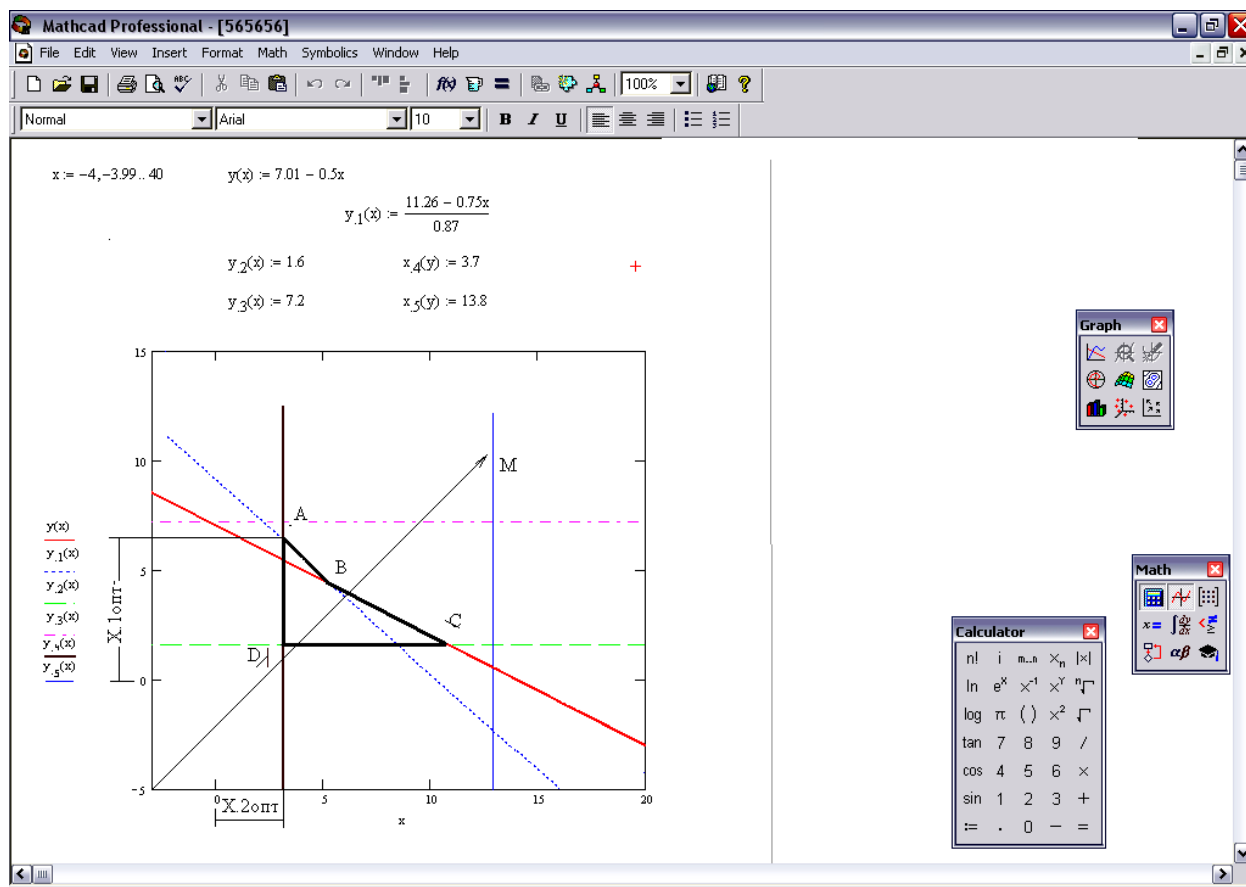


Рисунок 7.6 (а) – Графічна побудова математичної моделі виявлення оптимальних режимів різання

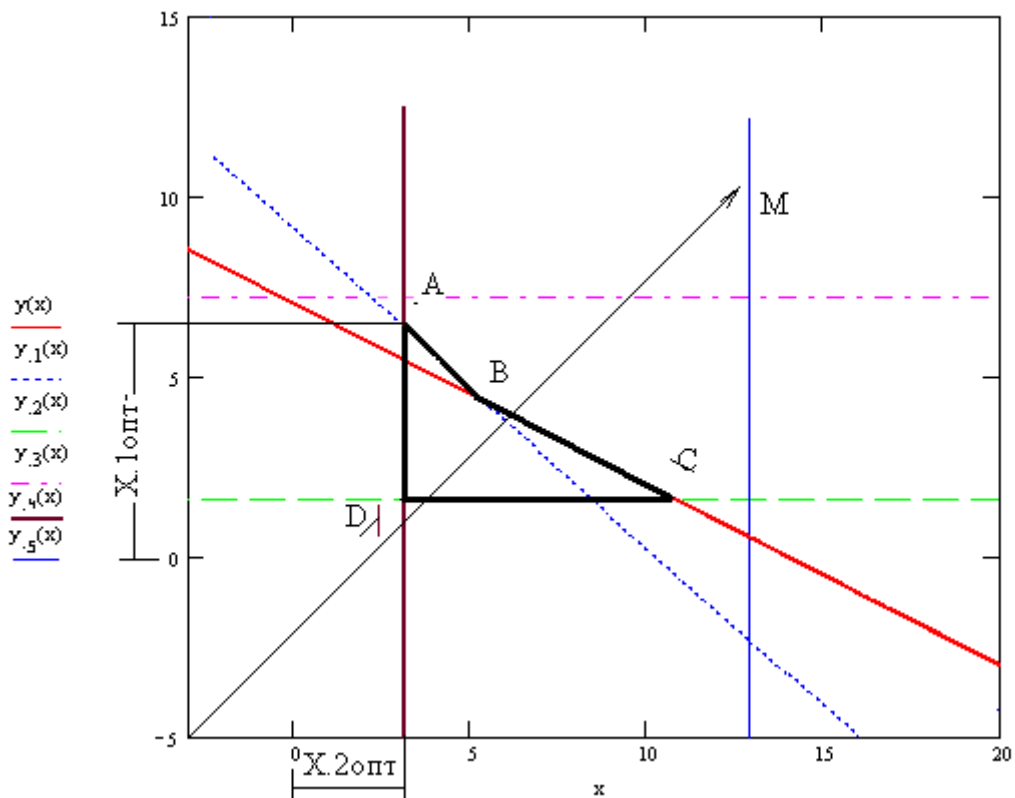


Рисунок 7.6 (б) – Графічна побудова математичної моделі виявлення оптимальних режимів різання

