

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

## КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

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

на тему: Розробка та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення приводу руху завантажувальної машини МППЗ з використанням методів прикладної механіки на основі CAD/CAM систем

Проектував ст.гр. ПМ-21ск

Материнський Б.А.

Керівник роботи

докт.техн.наук.,проф.  
Кіяновський М.В.

Кривий Ріг  
2024 р

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА  
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

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

на тему: Розробка та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення приводу руху завантажувальної машини МППЗ з використанням методів прикладної механіки на основі CAD/CAM систем

Проектував ст.гр. ПМ-21ск

/Материнський Б.А./

Керівник роботи

/докт.техн.наук., проф.  
Кіяновський М.В./

Нормоконтроль

/ к.т.н., доц. Рязанцев А.О./

Завідувач кафедри

/\_к.т.н., доц. Нечаєв В.П./

Кривий Ріг  
2024 р

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

Затверджую  
Зав. кафедри ТМ к.т.н. доц., Нечаєв В.П.

---

(підпис)

---

(дата)

## ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Студент гр. ПМ-21ск Материнський Богдан Андрійович

Тема: Розробка та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення приводу руху завантажувальної машини МППЗ з використанням методів прикладної механіки на основі CAD/CAM систем

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

Тема затверджена наказом по КНУ № 253с від “08”04 2024 р.

**2. Термін подання студентом закінченого проекту** 3 червня 2024 р.

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

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

**4. Зміст пояснювальної записки:**

АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА

Інженерне обґрунтування конструкцій розрахунком конструкторських розмірних ланцюгів  
Статичний аналіз деталі “Вал” в Solid Works

АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Аналіз якості поверхонь деталей

Вибір типу виробництва. Задачі проектування

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Моделювання та програмування операцій механічної обробки за допомогою FeatureCAM. Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

Захист від шуму та ультразвуку. Методи боротьби із шумом

Оцінка техніко-економічної ефективності виробництва

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

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

верстатно - інструментального налагодження 6 Креслення верстатного

оснащення 7 Креслення контрольного оснащення

## 6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА 1.1 Інженерне обґрунтування конструкцій розрахунком конструкторських розмірних ланцюгів 1.1.1 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга 1.1.2 Розрахунок кутового розмірного ланцюга 1.1.3 Складання схеми складального з'єднання 1.2 Статичний аналіз деталі "Вал" в Solid Works Simulation Креслення складального вузла	До 28.04 2024р.
2 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ 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 деталі 2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування 2.6 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування. 2.7 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок Креслення деталі. Креслення заготовки.	02.05 2022р.- 20.05.2024р.
3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ 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 3.6 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку 3.7 Вибір верстатного оснащення 3.8 Проектування контрольного пристрою 3.9 Моделювання та програмування операцій механічної обробки за допомогою FeatureCAM. Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК	з 31.05.2024р.
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 4.1 Захист від шуму та ультразвуку. Методи боротьби із шумом 4.2 Оцінка техніко-економічної ефективності виробництва Попередній захист	до 03.06 2024р. 10.06 2024р.

Дата видачі завдання: "08" 04 2024р.

Студент \_\_\_\_\_ / Материнський Б.А./

Керівник роботи \_\_\_\_\_ /Кяновський М.В./

## РЕФЕРАТ

Об'єкт проектування – технології виготовлення деталей приводу руху завантажувальної машини МППЗ.

Мета роботи: розробка іноваційного технологічного процесу механічної обробки деталі приводу - валу. Перехід від заводського технологічного процесу до удосконаленого дозволив скоротити час механічної обробки і тривалість конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. Для дослідження надійності конструкцій були використані CAD/CAE технології моделювання та статичного дослідження в Solid Works.

Також було виконано розробку верстатного і контрольного пристроїв і розраховано точність цих пристроїв.

Використання верстатів з ЧПК дало можливість використати САМ систему Feature CAM для програмування операцій та провести техніко-економічне обґрунтування його використання.

ЧАШОВИЙ ОГРУДКУВАЧ, ПРИВІД, ВАЛ, ТЕХНОЛОГІЇ, САД  
САМ,САЕ ТЕХНОЛОГІЇ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, КОНСТРУКЦІЇ,  
НАДІЙНІСТЬ

## ABSTRACT

The object of the design is the technology of manufacturing parts of the movement drive of the loading machine of the MPPZ.

The purpose of the work: development of an innovative technological process of mechanical processing of the drive part - shaft. The transition from the factory technological process to the improved one made it possible to reduce the time of mechanical processing and the duration of the design and technological preparation of production.

To study the reliability of structures, CAD/CAE modeling and static research technologies in Solid Works were used.

The machine tool and control devices were also designed and the accuracy of these devices was calculated.

The use of CNC machines made it possible to use the Feature CAM CAM system for programming operations and conduct a technical and economic substantiation of its use.

BOWL COVER, DRIVE, SHAFT, TECHNOLOGIES, CAD CAM, SAE  
TECHNOLOGIES, EFFICIENCY, DESIGNS, RELIABILITY

*КНУ.КБР.131.24.2-02.01.Р*

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Материнський			Літ.	Арк.	Аркуші
Перевірів		Кіяновський					
Н. Контр.		Рязанцев			РЕФЕРАТ Каф.ТМ, гр ПМ -21ск		
Затверд.		Нечаєв					

# ЗМІСТ

## Вступ

### 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА

#### 1.1 Інженерне обґрунтування конструкцій розрахунком конструкторських розмірних ланцюгів

##### 1.1.1 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга

##### 1.1.2 Розрахунок кутового розмірного ланцюга

##### 1.1.3 Складання схеми складального з'єднання

#### 1.2 Статичний аналіз деталі “Вал” в Solid Works

### 2 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

#### 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 деталі

#### 2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування

#### 2.6 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування.

#### 2.7 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

#### 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

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.3</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Материнський</i>			<i>ЗМІСТ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Кіяновський</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасєв</i>						
						<i>Каф.ТМ , гр ПМ -21ск</i>		

3.6 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.7 Вибір верстатного оснащення

3.8 Проектування контрольного пристрою

3.9 Моделювання та програмування операцій механічної обробки за допомогою FeatureCAM. Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК

#### 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4.1 Захист від шуму та ультразвуку. Методи боротьби із шумом

4.2 Оцінка техніко-економічної ефективності виробництва

ВИСНОВКИ

Список використаних джерел

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.3</i>	<b>Арк.</b>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВСТУП

Машинобудування, яке постачає продукцію всім галузям народного господарства відіграє важливу роль у розвитку науково-технічного прогресу України. Однією з найважливіших задач є розробка технологічних процесів виготовлення деталей з урахуванням наукових технологій та умов конкурентноздатності деталі та виробу. Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість випускаємої продукції в багатьох випадках залежить від розвитку виробництва нового обладнання гірничо-металургійного комплексу.

При цьому дуже важливо орієнтувати бакалаврську роботу на основні напрямки технічного прогресу в машинобудуванні на розробку ресурсозберігаючих технологій, підвищення якості продукції, комплексну автоматизацію проектування та виробництва за рахунок CAD/CAM/CAE технологій.

Темою даної роботи є «Розробка та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення приводу руху завантажувальної машини МППЗ з використанням методів прикладної механіки на основі CAD/CAM систем».

Реалізація цієї мети буде здійснюватись за рахунок вибору прогресивного технологічного процесу, проектуванням і виготовленням заготовки найбільш доцільнішим способом, вибором сучасного автоматизованого обладнання, розрахунком прогресивних режимів різання.

При виконанні кваліфікаційної роботи, прийняття рішень по вибору варіантів технологічних процесів, обладнання, оснащення, методів отримання заготовки, виконується на основі техніко-економічних розрахунків, що дає можливість запропонувати оптимальний варіант.

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.В</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Материнський</i>				<i>ВСТУП</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Кіяновський</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасв</i>							
						<i>Каф.ТМ, гр ПМ-21ск</i>		



## 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА

Завантажувальна машина МППЗ колісно-рельсова пневматична, періодичної дії прямого навантаження висадженої гірничої маси у транспортні засоби при підземній розробці корисних копалин, а також .будуванні підземних споруд, у тому числі в шахтах, які небезпечні у відношенні вибуху газу або пилу, або у місцях скупчення розпушеної гірської маси на поверхні.



Рисунок 1.1-Завантажувальна машина МППЗ

МППЗ (Кривий Ріг, Україна) має продуктивність 2,0 м<sup>3</sup>/хв, місткість ковша 0,6 м<sup>3</sup>, ширина захоплення 2,7-3,2 м, максимальний розмір шматка матеріалу 600 мм, маса машини 6,7 т.

Машина завантажувальна МППЗ містить наступні складальні одиниці: механізм переміщення, поворотну платформу, пульт керування, механізм підйому, робочий орган, щити лівий та правий.

Механізм переміщення завантажувальної машини призначений для створення поворотного зусилля при заглиблюванні ковшу в штабель гірської маси. Він складається із триступінчатої циліндричної зубчатої передачі, яка розміщена в сталевому литому корпусі, що має роз'єм у горизонтальній площині. Передача обертання на ходові колеса здійснюється від двох пневмомоторів.

Робота завантажувальної машини МППЗ полягає в тому, що машина по колії під'їжджає до розпушеного штабелю гірської маси та на відстані 1...1,5 м від нього ківш опускається на колії. При зустрічі із штабелем, механізмом переміщення здійснюється деяке зусилля для заглиблення ковша.

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.01.АСП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Материнський</i>			<i>РЕФЕРАТ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Кіяновський</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф.ТМ , гр ПМ -21ск</i>			
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасв</i>						

Машина працює на абразивний знос, вдари, переносить вібрацію, спроможна працювати в агресивній зовнішній середі, витримує температур від плюс +40°С до мінус - 40°С.

Споживачами машини є підземні гірничорудні та вугільні підприємства, підприємства по будівництву підземних споруд.

## 1.1 Інженерне обґрунтування конструкцій розрахунком конструкторських розмірних ланцюгів

Для визначення надійності конструкції при складанні та методу складання розраховуємо розмірні ланцюги.