Кожне технічне обмеження представляється граничною прямою, яка відображає напівплощину, де можливе існування рішення системи нерівностей. Гранична прямі, перетинаючись, утворюють багатогранник рішень $ABCD$ (рисунок 7.6), всередині якого люба точка задовольняє усім без винятку нерівностям. Для знаходження оптимальних значень $x_{1\text{ опт}}$ і $x_{2\text{ опт}}$ під кутом 45° до вісі x_1 і x_2 будується вектор максимізації M для оцінної функції $f_0 = (x_1 + x_2)$, яка відображується прямою, перпендикулярною цьому вектору. В точці B , де пряма оцінної функції торкнеться багатогранника рішень, функція приймає мінімальне значення $f_{0\text{ min}}$, а в точці D крайній правій – максимальне $f_{0\text{ max}}$. Координати цієї точки є оптимальними значеннями $x_{1\text{ опт}}$ і $x_{2\text{ опт}}$, вони знаходяться графічно з урахуванням прийнятого масштабу $x_{1\text{ опт}} = 5,3$ і $x_{2\text{ опт}} = 3,7$

Максимальні цифрові значення оптимального режиму різання вираховується по наступним залежностям:

$$n_{onm} = e^{X1_{onm}} = e^{6,3} = 267 \text{ об/хв}$$

$$S_{onm} = \frac{1}{100} \cdot e^{X2_{onm}} = \frac{1}{100} \cdot e^{3,7} = 0,4 \text{ мм/об.}$$

За допомогою програмного продукту Math CAD були отриманні оптимізованні режими різання, частота обертів і подача, які є реальними для використання їх при механічній обробці деталей. Програма Math CAD дозволяє вести розрахунки і будувати математичні моделі для усіх видів обробок і для усіх типів деталей. Отримання режимів різання таким шляхом, значно полегшує роботу і скорочує час на розрахунки.

Функція мети - досягти мінімального значення T_{on} , мета досягнута:

- для токарної обробки $T_{on}=0,9$ хв [$T_{on}=4,26$ хв];
- для свердлильної обробки $T_{on}=0,195$ хв [$T_{on}=0,22$ хв];
- для фрезерної $T_{on}=2,44$ хв [$T_{on}=2,64$ хв].

Значення T_{on} мінімізувалося в 2,31 рази.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.07.НДЧ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8 ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ У СИСТЕМІ SOLIDWORKS SIMULATION

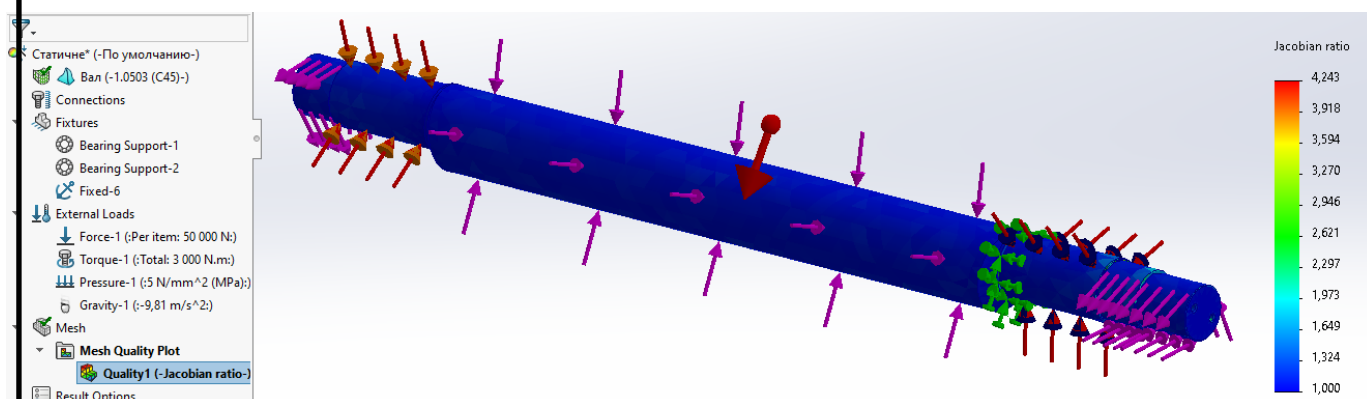
Проведемо інженерний аналіз у САЕ-модулі SolidWorks Simulation. Обираємо тип аналізу – статичний. Мета дослідження – проаналізувати поведінку ексцентрикового валу під впливом діючих навантажень.

Першим кроком призначаємо відповідний матеріал. Найближчими зарубіжними аналогами сталі 45 є AISI 1045, 1.0503 (C45) та 1.191 (C45E), але межа текучості в даних сталях складає в середньому 550 МПа, що значно перевищує межу текучості сталі 45 за ДСТУ 7809:2015 у 355 МПа. Цей фактор призведе до необ'єктивних результатів, тому редагуємо вручну дану характеристику матеріалу (рис. 8.1).

Property	Value	Units
Elastic Modulus	210000.0031	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.28	N/A
Shear Modulus	79000	N/mm ²
Mass Density	7800	kg/m ³
Tensile Strength	750	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	355	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	1.1e-05	/K
Thermal Conductivity	14	W/(m·K)
Specific Heat	440	J/(kg·K)

Рисунок 8.1 – Характеристики матеріалу для дослідження

Додаємо кріплення для імітації підшипників. Ліва опора є плаваючою, а права — жорсткою, для чого обмежуємо рух валу вздовж вісі для відповідного підшипника через кріплення «зафіксована геометрія». Створюємо навантаження у вигляді сили у розмірі 50 кН, що діє на поверхню ексцентрика, обертового моменту 3000 Нм, тиску від підшипників на поверхні шийок 2 МПа та ваги деталі. Результат наведено на рис.8. 2.



					КНУ.КМР. 131.25.1-12.08.ІА		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ У СИСТЕМІ SOLIDWORKS SIMULATION		
Разраб.	Муратов						
Провер.	Кіяновський						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечаєв						
Утверд.	Рязанцев				Лит. Лист Листов		
					89		
					Каф. ТМ гр.ПМ-24м		

Рисунок 8.2 – Кріплення та навантаження, діючі на ексцентриковий вал

Створюємо сітку на основі змішаної кривизни з найбільшим розміром елемента 40 мм (рис. 8.3). При таких налаштуваннях максимальний коефіцієнт Якобіана складає 4,2, що менше 10 та свідчить про високу якість сітки.

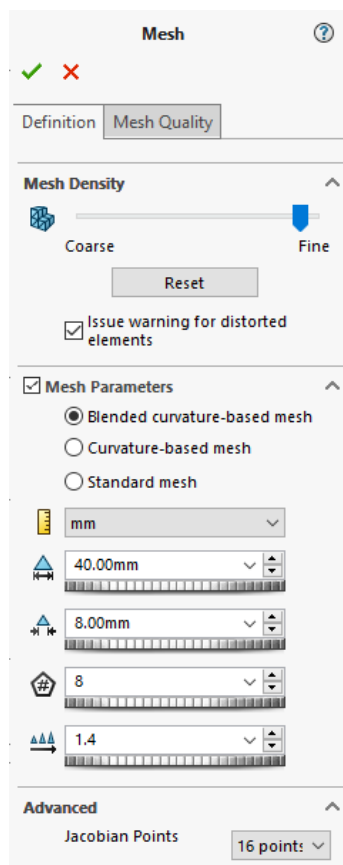


Рисунок 8.3 — Налаштування сітки

Запускаємо дослідження. Результати наведено на рис. 8.4 – 8.8.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.08.1А	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