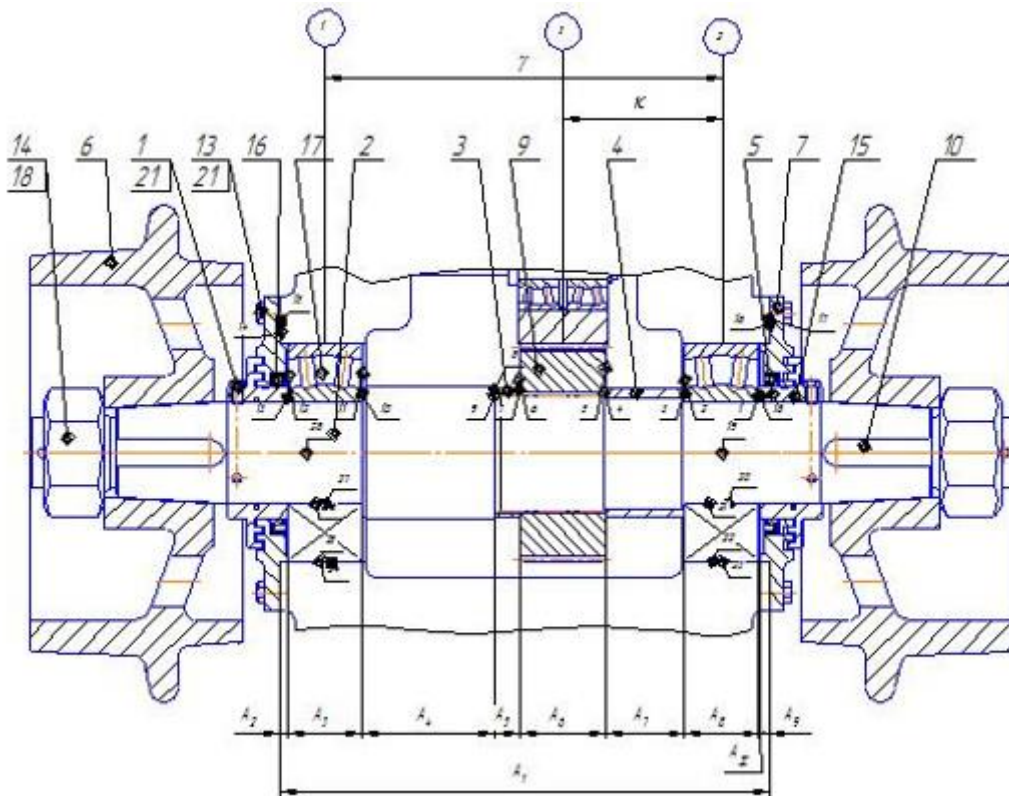


Рисунок 1.1-Побудова розмірних ланцюгів

### 1.1.1 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга

Номінальний розмір замикаючої ланки визначається за формулою:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_{j=1}^m \vec{A}_j \quad (1.1)$$

де  $\vec{A}_i$  - номінальний розмір збільшуючої ланки,

$\vec{A}_j$  - номінальний розмір зменшуючої ланки,

$n$  - кількість збільшуючих ланок в ланцюгу,

$m$  - кількість зменшуючих ланок в ланцюгу.

Допуск замикаючої ланки визначаємо за формулою:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

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

де  $T_{Ai}$  - допуски складових ланок,

$\beta_i$  - торцеве биття спряжених поверхонь,

$n$  - кількість ланок в ланцюгу.

Граничні відхилення замикаючої ланки визначаємо за граничними відхиленнями:

$$es_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (e\vec{s}_i + \vec{\beta}_i) - \sum_{j=1}^m e\vec{i}_j$$

$$ei_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n e\vec{i}_i - \sum_{j=1}^m (e\vec{s}_j + \vec{\beta}_j) \quad (1.3)$$

де  $e\vec{s}_i, e\vec{i}_i, \vec{\beta}_i$  - відповідно верхнє, нижнє відхилення, торцеві биття збільшуючих ланок,

$e\vec{s}_j, e\vec{i}_j, \vec{\beta}_j$  - відповідно верхнє, нижнє відхилення, торцеві биття зменшуючих ланок,  $n$  - кількість збільшуючих ланок в ланцюгу,  $m$  - кількість зменшуючих ланок в ланцюгу.

Данні заносимо у таблицю 1.1.

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.01.АСП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Змі.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
КНУ.КБР.131.24.02-02.01.АСП	
Арк.	

Таблиця 1.1 – Розрахунок лінійного розмірного ланцюга

Призначення розмірного ланцюга	Ланцюг А – забезпечення зазору між кришкою та підшипником	Значення вихідного ланцюга		Розрахункові величини					
Схема розмірного ланцюга		Вихідні данні			Розрахункові величини				
		Позначання ланок	Номінальні розміри	i	Квалітет	Допуск	Розміри з відхиленням	$\Delta C_i$	
		$A_1$	481	4,0	14	155	$480_{-0,155}$	-0,775	
		$A_2=A_9$	8,5	0,9	16	0,9	$8,5_{-0,45}$	0	
		$A_3=A_8$	73	1,9	ст.	0,15	$73_{-0,15}$	-0,075	
		$A_4$	130	2,5	14	10	$130_{-1}$	-0,5	
		$A_5$	25	1,3	14	0,52	$25_{-0,52}$	-0,251	
		$A_6$	85	2,2	14	0,87	$85_{-0,87}$	-0,435	
		$A_7$	78	1,9	14	0,74	$78_{-0,74}$	-0,37	
		$A_{\Sigma}$	0				7,23	$0_{-4,53}$	0,915
					$\Sigma=15,3$				
		$\beta_2=\beta_{12}$	73		ст.	0,025		$0,0125$	
		$\beta_4$	78		12	0,04		$0,02$	
		$\beta_6$	85		12	0,04		$0,02$	
		$\beta_8$	25		12	0,01		$0,005$	
		$\beta_{10}$	130		12	0,1		$0,05$	
		$\beta_{14}$	8,5		12	0,01		$0,005$	
		$\beta_{16}$	481		12	0,2		$0,1$	
Найменування ланок ланцюга		$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n A_i - \sum_{j=1}^m A_j = 8,5 + 73 + 130 + 25 + 85 + 78 + 73 + 8,5 - 481 = 0 \text{ мм}$ $T_{\Sigma} = \sum (T_{A_i} + \beta_i) = 0,9 + 0,15 + 1 + 0,52 + 0,87 + 0,74 + 0,15 + 0,9 + 1,55 + 0,025 + 0,04 + 0,04 + 0,01 + 0,1 + 0,025 + 0,01 + 0,2 = 7,23 \text{ мм}$ $\Delta C_{\Sigma} = \sum (\Delta C_i + \frac{\beta_i}{2}) - \sum (\Delta C_j + \frac{\beta_j}{2}) = (-0,775 + 0,1) - (0 - 0,075 - 0,5 - 0,251 - 0,435 - 0,37 - 0,075 + 0 + 0,0125 + 0,02 + 0,02 + 0,005 + 0,05 + 0,0125 + 0,005) = -0,915 \text{ мм}$ $es_{\Sigma} = \sum (es_i + \beta_i) - \sum ej = 0 + 0,2 - (-0,45 - 0,15 - 1 - 0,52 - 0,87 - 0,74 - 0,15 - 0,45) = 4,53 \text{ мм}$ $ei_{\Sigma} = \sum (ei_j - \sum (es_j + \beta_j)) = (-1,55) - (0,45 + 0,45 + 0,025 + 0,04 + 0,04 + 0,01 + 0,1 + 0,025 + 0,01) = -2,7 \text{ мм}$							

### 1.1.2 Розрахунок кутового розмірного ланцюга

Виділяємо три розрізи, через котрі проводимо вертикальні лінії з номерами. Розрізи 1 – 2 проходять крізь опори вала та утворюють основний кутовий розмірний ланцюг  $\gamma$ , який відповідає за положення вала в корпусі. Всім осям та поверхням, які потрапили у ці перетини, призначаються порядкові номери.

Ланцюг  $\gamma$  котрий визначає відносний зсув та перекіс осей вала в підшипникових опорах.

Ланцюг  $\kappa$  визначає перекіс шестерні відносно опори 2.

Ланцюг  $\gamma$  складається з наступних величин:

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

$S_2 = S_3$  - посадка зовнішнього кільця підшипника у корпус;

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

$e_{13} = e_{22}$  - ексцентриситет посадочних шийок вала;

$e_{17}$  - зсув осей отвору у корпусі.

Вибір стандартних значень.

Величина вихідною ланки  $e_\Sigma$  визначається з зачеплення блоку шестерень по ступеню точності на всі норми 8 та виду бокового зазору C, тобто зачеплення 8-C. Для міжцентрової відстані граничні відхилення міжвісьової відстані  $f_a = \pm 50$  мкм. Вихідне значення вибирається як половина допуску, тобто  $[e_\Sigma = \pm 0,025]$  мм,  $[Te_\Sigma = 0,05]$  мм.

Бічний зазор розраховано для компенсації похибок виготовлення та складання, температурних деформацій та вільному розміщенню мастила. У нашому випадку для перетину 3 знаходимо за таблицею гарантований бічний зазор  $f_n = 100$  мкм.

Дані заносимо у таблицю 1.2.

Після розрахунків кутових розмірних ланцюгів ми визначили, що перекося осей вала під зубчасте колесо значно менше за припустимі значення

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.01.АСП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Розрахунок кутового розмірного ланцюга

Призначення розмірного ланцюга	Визначення величини відносного зсуву та відносного перекосу осі валу у підшипникових опорах	Значення вихідного ланцюга	$a_{\text{ш}}=220 \text{ мм}$	$j_n = 0,1-0,16 \text{ мм}$	$f_a = \pm 0,05 \text{ мм}$		
Схема розмірного ланцюга		Позначення	Значення величини				
		$[e_{\Sigma}]$ $em_{e\Sigma}$ $T_{e\Sigma}$ $P_{\Sigma}$	$0_{-0,0159}^{+0,489}$ $0,0165$ $0,0648$ $0,0221 \text{ мм}$				
Найменування ланок ланцюга		Величина	$em_i$	$em_{sj}$	$T_{sj}$	$\alpha_i$	$K_i$
$S_1, S_4$ – посадка внутрішнього кільця підшипника на вал		$100 \frac{L6}{m6} \left( \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,013 \\ +0,035 \\ +0,013 \end{smallmatrix} \right)$	$\frac{-0,0065}{+0,024}$	$+0,00875$	$0$	$0,1$	$1,22$
$S_2, S_3$ – посадка зовнішнього кільця підшипника у корпус		$215 \frac{H7}{f6} \left( \begin{smallmatrix} +0,035 \\ 0 \\ -0,020 \end{smallmatrix} \right)$	$\frac{+0,0175}{-0,010}$	$+0,00375$	$0,055$	$0,1$	$1,22$
$e_{19}, e_{27}$ – ексцентриситет посадкових шпек валу		$100 = \frac{0,02}{2} = 0,01$	$0,005$			$0,1$	$0,75$
$e_{21}, e_{25}$ – половина радіального біття підшипника качення		$\frac{0,025}{2} + \frac{0,018}{2} = 0,0215$	$0,01075$			$0,1$	$0,75$
$e_{23}$ – неспіввісність осей отворів у корпусі		$215 = 0,03$	$0,015$			$0,1$	$0,75$

### 1.1.3 Складання схеми складального з'єднання

Складаємо схему складального з'єднання, яка показує порядок комплектації вузлів та деталей (рисунки 1.2).

На основі схеми складального з'єднання розробляємо операційний технологічний процес складання. Послідовність складання вузла передньої ходової частини завантажувальної машини МППЗ представляємо в вигляді таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Виявлення вузлів та їх базових деталей

№ п/п пере ходу	1 Назва операції складання 2 Зміст переходів операції складання	Обладнання, пристосування та інструмент	T <sub>шт</sub>
1	2	3	4
1	На вал поз. 2 установити втулку поз. 3		9,09
2	Установити на шліці шестірню поз. 8		38
3	Установити втулку поз. 4		8,6
3	У масляній ванні при температурі 250 ÷ 300 °С нагріти два підшипника 53620 ДСТУ ГОСТ 24696:2008 поз. 16 і за допомогою спеціального пристосування підшипники встановити на Ø 100k6		47,32
4	Установити гумові кільця 100-110-58-2-4 ДСТУГОСТ 18829:2008 поз. 14 у втулку лабіринтну поз. 5		9,06
5	Зібрати кришку лабіринтну поз. 7 з каркасною манжетою 2.2-130x160-2 ДСТУ ГОСТ 8752:2008 поз. 15		12,05
6	Установити втулку лабіринтну поз. 5 з кришкою лабіринту поз. 7 на вал. Закріпити втулку лабіринту поз. 5 болтами поз. 1, застопорити проволокою поз. 20		50
7	Закріпити болтами поз. 12 кришку лабіринту поз. 7, застопорити проволокою поз. 20	ключ	28,6
8	Установити дві шпонки поз. 9 і виконати напресування на конічну поверхню вала двох коліс поз. 6	прес	32,8
9	Після напресування коліс на вал – призвести установку гайок поз. 13 й їхнє шплінтування за допомогою шплінтів поз. 17 ДСТУ ГОСТ 397:2008	ключ	25,2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.02-02.01.АСП

Арк.

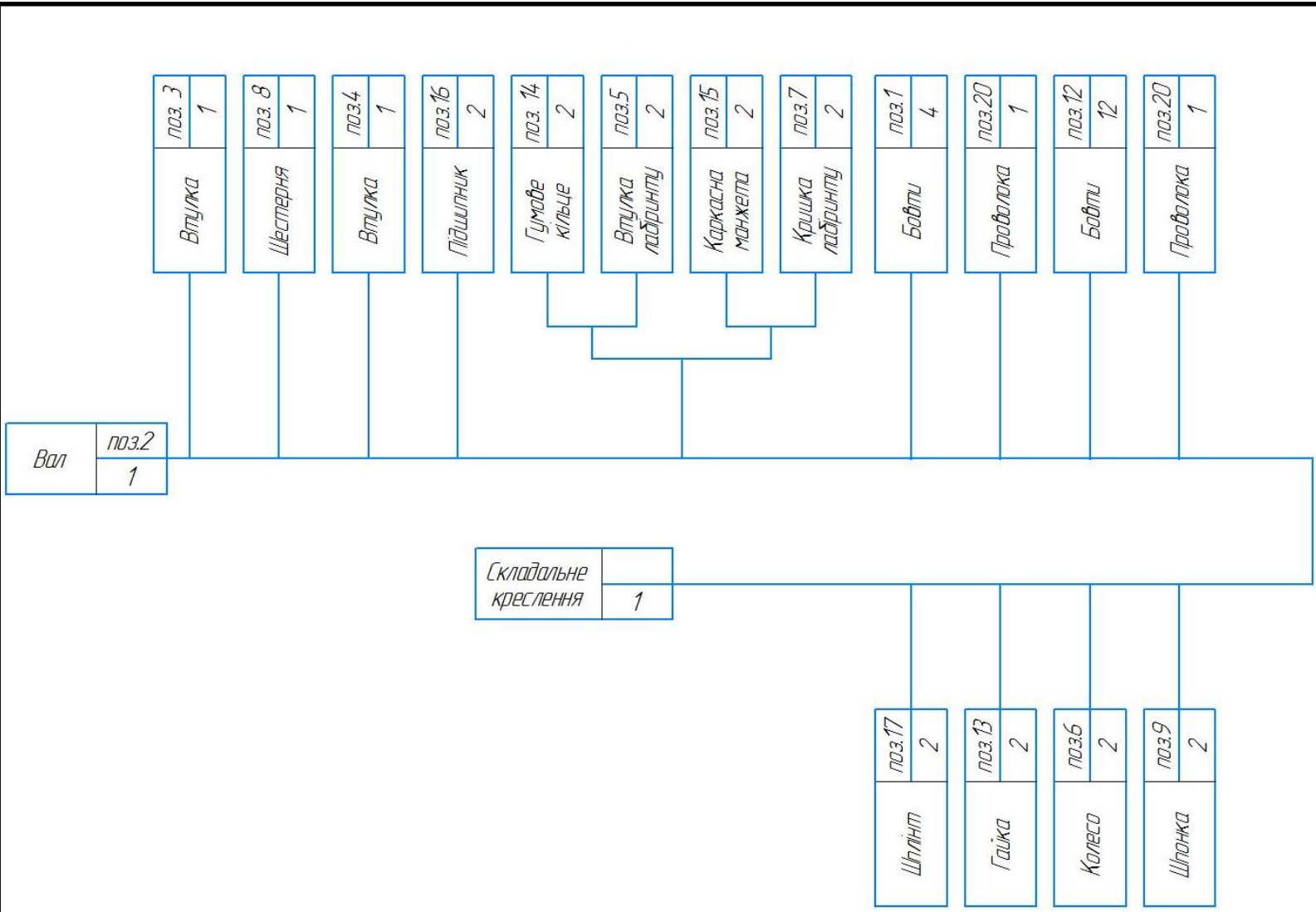


Рисунок 1.3- Схема складання



## 1.2 Статичний аналіз деталі “Вал” в SOLIDWORKS Simulation

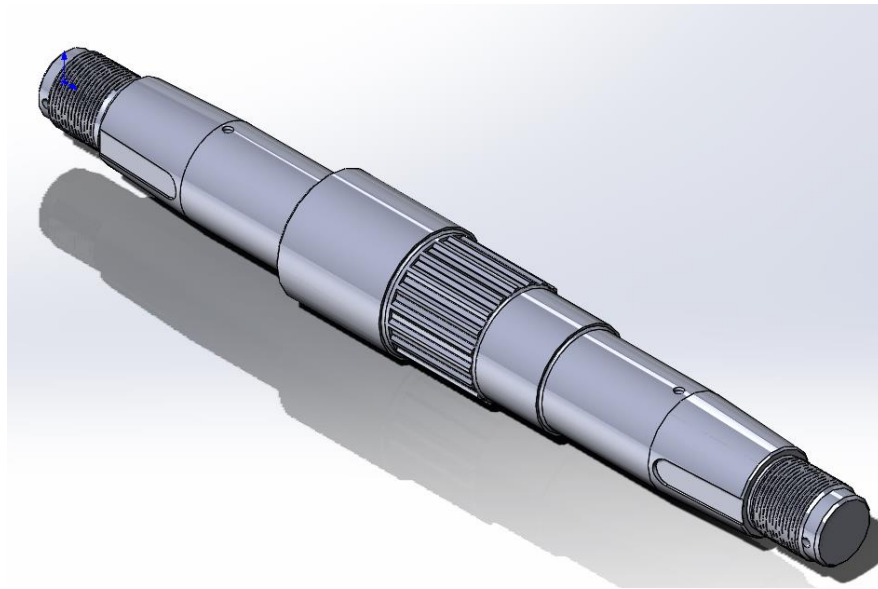


Рисунок 1.4 – Вал 3D змодельований в SOLIDWORKS

Для створеної моделі (рис. 1.4) матеріал деталі – 40X ДСТУ EN 10250-2 – 2008 проводимо статичний аналіз в SOLIDWORKS Simulation.

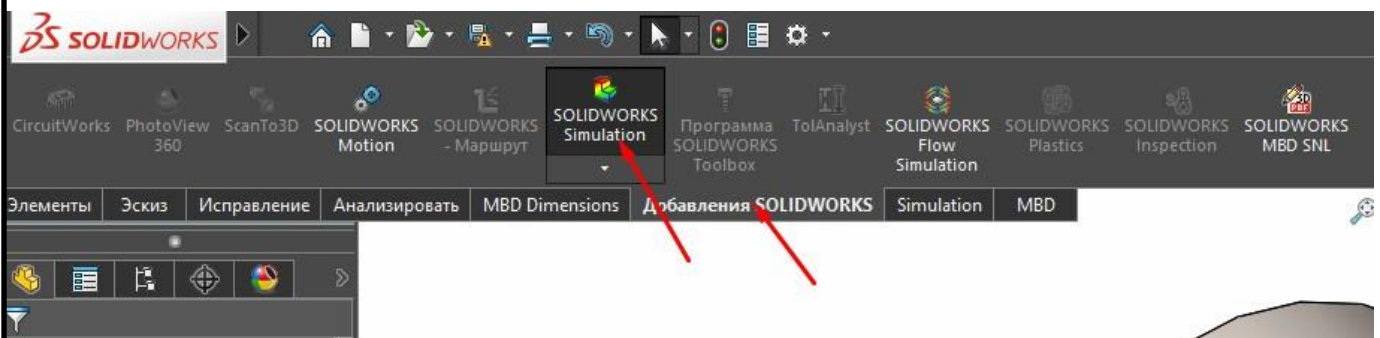


Рисунок 1.5 – Відкриття вкладки інженерних розрахунків «Simulation»

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.01.АСП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

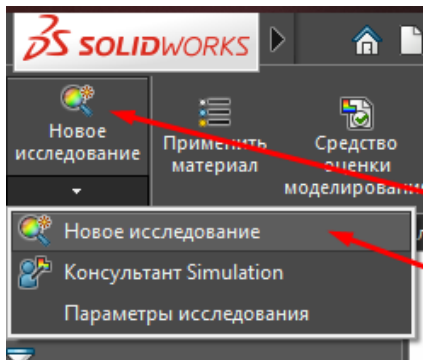


Рисунок 1.6 – Виклик нового дослідження  
Створюємо нове дослідження.

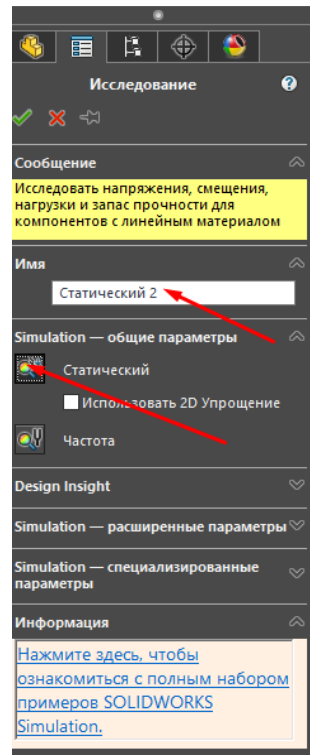
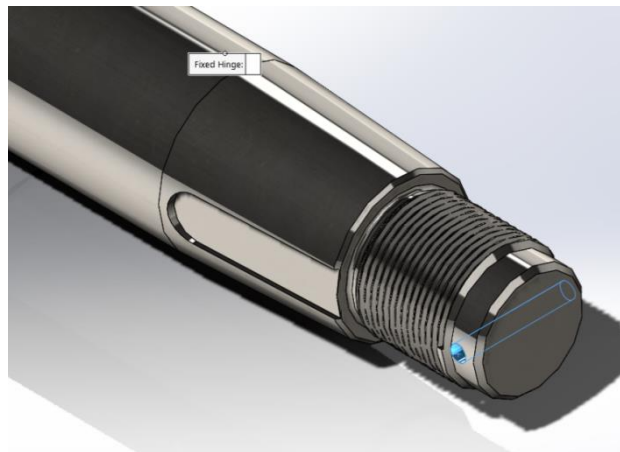
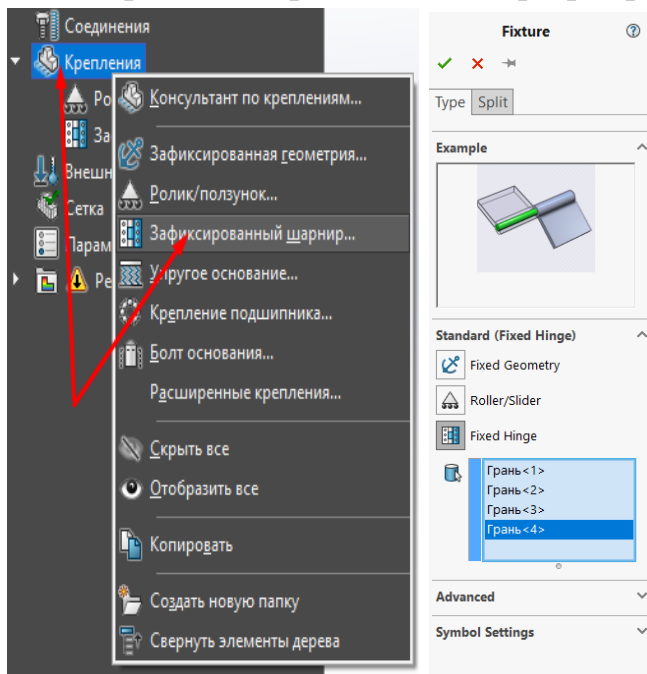


Рисунок 1.7 – Приклад створення статичного дослідження

Натискаємо на розділ «Кріплення» правою кнопкою миші, обираємо «Зафіксований шарнір» (рис. 1.8а).