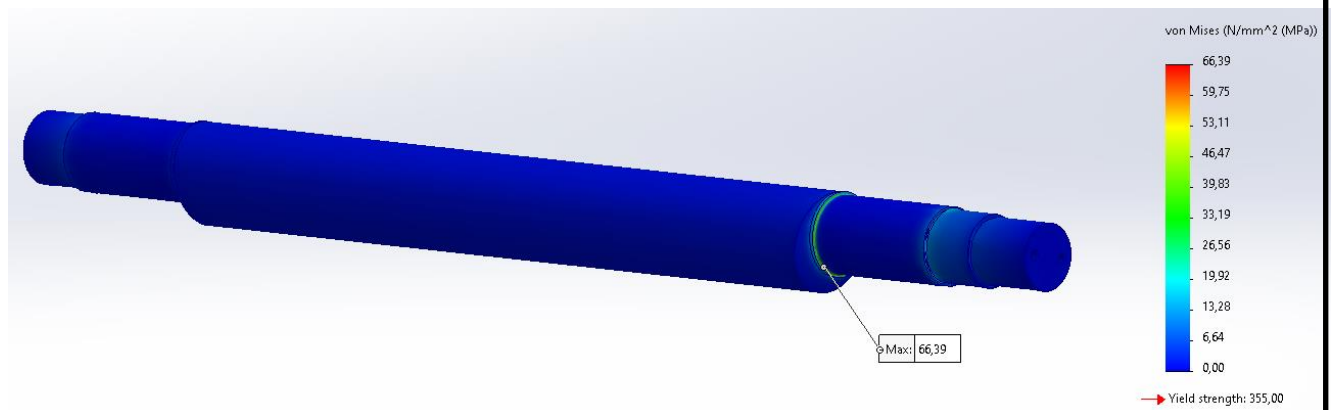


Рисунок 8.4 – Епюра напружень

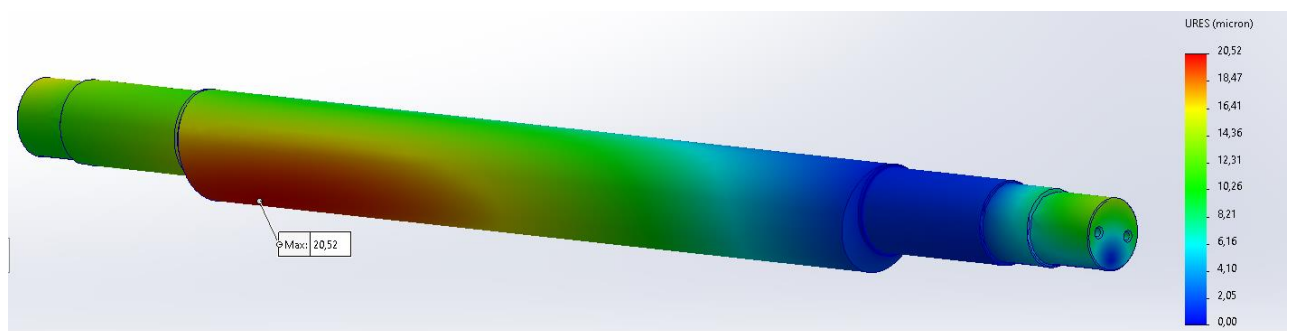


Рисунок 8.5 – Епюра переміщень

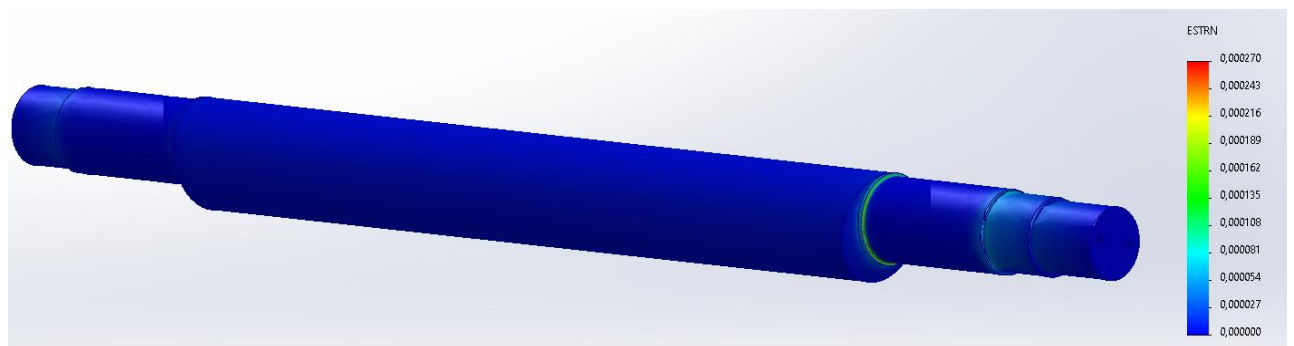


Рисунок 8.6 – Епюра еквівалентної деформації

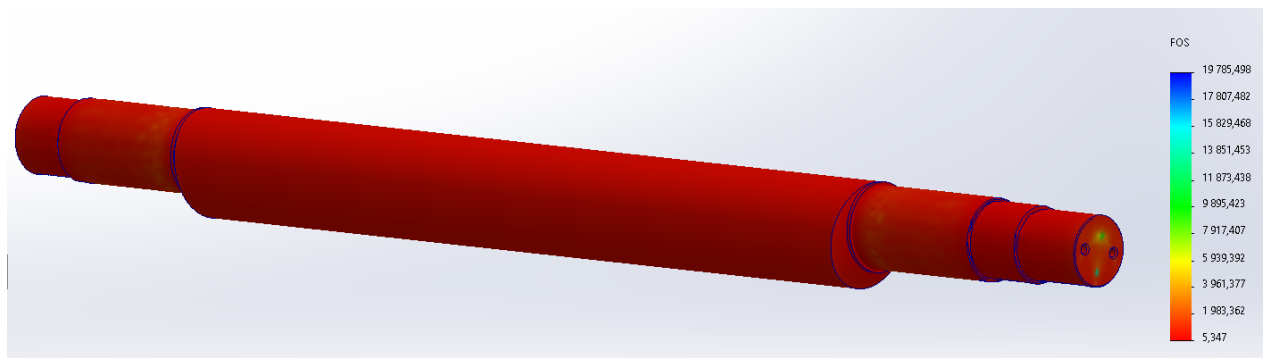


Рисунок 8.7 – Епюра запасу міцності

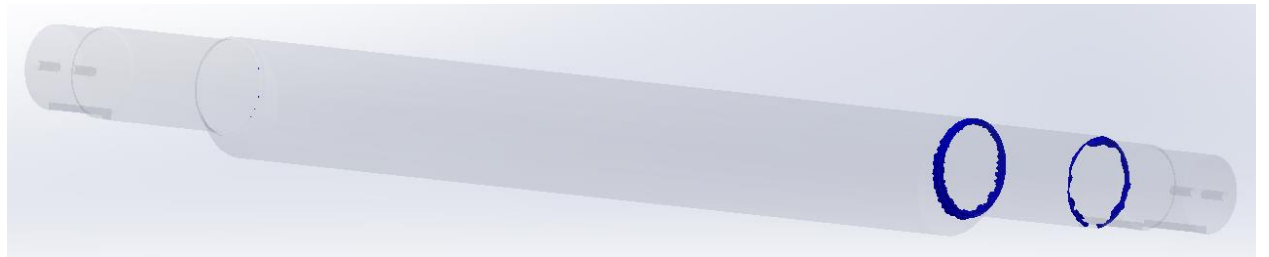


Рисунок 8. 8 – Епюра Design Insight

Як видно з результатів, найбільше напруження складає 66,39 МПа, що значно менше за межу текучості матеріалу. Максимальне переміщення 20,5 мкм, що також є незначним для даних габаритів деталі і не потребує внесення змін до її конструкції. Мінімальний коефіцієнт запасу міцності складає 5,3. Це свідчить про те, що ексцентриковий вал задовольняє вимогам міцності і надійності при заданих режимах роботи.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.08.ІА	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дат		

9 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

9.1 Інженерні засоби захисту

Таблиця 9.1 – Загальні методи

Метод	Використовується для захисту
Віброізоляція та вібропоглинувач	Від вібрації
Заземлення, занулення	Від дії електричного струму
Утеплення	Від переохолодження
Звукоізоляція, звукопоглинання	Від шуму
Використання спеціальних ЗІЗ	Від корозії
Затемнення	Від світлового випромінювання

9.1.1 Розрахунок небезпечної зони

Необхідно оцінити можливу небезпечну зону при роботі крана КАВ-4561 на вильоті $R = 16$ м при підйомі вантажу масою 4 т на висоту $h = 24$ м при кутовій швидкості обертів стріли $\omega = 0,2 \text{ с}^{-1}$.

Знайдемо виліт вантажу по формулі для компактного вантажу

$$S_1 = 0.32 \omega R \sqrt{h} \quad (9.1)$$

$$S_1 = 0.32 \cdot 0.2 \cdot 16 \cdot \sqrt{24} = 5.01 \text{ м}$$

Вітер і парусність вантажу можуть значно збільшити відліт, що даною формою не враховується. Тому по Сніп III-4-80 приймаємо $S_n = 7$ м.

В залежності від погодних умов і габаритів вантажу знайдемо небезпечну зону $S_{o.з.}$, м

для компактних вантажів при погоді без вітру :

$$S_{o.з.} = R + S_1 \quad (9.2)$$

$$S_{o.з.} = 16 + 5.01 = 21.01 \text{ м};$$

для плит і панелей високої парусності при погоді з вітром

$$S_{o.з.} = R + S_n = 16 + 7 = 23 \text{ м}.$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.09.БЖД			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Муратов			БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ		Лит.	Лист
Провер.		Кіяновський						93
Реценз.							Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Н. Контр.		Нечаєв						
Утверд.		Рязанцев						

9.2 Оперативне прогнозування під час виникнення операції – розлив фтору (170 т).