а

б

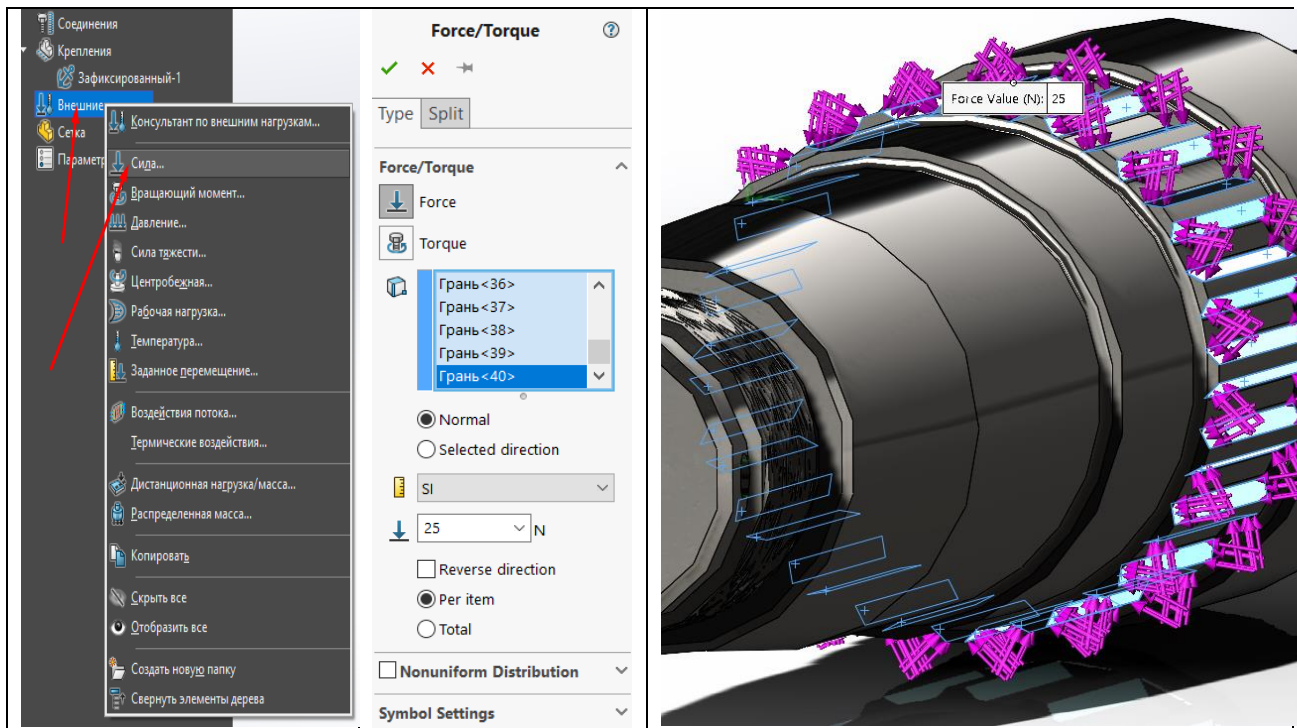
в

Рисунок 1.8 – Створення кріплення

Натискаємо на дереві розрахунку «Статичний» розділ «Зовнішні»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

навантаження» правою кнопкою миші, обираємо «Сила...» (рис. 1.9а). На моделі клацаємо по торцю шліца, у полі «Грані, Кромки, Вершини для кріплення» з'явиться необхідний список поверхонь (рис. 1.9б). На моделі з'являться рожеві стрілочки (рис. 1.9 в). Обираємо систему одиниць вимірювання SI. Вводимо значення сили у Ньютонах.



а

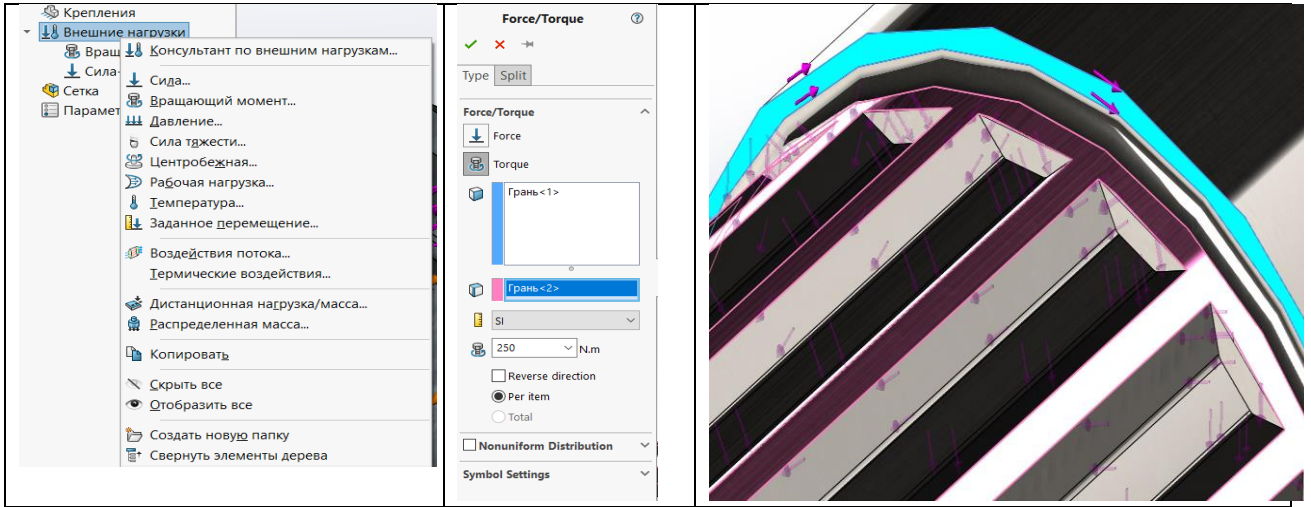
б

в

Рисунок 1.9 – Задання сили

Натискаємо на дереві розрахунку «Статичний» на розділ «Зовнішні навантаження» правою кнопкою миші, обираємо «Обертаючий момент...» (рис. 1.10 а). На моделі клацаємо по торцю шліців валу, у полі «Грані, Кромки, Вершини для кріплення» з'явиться необхідний список поверхонь (рис. 1.10 б). На моделі з'являться рожеві стрілочки (рис. 1.10 в). Обираємо систему одиниць вимірювання SI. Вводимо значення сили у Ньютонах.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

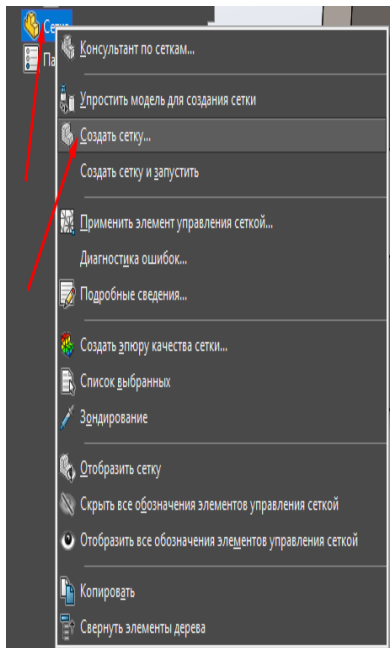


а

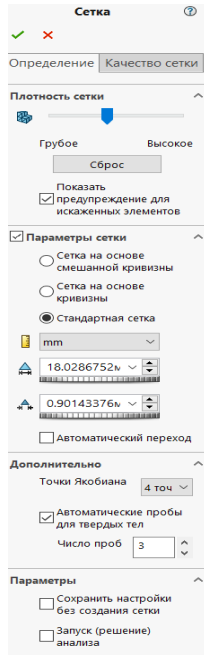
б

в

Рис. 1.10 – Задання обертового моменту



а



б

в

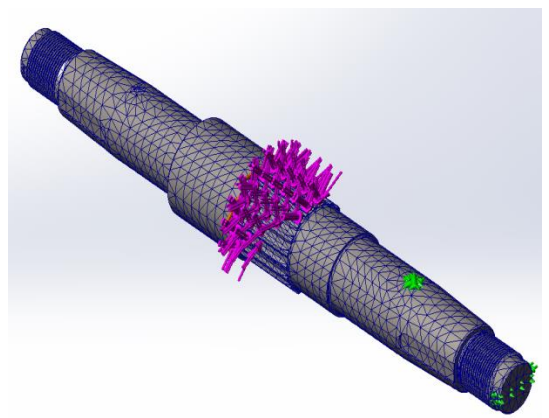


Рисунок 1.11 – Створення сітки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КНУ.КБР.131.24.02-02.01.АСП

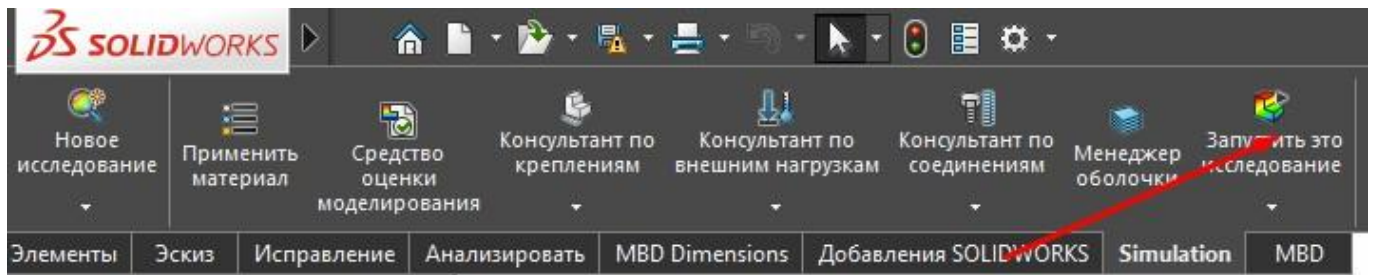


Рисунок 1.12 – Запуск дослідження

Розглянемо результати розрахунку на панелі дерева результатів. Налаштуємо шкали (легенди) відображення Напруг по vonMises, щоб вона починалася з нуля, величина напруги відображалася числом із плаваючою комою, кількість цифр після коми – 0. Згенеруємо епюри запасу міцності та епюру Design Insight (рис. 1.13)

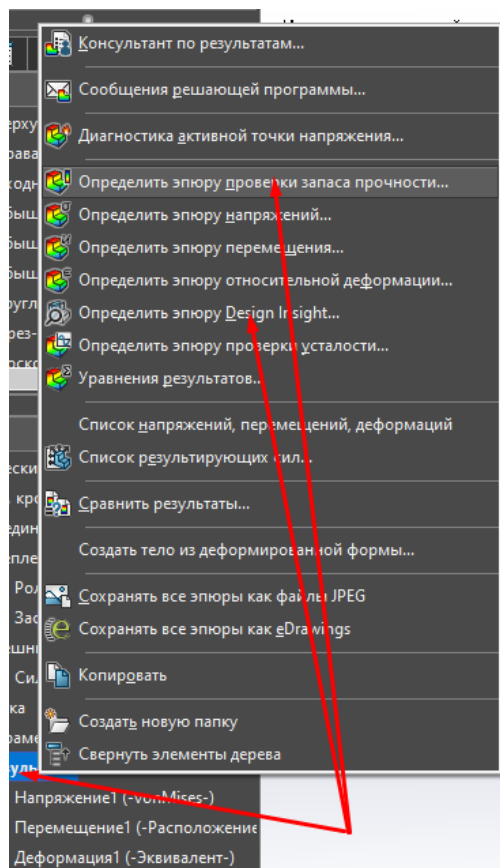


Рисунок 1.13 – Генерація додаткових епюр

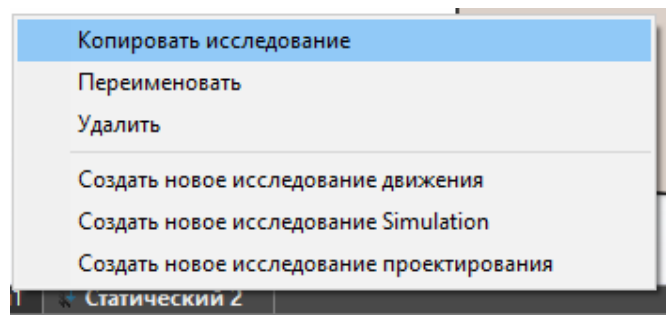


Рисунок 1.14 – Копіювання дослідження

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

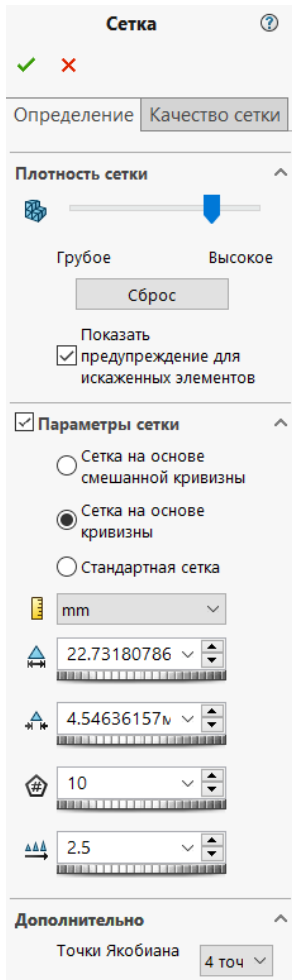


Рисунок 1.15 – Точніші налаштування сітки

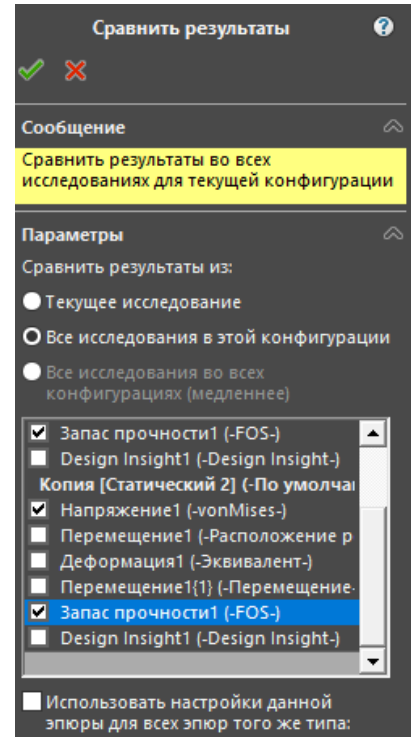


Рисунок 1.16 – Налаштування режиму порівняння

Досягаємо збіжності сітки для свого дослідження і генеруємо звіт на панелі CommandManager.

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.01.АСП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

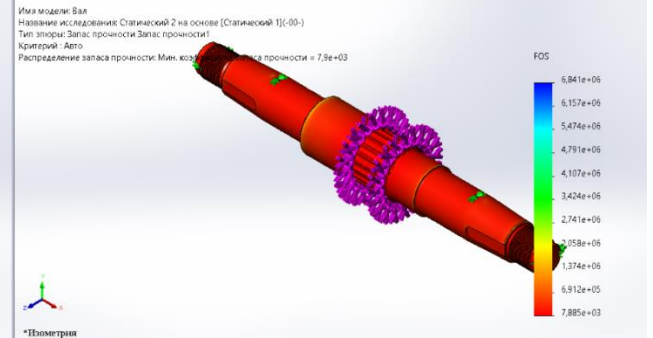
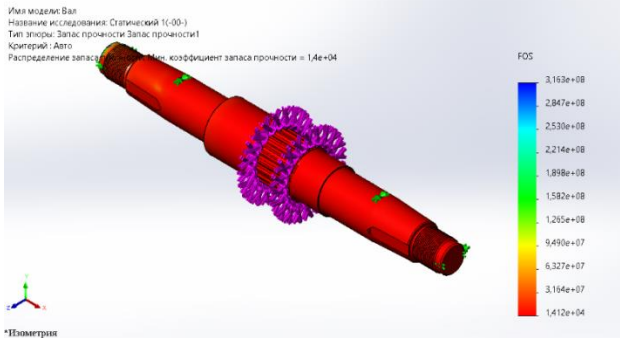
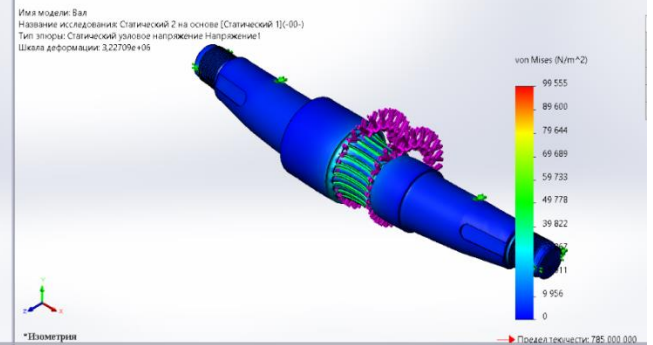
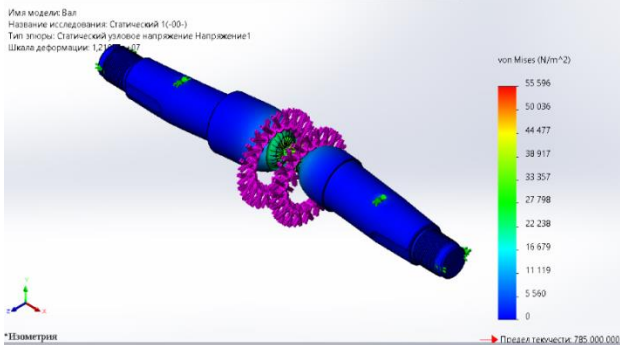


Рисунок 1.17 – Режим порівняння результатів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 2 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

### 2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Вал є складовою Механізму переміщення завантажувальної машини виготовляється зі сталі 40Х ДСТУ EN 10250-2 - 2008 Замінниками цієї сталі є: сталь 45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад та механічні властивості відливок

Сталь 40Х ДСТУ EN 10250-2 - 2008	Хімічний склад, %										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu			
	0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	≤0,035	≤0,035	0,8 – 1,1	≤0,30	≤0,30			
	Механічні властивості										
	Режим обробки			σ <sub>0</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ, %	ψ, %	K <sub>SU<sub>H</sub></sub> , Дж/см <sup>2</sup>	Твердість (НВ)		
	Стан поставки, режим термообробки	Перетин	КП								
	Пруток закалка 860 °С мастило відпускання 500 °С вода або мастило			25	-	780	980	10	45	59	-
				101 - 200		490	655	15	45	59	212 – 248
				не менш					Не більше		
	Хімічний склад										
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu				
0,41 – 0,49	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	≤0,035	≤0,035	0,8 – 1,1	≤0,30	≤0,30				
Механічні властивості											
Режим обробки			σ <sub>0</sub> , МПа	σ <sub>в</sub> , МПа	δ, %	ψ, %	K <sub>SU<sub>H</sub></sub> , Дж/см <sup>2</sup>	Твердість (НВ)			
Стан поставки, режим термообробки	Перетин	КП									
			не менш								

<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.02.АСПД</i>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Материнський			
Перевіриє	Кіяновський			
Н. Контр.	Рязанцев			
Затверд.	Нечаєв			
<b>АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ</b>			Лім.	Арк.
			Каф.ТМ , гр ПМ -21ск	



Пруток закалка 840 °С мастило відпускання 520 °С вода або мастило	25	-	830	1030	9	45	49	-
---	----	---	-----	------	---	----	----	---

## 2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

1. Пронумеруємо всі поверхні деталі.

Основні поверхні – поверхні під підшипники 8, 15 та торець 9.

Усі інші поверхні є допоміжними поверхнями, окрім поверхні 10, яка визначається як вільна поверхня.

На всі оброблювані поверхні заповнюємо таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Аналіз якості поверхонь деталей

№ поверхні	Номинальний розмір	Квалітет, IT	Допуск $T$ або відхилення, мм	Шорсткість, $R_a$ , мкм	Відхилення форми та розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1	974 <sub>-2,3</sub>	14	-2,3	12,5	
2	Ø70 <sub>-0,74</sub>	14	-0,74	12,5	
3	M76×4-8g	8	-0,535	6,3	
4	5±0,375	14	±0,375	12,5	
5	85±1,1	14	±1,1	12,5	
6	<1:10, l = 110±1,1	14	±1,1	6,3	
7	Ø100h8 <sub>(-0,054)</sub>	8	-0,054	6,3	
8	Ø100k6 <sub>(+0,025/+0,003)</sub>	6	+0,025 +0,003	1,6	
9	130 <sub>-1</sub>	14	-1	12,5	
10	Ø130	16	2,5	Rz200	
11	120×2,5×46	7	-0,027 -0,048	3,2	
12	408±1,8	14	±1,8	12,5	
13	Ø110 <sub>-0,87</sub>	14	-0,87	12,5	
14	330±1,8	14	±1,8	12,5	
15	Ø100k6 <sub>(+0,025/+0,003)</sub>	6	+0,025 +0,003	1,6	
16	Ø100h8 <sub>(-0,054)</sub>	8	-0,054	6,3	
17	>1:10, l = 110±1,1	14	±1,1	6,3	
18	804 <sub>-2,3</sub>	14	-2,3	12,5	
19	5±0,375	14	±0,375	12,5	

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

КНУ.КБР.131.24.02-02.02.АСПД

Арк.