Прогнозування хімічної обстановки при аварії зі СДЯР проводиться з метою планування організації захисту людей, сільськогосподарських тварин, рослин, урожаю, кормів та ін., які можуть перебувати в зоні хімічного зараження.

Для прогнозу масштабів можливого зараження СДЯР безпосередньо після аварії необхідні такі дані:

—загальна кількість СДЯР, яка може бути викинута в атмосферу і характер її розливу на підстилаючу поверхню (вільно, у піддон, на обваловану поверхню);

—висота обвалованої поверхні та піддону;

—метеоумови;

—захищеність населення, сільськогосподарських тварин, кормів, продуктів харчування, урожаю.

При завчасному прогнозуванні масштабів — зараження на випадок аварій за вихідні дані беруть:

—величину викидання СДЯР (h) > які розлились на підстилаючі поверхні. Приймається за 0,05 м по всій площі розливу; для рідин, які розлилися у піддон чи на обваловану поверхню, визначають за формулою

$$h = H \cdot 0,2, \quad (9.3)$$

де H — висота піддону (або обвалування), м;

—ступінь вертикальної стійкості шарів повітря — інверсія;

—температуру повітря +20 °С;

—швидкість вітру 1 м/с.

При функціонуванні в межах адміністративної території двох і більше хімічно небезпечних об'єктів і накладанні зон можливого зараження одна на одну визначення чисельності населення, що може потрапити в зону зараження, здійснюється з розрахунку одноразового зараження території максимальною зоною можливого зараження СДЯР.

Зона можливого хімічного зараження — це площа кола з радіусом, який дорівнює глибині поширення хмари зараженого повітря з уражаючою токсодозою (концентрацією).

Прогнозування масштабів зараження — це визначення глибини і площі можливого і фактичного зараження території СДЯР, часу підходу зараженого повітря і небезпеки ураження людей, тварин і рослин.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.09.БЖД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Площа зони фактичного зараження — це територія з небезпечними для життя людей і тварин межами.

Площу можливого зараження первинною (або вторинною) хмарою СДЯР визначають за формулою

$$S_m = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi \quad (9.4)$$

де, S_m — площа зони можливого зараження СДЯР, км²;

Γ — глибина зараження, км;

φ — умовний розмір зони можливого зараження.

$$S_m = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 4^2 \cdot 90 = 12,56$$

Первинна хмара СДЯР утворюється в результаті миттєвого (1—3 хв) переходу в атмосферу частин вмісту резервуару зі СДЯР при його руйнуванні.

Вторинна хмара — це хмара СДЯР, яка утворюється в результаті випаровування речовини, що розлилася — підстилаючої поверхні.

Площу зони фактичного зараження S_ϕ (км²) розраховують за формулою

$$S_\phi = K \cdot \Gamma^2 \cdot t^{0,2} \quad (9.5)$$

де, K — коефіцієнт, який залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря, приймається рівним 0,081 — при інверсії, який пройшов після аварії, год.

$$S_\phi = 0,081 \cdot 4^2 \cdot 4^{0,2} = 1,71$$

Оцінювання хімічної обстановки передбачає визначення розмірів зон хімічного зараження і осередків хімічного ураження, часу підходу зараженого повітря до певного об'єкта, меж населеного пункту або сільської чи лісогосподарських угідь, тривалості уражаючої дії і можливих втрат людей в осередку хімічного ураження.

Розміри зони характеризуються глибиною поширення і шириною.

Площа зони хімічного зараження з вражаючою концентрацією визначаємо за формулою

$$S = 1/2 \Gamma \Pi = 0,03/2 \cdot \Gamma^2 = 0,24 \text{ м}^2$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.09.БЖД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Час підходу зараженого повітря до певної межі (об'єкта) t визначається діленням відстані B (м) від місця розливу СДЯР до даної межі (об'єкта) на середню швидкість v перенесення хмари вітром (м/с).

Хмара зараженого повітря поширюється на висоти, де швидкість вітру більша, ніж біля поверхні землі, тому й середня швидкість поширення зараженого повітря буде більшою порівняно зі швидкістю вітру на висоті 1 м.

$$t = \frac{R}{v_{\text{ср}} \cdot 60} \quad (9.6)$$

де, R – відстань від місця розливу СДЯР, км;

$v_{\text{ср}}$ – середня швидкість перенесення зараженої хмари вітром, м/с.

$$t = 8000 / 7 \cdot 60 = 19 \text{ хв.}$$

Висновок: Аналіз вихідних даних, застосування рекомендацій з використання інженерних методів захисту забезпечать високу працездатність працівників та їх безпечні та нешкідливі умови праці.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.09.БЖД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВИСНОВКИ

Магістерська випускна робота представляє собою проектування та оптимізацію конструкторсько - технологічних засад виготовлення вібратора грохота, а саме технологічного процесу його складання і технологічного процесу виготовлення валу ексцентрикового, як деталей генерації вібрацій збагачувального обладнання.

Вдосконалювався базовий заводський технологічний процес застосуванням сучасних CAD/CAM/CAE технологій та методів оптимізації з метою зниження собівартості виготовлення деталі, підвищення якості поверхонь, продуктивності праці.

Були проведені техніко-економічні обґрунтування виробу методів отримання заготовки для валу ексцентрикового і вибору обладнання з ЧПК.

Розмірний аналіз конструкторського розмірного ланцюга дозволив вибрати оптимальний метод складання – неповної взаємозамінності, а розмірний розрахунок діаметральних і лінійних розмірних ланцюгів – точність міжопераційних припусків і допусків.