1	2	3	4	5	6
20	M76×4-8g	8	-0,535	6,3	
21	Ø70 <sub>-0,74</sub>	14	-0,74	12,5	
22	974 <sub>-2,3</sub>	14	-2,3	12,5	
23	2 отв. Ø 10 <sup>+0,36</sup>	14	+0,36	12,5	
25	3×45°	14	0,3	12,5	
26	3×45°	14	0,3	12,5	
27	2×45°	14	0,3	12,5	
28	3×45°	14	0,3	12,5	
29	2×45°	14	0,3	12,5	
30	3×45°	14	0,3	12,5	
31	3×45°	14	0,3	12,5	
32	2 паза 28S7 <sub>(-0,027/-0,048)</sub>	7	-0,027 -0,048	6,3	

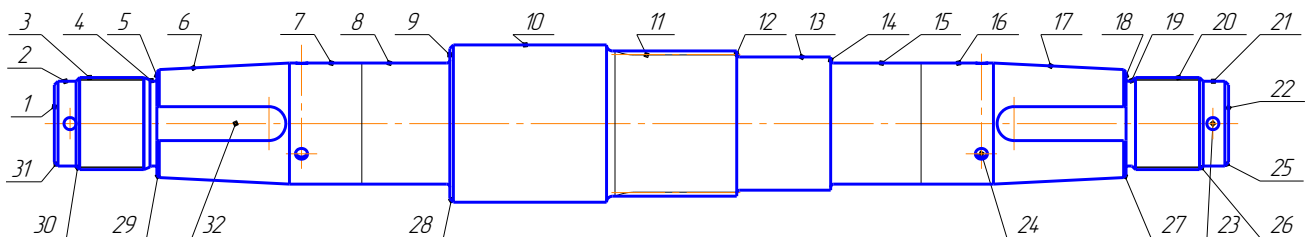


Рисунок 2.1 - Нумерація поверхонь деталі вал

Висновок: Всі поверхні відповідають точності вимогам T1 > T2 > T3.

### 2.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь вал представлена головним видом, одним виносним елементом та чотирма перерізами. Цієї інформації достатньо для повного розуміння форми деталі. Вказані усі необхідні розміри з допусками, що дає повну інформацію о розмірах деталі. На усіх точних поверхнях деталі вказана шорсткість. Для інших поверхонь на кресленні проставлена не вказана шорсткість.

Шорсткість необхідно привести до вимог ДСТУ 2413-94 «Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні». Деякі квалітети необхідно привести до нормальних рядів.

### 2.4 Аналіз технологічності деталі

#### 2.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь, яка вибрана для проектування технологічного процесу

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.02.АСПД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробки, відноситься до класу валів. Заготовкою для даної деталі буде поковка. Деталь не є жорсткою, так як відношення довжини до діаметру  $\frac{l}{d} = \frac{974}{130} = 7,49$ . Взагалі всі поверхні зручні для підводу та відводу інструмента. Необхідну точність і шорсткість для валу можна цілком отримати на верстатах нормальної точності.

Виходячи з усього цього можна зробити висновок, що вал передньої ходової частини приводу руху завантажувальної машини МППЗ досить технологічний, має просту зовнішню форму для отримання заготовки, а також не створює проблем при механічній обробці.

#### 2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{в.м.} = \frac{Q_0}{Q_3}, \quad (2.1)$$

де  $Q_0 = 62,72$  кг – маса деталі;

$Q_3 = 103,5$  кг – маса заготовки.

$$K_{в.м.} = \frac{62,72}{103,5} = 0,61$$

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

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} = \frac{6 \cdot 2 + 7 \cdot 3 + 8 \cdot 4 + 14 \cdot 27 + 16 \cdot 1}{37} = 12,59.$$

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

$$k_{mч} = 1 - \frac{1}{12,59} = 0,9205$$

Це свідчить, що деталь нормальної точності.

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості. Для цього розрахуємо середню шорсткість.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i n_i}{n_i} = \frac{1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 8 + 12,5 \cdot 25}{36} = 10,258 \text{ мкм.}$$

$$k_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} \quad (2.3)$$

$$k_{ш} = \frac{1}{10,258} = 0,097$$

З визначеної середньої шорсткості видно, що деталь має середню шорсткість.

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.02.АСПД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З кількісного аналізу технологічності видно, що деталь є досить технологічною, так як коефіцієнт використання матеріалу достатньо високий, коефіцієнт точності обробки стримиться до одиниці, коефіцієнт шорсткості приближується до нуля.

## 2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій .

Кількість обладнання розраховується за методикою, виходячи з  $T_{шт.к}$  та програми випуску виробів  $N_p$

$$C = \frac{T_{шт.к} \cdot N_p}{F_{обл} \cdot \eta} \quad (2.4)$$

Вихідні дані	
Річна програма $N_p$ , шт	<b>1500</b>
Штучно-калькуляційний час, хв	
$T_{шт.-к.1}$	<b>63</b>
$T_{шт.-к.2}$	<b>4,41</b>
$T_{шт.-к.3}$	<b>21,93</b>
$T_{шт.-к.4}$	<b>23,2</b>
$T_{шт.-к.5}$	<b>6,15</b>
$T_{шт.-к.6}$	<b>7,46</b>
Йомвірний тип виробництва (ДС=1, СС=2, ВС=3)	<b>2</b>
Кількість змін	<b>1</b>

Розмір партії деталей
$n = \frac{N_p \cdot a}{\Phi}$
де $\Phi$ – число робочих днів в році; а – кількість днів запаса деталей на складі; для крупних деталей – 2...3 дн.; середніх – 3...5 дн.; дрібних – 5...10 дн.
$n = \frac{1500 \cdot 2}{249} = 12 \text{ шт.}$

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

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

$$\Pi_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{63 \cdot 125} = 1,3391$$

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

$$\Pi_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{4,41 \cdot 125} = 19,13$$

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

$$\Pi_{o3} = \frac{13182 \cdot 0,8}{21,93 \cdot 125} = 3,847$$

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

$$\Pi_{o4} = \frac{13182 \cdot 0,8}{23,2 \cdot 125} = 3,6364$$

$$K_{з.о.} = \frac{41,67}{4} = 10,4$$

$$\Pi_{o5} = \frac{13182 \cdot 0,8}{6,15 \cdot 125} = 13,718$$

$$\Pi_{o6} = \frac{13182 \cdot 0,8}{7,46 \cdot 125} = 11,309$$

Виробництво **Середньосерійне**

2.6 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування.

Таблиця 2.3 – Базовий заводський маршрут обробки деталі вал

№ операції	Найменування операції	Тип, модель верстата
1	2	3
005	Відрізка	Верстат відрізний 8В16А
010	Технічний контроль	Стіл ОТК
015	Маркірування	
020	Транспортувальна	
025	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 1А63
030	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 1А63
035	Технічний контроль	Стіл ОТК
040	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 1А63
045	Технічний контроль	Стіл ОТК
050	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 1А63

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

060	Транспортувальна	
065	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 1А63
070	Технічний контроль	Стіл ОТК
075	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 1А63
080	Технічний контроль	Стіл ОТК
085	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3А172
090	Технічний контроль	Стіл ОТК
095	Шліцефрезерна	Зубофрезерний верстат 5К324К
100	Зачистка	Верстак
105	Технічний контроль	Стіл ОТК
110	Розмітка	Розміточна плита Універсальний розміточний інструмент
115	Фрезерна з ЧПК	Фрезерний з ЧПК 3Р13Ф3-01
120	Зачистка	Верстак
125	Технічний контроль	Стіл ОТК
130	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлувальний верстат «Асквіт»
135	Технічний контроль	Стіл ОТК
140	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3А172
145	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3А172
150	Технічний контроль	Стіл ОТК
155	Промивка	Вана
160	Консервація	Стелаж

Технологічний процес розроблено для умов одиничного виробництва. Всі технологічні операції обробки виконуються на універсальному обладнанні. На підприємстві мається тільки маршрутна карта обробки деталі вал.

Результатом вдосконалення заводського технологічного процесу виготовлення деталі повинно стати зниження собівартості виготовлення даної деталі. В даному випадку вдосконалити заводський технологічний процес можна, застосувавши впровадження прогресивних режимів різання, в результаті чого буде знижено час на обробку деталі, та заміну обладнання на більш ефективніше, зокрема заміну універсальних верстатів на багатоцільові верстати, внаслідок чого буде зроблена концентрація операцій, а це нам

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.02.АСПД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дасть зменшення підготовчо-заключного і допоміжного часу і часу на транспортування.

## 2.7 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Можливими варіантами заготовок є поковка кована та прокат. Приведені затрати, пов'язані з виготовленням деталі з заготовки одержаної прокатом (порівняння проводилось з заготовкою отриманою поковкою), грн

$$Z = A + Z_o + E_n * Z_k + O_s$$

3707	3623	35,14	0,15	28,79	44,44
------	------	-------	------	-------	-------

де

A - вартість заготовки

$$A = M * C * K_c * K_{оп} * K_s * K_m * K_r - (M - q) * Ц$$

3623,2	103,5	48,8	1	0,83	0,74	1,21	1	103,5	62,72	3,2
--------	-------	------	---	------	------	------	---	-------	-------	-----

M - маса заготовки, кг

C - вихідна оптова ціна 1кг заготовки, грн;

$K_c, K_{оп}, K_s, K_m, K_r$  - коефіцієнт, який враховує відповідно:

- \* групи складності заготовки
- \* обсяг виробництва заготовок (група серійності)
- \* вагу заготовки
- \* матеріал заготовки
- \* клас точності вилівка

q - чиста маса деталі, кг

$Z_o$  - зарплата по операціям механічної обробки, які відрізняються, грн:

$$Z_o = \frac{T_{шт} * C_p * K_1 * K_2 * K_3 * K_4}{60}$$

26	33,6	1,4	1,08	1,14	1,4
60					
35,135					

$T_{шт}$  - 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 зарплату ( $K_2 = 1,08$ )
- \* відрахування на соціальне страхування ( $K_3 = 1,4$ )
- \* зарплату наладчиків верстатів ( $K_4 = 1,4$ )

$O_s$  - поточні затрати по експлуатації верстата, грн

					КНУ.КБР.131.24.02-02.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$O_3 = \frac{120 \cdot 26}{60 \cdot 1,17} = 44,444$$

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

$K_3$  - коефіцієнт виконання норм ( $K_3 = 1,17$ )

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

$Z_x$  - питоми капітальні затрати на операцію, грн

$$Z_x = \frac{16906 + 36968,8 \cdot 26}{60 \cdot \Phi \cdot \eta_B} = 28,785$$

4015      0,202



$$O_3 = \frac{120}{60} * \frac{26}{1,17} = 44,444$$

$C_1$  - 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 ( $E_n = 0,15$ )

$Z_x$  - питоми капітальні затрати на операцію, грн

$$Z_x = \frac{16906 + 36968,8}{60} * \frac{26}{\Phi * \eta_B} = 28,785$$

4015      0,202

$B$  - балансова вартість верстата, грн

$K_{ц}$  - вартість площі цеха, грн

$$K_{ц} = \Pi * \phi * \gamma = 36969$$

500      29,575      2,5

$\Pi$  - вартість 1м<sup>2</sup> площі механічного цеха, грн

$\phi$  - габаритні розміри верстата (довжина \* ширину), м<sup>2</sup>

$\gamma$  - коефіцієнт, який враховує додаткову площу

$\Phi$  - річний фонд часу роботи верстата, годин

$\eta_B$  - коефіцієнт використання верстата:

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

$$\eta_B = \frac{26}{60} * \frac{180}{3975 * 1,17 * 1} = 0,0168$$

$B$  - річна програма випуску деталей, шт

$m$  - кількість верстатів, зайнятих на одній операції

Розрахунок показав, що зі збільшенням ваги при отриманні заготовки прокатом до 103,5 кг збільшуються приведені затрати на чорнову обробку уступів. Тому обираємо кування на молотах. Вага заготовки 81,6 кг. Проектування кувань здійснюється за ДСТУ EN 10250-2 - 2008 Поковки сталеві ковани.

Призначення основних та допоміжних припусків та перевірка виконуємості кінцевих та проміжних уступів, буртів, фланців та виїмок для поволок круглого перетину з уступами.

Розміри обробленої заготовки приведені на кресленні деталі.

					КНУ.КБР.131.24.02-02.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Призначення основних та допоміжних припусків та граничних відхилень:

а) основні та граничні відхилення на діаметри уступів деталі призначаємо за таблицею 2 [6, стор. 7]:

на діаметр  $\varnothing 76$  мм припуск та граничне відхилення  $10 \pm 3$  мм;

на діаметр  $\varnothing 100$  мм припуск та граничне відхилення  $11 \pm 3$  мм;

на діаметр  $\varnothing 110$  мм припуск та граничне відхилення  $11 \pm 3$  мм;

на діаметр  $\varnothing 120$  мм припуск та граничне відхилення  $11 \pm 3$  мм;

на діаметр  $\varnothing 130$  мм припуск та граничне відхилення  $12 \pm 3$  мм;

б) припуски та граничні відхилення на довжину уступів та загальну довжину деталі визначаємо у відповідності з п. 15 [6, стор. 6], при цьому довжина уступів вказується від єдиної бази:

на довжину 85 мм припуск та граничне відхилення  $0 \pm 6$  мм;

на довжину 330 мм припуск та граничне відхилення  $0 \pm 6$  мм;

на довжину 408 мм припуск та граничне відхилення  $0 \pm 6$  мм;

на довжину 516 мм припуск та граничне відхилення  $0 \pm 6$  мм;

на довжину 646 мм припуск та граничне відхилення  $24 \pm 6$  мм;

на довжину 974 мм припуск та граничне відхилення  $25 \pm 6$  мм;

в) допоміжний припуск на не співвісність призначаємо попередньо на всі діаметри поковки, крім найбільшого діаметру  $\varnothing 142$  мм. Величину припуску визначаємо за таблицею 3 [6, стор. 9]:

на діаметр  $\varnothing 86$  мм припуск 4 мм;

на діаметр  $\varnothing 111$  мм припуск 3 мм;

на діаметр  $\varnothing 121$  мм припуск 3 мм;

на діаметр  $\varnothing 131$  мм припуск 3 мм;

Визначаємо основний перетин, для цього розраховуємо площини повздовжніх перетинів ступенів:

$$D'_{\max} \cdot l' = 142 \cdot (670 - 516) = 2,19 \cdot 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$D'_1 \cdot l'_1 = 86 \cdot 85 = 0,73 \cdot 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$D'_2 \cdot l'_2 = 111 \cdot (330 - 85) = 2,72 \cdot 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$D'_3 \cdot l'_3 = 121 \cdot (408 - 330) = 0,94 \cdot 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$D'_4 \cdot l'_4 = 131 \cdot (516 - 408) = 1,41 \cdot 10^4 \text{ мм}^2.$$

Для ступенів, площини повздовжніх перетинів котрих більше площі повздовжнього перетину найбільшого діаметру  $D'_{\max} \cdot l' = 2,19 \cdot 10^4 \text{ мм}^2$ , розраховуємо доданки:

$$\text{для діаметру } \varnothing 111 \text{ мм } A_1 = 3 \cdot (111 \cdot 245 - 142 \cdot 154) = 1,59 \text{ мм}^2.$$

За основний перетин приймаємо ступень діаметром  $\varnothing 111$  мм.

У зв'язку з тим, що за основний перетин прийнятий виступ не з більшим діаметром, призначаємо на діаметр  $\varnothing 142$  мм допоміжний припуск 3 мм. Перевірка виконання кінцевих та проміжних уступів.

Прийmemo, що поковка буде виконуватися на молотах, які мають бойки шириною  $B_0 = 150$  мм, тоді всі уступи можемо виконати.

					КНУ.КБР.131.24.02-02.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кінцеві розміри кування з призначеними на неї основними та допоміжними припусками приведені на рисунку 2.2.

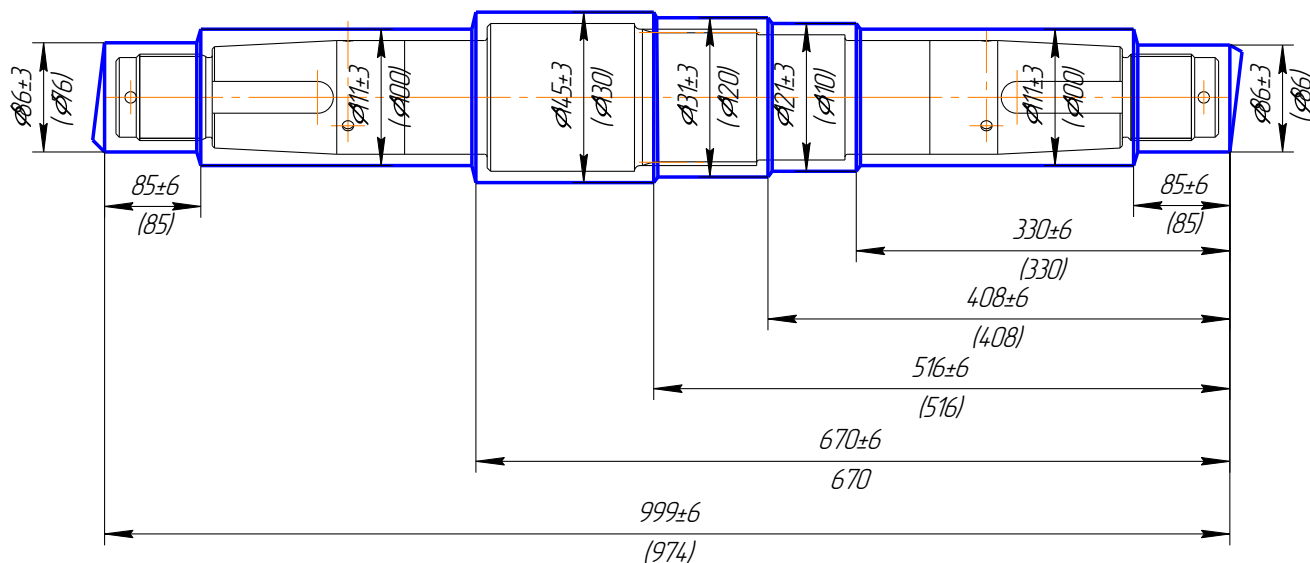


Рисунок 2.2 - Поковка одержана вільним куванням

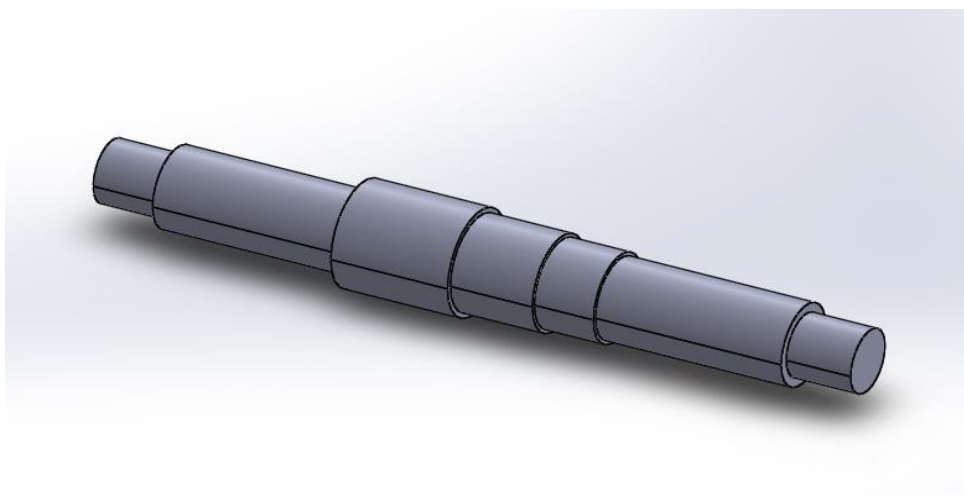


Рисунок 2.3 -3D вид поковки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.02-02.02.АСПД

Арк.

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

#### 3.1 Вибір і обґрунтування баз

Чорнові бази повинні мати достатні розміри, що забезпечують стійке положення заготівлі. Під чорнові бази вибираються основні конструкторські бази, тобто поверхні під підшипники (8 і 13, рисунок 2.1). Чорнові бази використовуються один раз - при чорновій обробці. Всі інші операції виконують із використанням чистових баз.

В осьовому напрямку, як бази, були обрані центрові отвори. Це дозволяє з високою точністю обробляти діаметральні розміри. При цьому, у допуск на осьові розміри буде входити допуск на глибину центрових отворів, що припустимо, тому що точність осьових розмірів не дуже висока.

У ході всього технологічного процесу обробка вала ведеться в центрах. За винятком операції фрезерування шліців 11, фрезерування двох пазів 32, свердління двох отворів 23 та чотирьох отворів 24. Цим самим виконується спроба дотримання принципу єдності баз протягом усього технологічного процесу.

Установка вала на першій операції виконується у самоцентруючому трьохкулачковому патроні з механічним зажимом з упором в торець з рухомим люнетом.

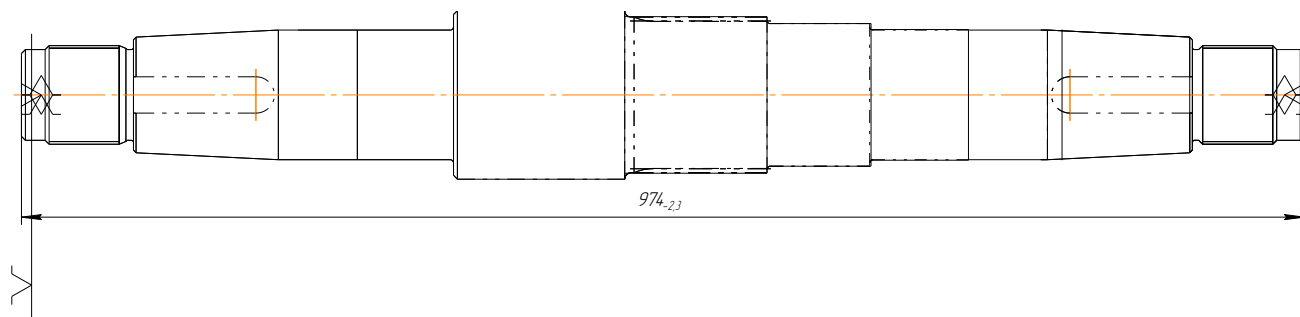


Рисунок. 3.1 - Теоретична схема базування на токарній та круглошліфувальній операціях

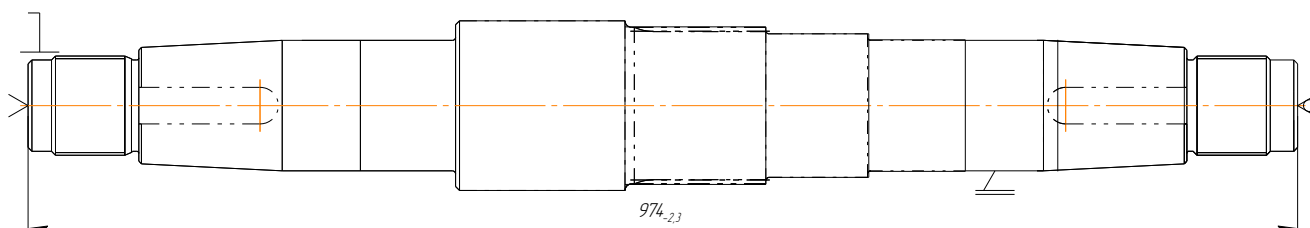


Рисунок. 3.2 - Схема базування на токарних, круглошліфувальних операціях

				<i>КНУ.КБР.131.24.2-02.03.ПТП</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розробив	Материнський				Літ.	Арк.
Перевірів	Кіяновський					Аркушіє
Н. Контр.	Рязанцев				Каф.ТМ, гр ПМ-21ск	
Затверд.	Нечаєв					
<b>ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ</b>						

Установка вала на токарній та круглошліфувальній операціях у нерухомий передній центр з повідковим патроном і задньому центрі, що обертається, з рухомим люнетом.