За допомогою програмного продукту Mach Cad, були оптимізовані режими різання механічної обробки валу ексцентрикового. Результати, що були отриманні є реальними і можуть бути реалізовані на підприємстві.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.В						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Муратов			ВИСНОВОК			Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Кіяновський								97	
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м			
Н. Контр.		Нечаєв									
Утверд.		Рязанцев									

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білецький В.С., Олійник Т.С., Смирнов В.О., Скляр Л. В. Основи техніки та технології збагачення корисних копалин: навчальний посібник. К.: Ліра-К. 2020. 634 с.
2. С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
3. Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля М.Ф., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, - 860 с.
4. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с. URL: <http://surl.li/fmeiv>
5. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
6. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковани для машинобудування
7. ДСТУ 7505-89 Поковки сталеві штамповані
8. ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації до підготовки зварних з'єднань.
9. ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
10. ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
11. ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
12. 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.
13. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
14. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ, 1996.
15. ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні.
17. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля М.Ф., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
19. Кузнецов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль. ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.
20. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.СВД			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Муратов				СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		Лит.	Лист
Провер.	Кіяновський							98
Реценз.							Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Н. Контр.	Нечаєв							
Утверд.	Рязанцев							

21.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.

21. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ. вищ. закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.

22.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.

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.

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 магістерської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Технологія машинобудування усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2025.

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.СВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Додаток

АЛЬБОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

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

на тему: Проектування та оптимізація конструкторсько -
технологічних засад виготовлення деталей генерації вібрацій
збагачувального обладнання.

Виконав: ст. групи ПМ-24м

Муратов Є.В.

Керівник роботи

д.т.н, професор
Кіяновський М.В.

Нормоконтроль

к.т.н., доцент Нечаєв В.П.

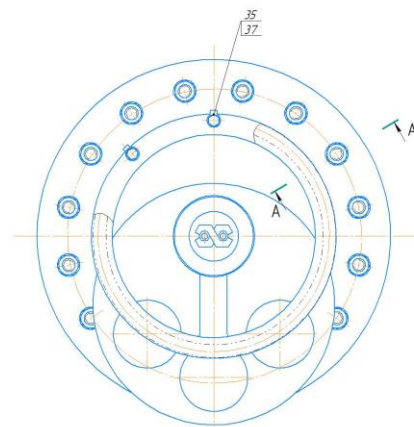
Завідувач кафедри

к.т.н., доцент Рязанцев А.О.

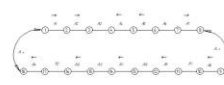
Кривий Ріг
2025 р.

№ ряда	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1					
2					
3					
4					
5					
6			<u>Графічні матеріали</u>		
7	A1	КНУ. КМР.131.25.1-12.В	Вібратор (складальне креслення)	1	
8	A2	КНУ. КМР.131.25.1-12.ВЕ	Вал ексцентриковий	1	
9	A2	КНУ. КМР.131.25.1-12.ВЕ	Вал ексцентриковий (виливка)	1	
10	A1	КНУ. КМР.131.25.1-12.ЕО	Ескізи операцій		
11	A0	КНУ. КМР.131.25.1-12.ВІН	Верстатно- інструментальне налагодження	1	
12	A1	КНУ. КМР.131.25.1-12.ВП	Верстатне пристосування	1	
13	A2	КНУ. КМР.131.25.1-12.КП	Контрольне пристосування	1	
14	A1	КНУ. КМР.131.25.1-12.НДЧ	Науково-дослідна частина	2	

					КНУ.КМР. 131.25.1-12.ВОГЧ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Муратов			ВІДОМІСТЬ ОБСЯГУ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ			Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Кіяновський								103	
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м			
Н. Контр.		Нечасв									
Утверд.		Рязанцев									

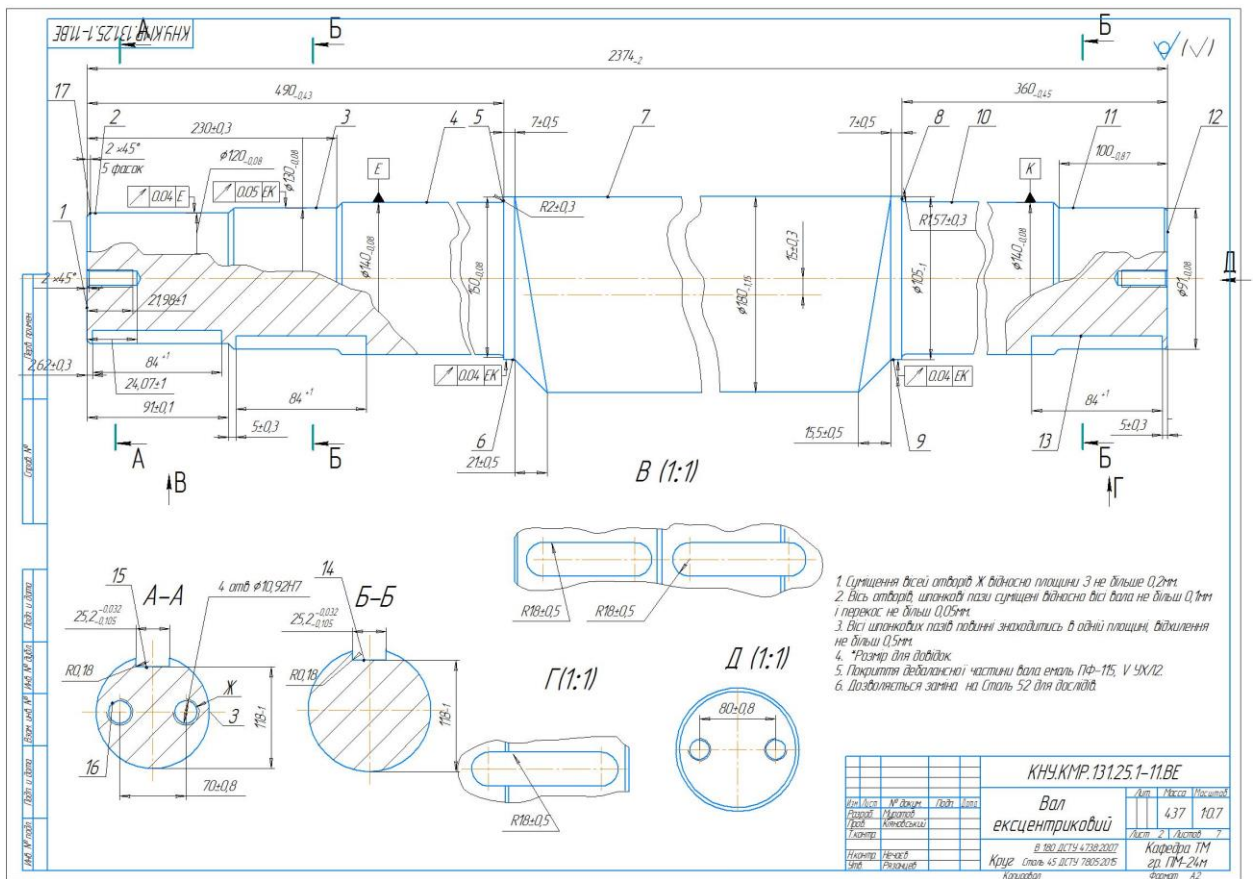


Личный розничный покупатель



1. Розміри для справок.
2. В зібраному вигляді у вибратор при обертанні вала від руки не повинно спостерігатися третя в лабиринтних ущільненнях.
3. Лабиринти зазори і підшипники заповнити смазкою ЦІАТИМ-203.

				КНУКМР.131.251-12В			
				Вибратор			
				(складальне креслення)			
				Кресло ТМ зр. ТМ-244			

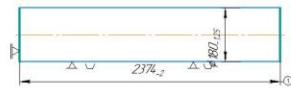


Операция 005.
Торце-фрезерно-центральнона
Верстат 2А913

√ Ra 12,5



Наименование операции	f	S	n	V	To
Фрезеровать торцевые поверхности	4	0,2	368	21	2,38
А диаметр 1					



Наименование операции	f	S	n	V	To
Фрезеровать торцевые поверхности	2	0,2	368	21	3,36
А диаметр 1					

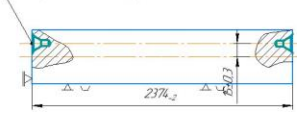
Центровочный отвір А14



Наименование операции	f	S	n	V	To
Центровочный отвір в размер 1	2	0,24	550	44	0,038

КНУКМР.13125-1-12Е0

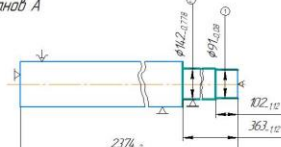
Центровочный отвір А14



Наименование операции	f	S	n	V	To
Центровочный отвір в размер 1	2	0,36	550	110	3,36

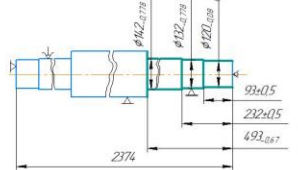
Операция 010.
Токарна чорнаба
Верстат 1А665
Установ А

√ Ra 12,5



Наименование операции	f	S	n	V	To	Тит
Начертать точилу диаметра в размер 2	125	0,53	230	89	2,6	25
Начертать точилу диаметра в размер 1	87	0,62	230	87	11	11

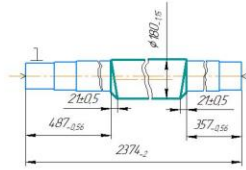
Установ Б



Наименование операции	f	S	n	V	To	Тит
Начертать точилу диаметра в размер 1	87	0,62	230	87	15,04	25
Начертать точилу диаметра в размер 2	3,5	0,7	230	84	5,91	25
Начертать точилу диаметра в размер 3	3	0,7	230	84	2,09	25

Операция 015.
Токарна
Верстат 1А665

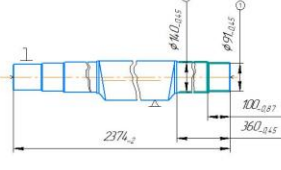
√ Ra 12,5



Наименование операции	f	S	n	V	To	Тит
Выточить эксцентрик	0,7	230	84	81	12,4	25

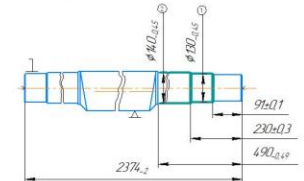
Операция 020.
Токарна чистаба
Верстат SPH 50 CN
Установ А

√ Ra 3,2



Наименование операции	f	S	n	V	To	Тит
Чистота обработка задних поверхностей в размер 1	6	0,2	320	84,5	6,9	25
Чистота обработка задних поверхностей в размер 2	7,5	0,2	320	84,0	16,5	25

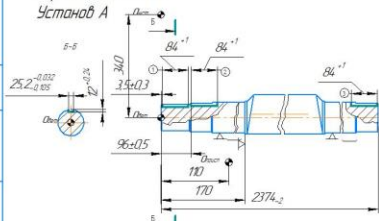
Установ Б



Наименование операции	f	S	n	V	To	Тит
Чистота обработка задних поверхностей в размер 1	6	0,2	320	84,5	12,1	25
Чистота обработка задних поверхностей в размер 2	15	0,3	320	80	5,5	25

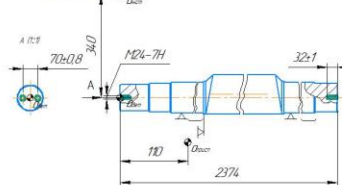
Операция 025.
Фрезерно-сверлильная
Верстат 66К20Ф4
Установ А

√ Ra 6,3



Наименование операции	f	S	n	V	To	Тит
Фрезеровать проточки	0,2	0,57	267	21	54,76	25
использовать паз в размер 1 и 2						

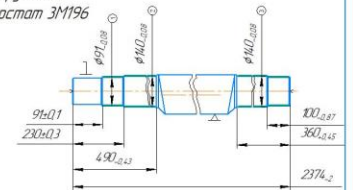
Установ Б



Наименование операции	f	S	n	V	To	Тит
Сверление отбора	9	0,35	4	80	1,28	25
Сверление отбора	3	0,4	74	74	1,72	25
Зенкование отбора	2	0,17	250	0,15	0,15	25
Нарезание резьбы	0,025	85	300	10	1,32	25

Операция 030.
Шлифовальная
Верстат 3М196

√ Ra 1,6



Наименование операции	f	S	n	V	To	Тит
Шлифование шейки в размер 1	0,025	0,25		54		25
Шлифование шейки в размер 2	0,025	0,25		13		25
Шлифование шейки в размер 3	0,025	0,25		54		25
Шлифование шейки в размер 4	0,025	0,25		13		25

КНУКМР.13125-1-12Е0

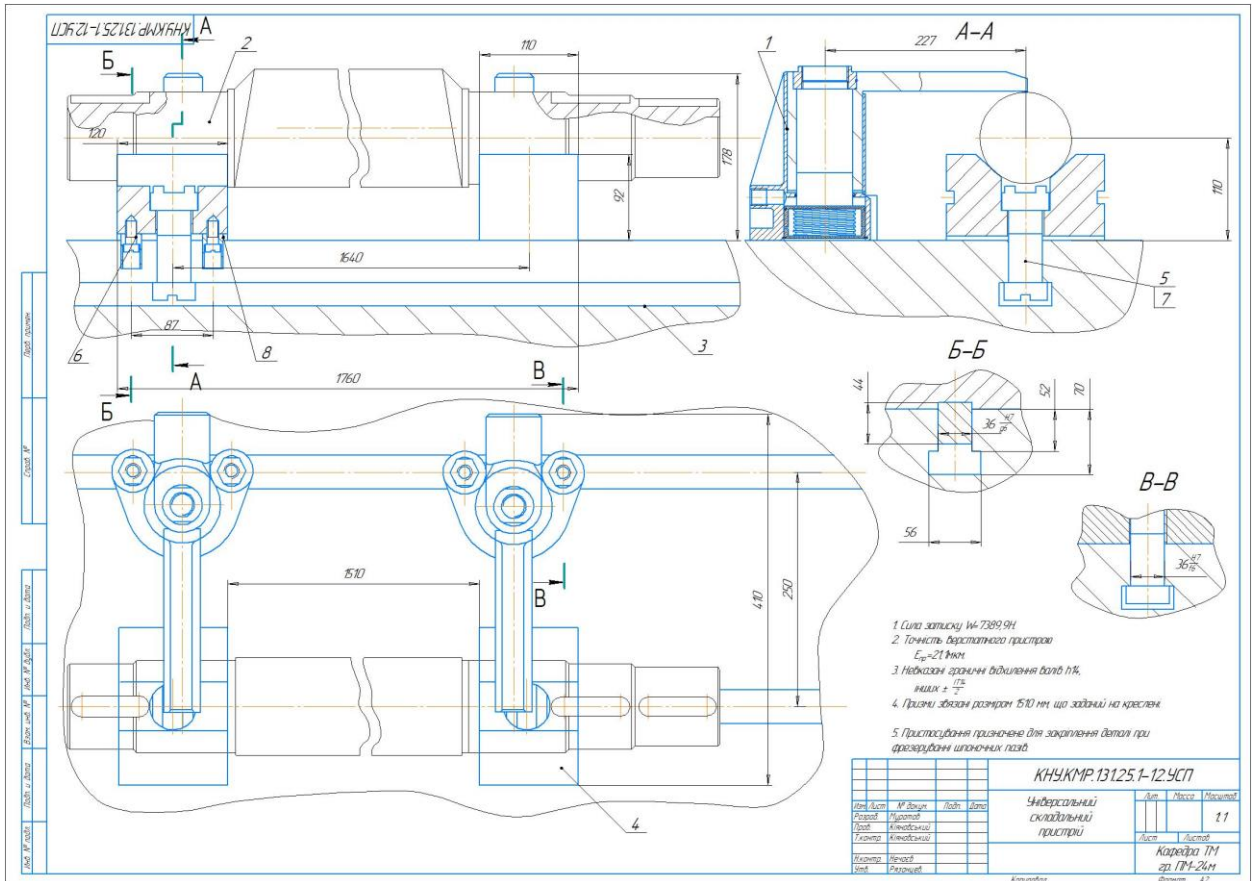
Ескізи операції

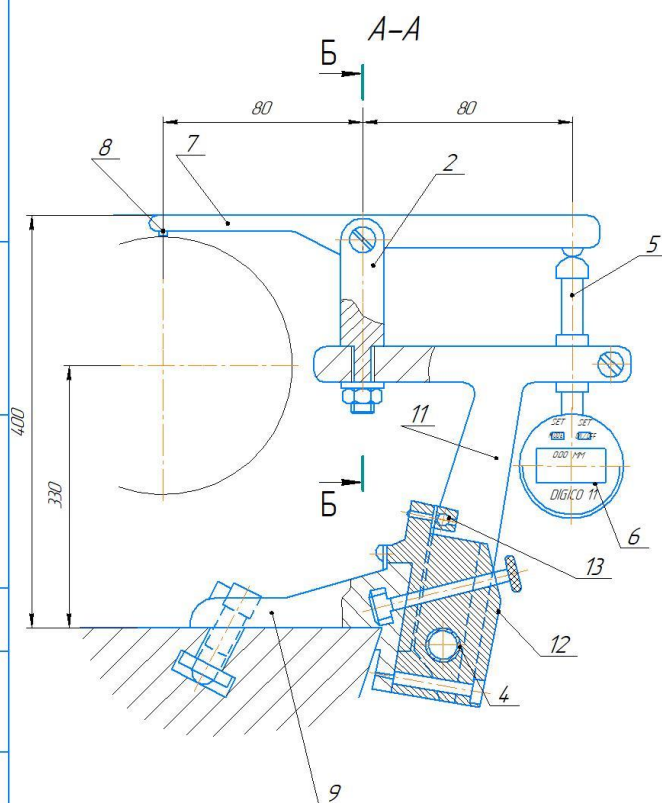
Лист 1

Кордони ТМ

до ПР-26м

Вироб АТ





КНУ .КМР.131.25.1-12.КП

Лист	Масса	Масштаб
		1:5
Лист	Листов	1
Кафедра ТМ		
гр. ПМ-24м		
Формат А2		

Изн./Лист		№ докум.	Подп.	Дата	
Разработ		Муратов			
Проб.		Кияновский			
Т.контр.		Кияновский			
Н.контр.		Нечаев			
Утв.		Рязанцев			

Κορυφοβάλ

Формат А2