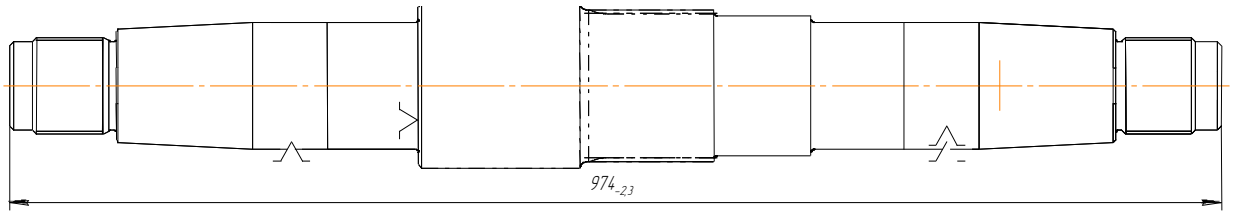


Рисунок 3.3 - Теоретична схема базування на фрезерну операцію

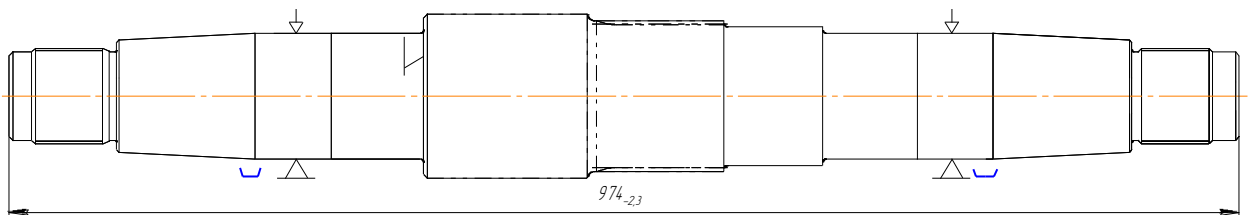


Рисунок 3.4 - Схема базування на фрезерній операції

Установка вала на фрезерну операцію виконується на призми з упором в торець.

### 3.2 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості.

Таблиця 3.1 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість, $Ra$	Точність, $IT$	Допуск, $T$
1	2	3	4	5
1	974 <sub>-2,3</sub>	Заготовка	16	+5
		Точити начорно	14	-2,3

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	
2	Ø 70 <sub>-0,74</sub>	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,46
		Точити начорно	12,5	12	-0,4
		Точити начисто	12,5	12	-0,29
		Точити начисто	12,5	14	-0,74
3	M76×4-8g	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,46
		Точити начорно	12,5	13	-0,4
		Точити начисто	12,5	12	-0,29
		Нарізати різьбу	6,3	8	-0,535
4	5±0,375	Напівфабрикат	12,5	12	-0,29
		Прорізати канавку	12,5	14	-0,74
5	85±1,1	Підрізати торець	12,5	14	±1,1
6	<1:10, l=110±1,1	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,46
		Точити начисто	6,3	13	-0,46
7	Ø 100h8 <sub>(-0,054)</sub>	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,46
		Точити начорно	6,3	11	-0,29
		Точити начисто	6,3	8	-0,054
8	Ø 100k6 <sub>(+0,025/+0,003)</sub>	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,46
		Точити начисто	6,3	11	-0,29
		Шліфувати	1,6	6	+0,025 +0,003

					КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ЛТТ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.1

	1	2	3	4	5
9	130 <sub>-1</sub>	Підрізати торець	12,5	14	-1
10	Ø 130	Заготовка	Rz200	16	2,5
11	120×2,5×46	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начисто	6,3	8	-0,25
		Шліфувати	3,2	6	-0,022
		Фрезерувати	3,2		
12	408±1,8	Підрізати торець	12,5	14	±1,8
13	Ø 110 <sub>-0,87</sub>	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	14	-0,87
14	330±1,8	Підрізати торець	12,5	14	±1,8
15	Ø 100k6 <sup>(+0,025)</sup> <sub>(+0,003)</sub>	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,46
		Точити начисто	6,3	11	-0,29
		Шліфувати	1,6	6	+0,025 +0,003
16	Ø 100h8 <sub>(-0,054)</sub>	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,46
		Точити начорно	6,3	11	-0,29
		Точити начисто	6,3	8	-0,054
17	▷ 1:10, l = 110±1,1	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,46
		Точити начорно	12,5	13	-0,46
		Точити начисто	6,3	13	
18	804 <sub>-2,3</sub>	Підрізати торець	12,5	14	-2,3
19	5±0,375	Напівфабрикат	12,5	12	-0,29
		Прорізати канавку	12,5	14	-0,74

					КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	
20	M76×4-8g	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,46
		Точити начорно	12,5	13	-0,4
		Точити начисто	12,5	12	-0,29
		Нарізати різьбу	6,3	8	-0,535
21	Ø 70 <sub>-0,74</sub>	Заготовка	Rz200	16	2,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,5
		Точити начорно	12,5	13	-0,46
		Точити начорно	12,5	13	-0,4
		Точити начисто	12,5	12	-0,29
		Точити начисто	12,5	14	-0,74
22	974 <sub>-2,3</sub>	Заготовка	Rz200	16	+5
		Точити начорно	12,5	14	-2,3
23	2 отв. Ø 10 <sup>+0,36</sup>	Свердлити 2 отвори	12,5	14	+0,36
24	4 отв. Ø 10 <sup>+0,36</sup> l = 3,5 ± 0,375	Свердлити 4 отвори	12,5	14	+0,36
			12,5	14	± 0,375
25	3×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3
26	3×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3
27	2×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3
28	3×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3
29	2×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3
30	3×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3
31	3×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3
32	28S7 <sup>(-0,027)</sup> <sub>(-0,048)</sub>	Фрезерувати	6,3	7	-0,027 -0,048

## 3.3 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового технологічного процесу і вказаних шляхів вдосконалення розроблюємо маршрут обробки вала і заносимо його в таблицю 3.2, 3.3.

					КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 3.2 – Маршрут обробки деталі вал

№ операції	Найменування операції	Тип, модель верстата
1	2	3
005	Відрізка	Верстат відрізний мод. 8В16А
010	Маркірування	
015	Транспортувальна	
025	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3
030	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3
035	Транспортувальна	
040	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3
045	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3
050	Круглошліфувальна з ЧПК	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151Ф2
055	Шліцефрезерна з ЧПК	Зубофрезерний верстат мод. 5К324К
060	Розмітка	Розміточна плита Універсальний розміточний інструмент
065	Фрезерна з ЧПК	Фрезерний з ЧПК 6Р13Ф3-01
070	Свердлильна з ЧПК	Координатно-свердлувальний верстат 2554Ф2
075	Круглошліфувальна з ЧПК	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151Ф2
080	Круглошліфувальна з ЧПК	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151Ф2
085	Промивка	Вана
090	Консервація	Стелаж

Таблиця 3.3 - Розробка маршруту обробки деталі вал

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базуємої поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Відрізка			Верстат відрізний мод. 8В16А
010	Маркірування			

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5
025	Токарна з ЧПК	22, центровий отвір 1, центровий отвір	3, 1  20, 22	Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3
030	Токарна з ЧПК	2, 3, 5, 6, 7, 8, 9  11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21	Центрові отвори, 20 Центрові отвори, 3	Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3
040	Токарна з ЧПК	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 28, 29, 30, 31	Центрові отвори	Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3
045	Токарна з ЧПК	11, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27	Центрові отвори	Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3
050	Круглошліфувальна з ЧПК	11	Центрові отвори	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151Ф2
055	Шліцефрезерна	11	Центрові отвори	Зубофрезерний верстат мод. 5К324К
060	Розмітка			Розміточна плита Універсальний розміточний інструмент
065	Фрезерна з ЧПК	32	8, 15, торець	Фрезерний з ЧПК 6Р13Ф3-01
070	Свердлильна з ЧПК	23, 24	Центрові отвори	Координатно-свердлувальний верстат 2554Ф2
075	Круглошліфувальна з ЧПК	12, 13	Центрові отвори	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151Ф2
080	Круглошліфувальна з ЧПК	8, 9	Центрові отвори	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151Ф2
085	Промивка			Вана
090	Консервація			Стелаж

### 3.4 Розробка технологічної операції

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 - Послідовність виконання технологічних операцій

№ операцій і переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005	Відрізка		
010	Маркірування		
015	Транспортувальна		
025	1. Токарна з ЧПК 2. Верстат токарний з ЧПК мод. 16К20Ф3 Встановити, закріпити деталь 3.А. Підрізати торець в розмір $l = 977_{-2,3}$ , центрувати отвір $\varnothing 12$ мм. Переустановити деталь 3.Б. Підрізати торець в розмір $l = 974_{-2,3}$ , центрувати отвір $\varnothing 12$ мм. Відкріпити, зняти	3х кулачковий патрон, кран, люнет	Різець підрізний 2112-0035 ДСТУГОСТ 18871:2008 Свердло центрувальне СЦ-121
030	1. Токарна з ЧПК 2. Верстат токарний з ЧПК мод. 16К20Ф3 Встановити, закріпити деталь 3.А. Точити поверхню, витримав розміри $\varnothing 125_{-0,5}$ мм та $l = 515_{-1,7}$ мм Точити поверхню, витримав розміри $\varnothing 120_{-0,55}$ мм та $l = 405 \pm 1,7$ мм Точити поверхню, витримав розміри $\varnothing 108_{-0,46}$ мм та $l = 327 \pm 0,5$ мм Точити поверхню, витримав розміри $\varnothing 84_{-0,4}$ мм та $l = 82 \pm 0,8$	Центр А-1-4-У ДСТУГОСТ 8742:2008 Центр 7032-0029 ДСТУГОСТ 13214:2008 Хомутик 7107-0045 ДСТУГОСТ 2578:2008	Різець прохідний 2103-0059 ДСТУГОСТ 18879:2008 ШЦ П-500-0,1 ДСТУГОСТ 166:2008

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ІІІІ				

040	<p>1. Токарна з ЧПК 2. Верстат токарний з ЧПК мод. 16К20Ф3 Встановити в центрах, одіти хомутик, закріпити 3. Точити поверхню, витримав розміри <math>\varnothing 100,8h11(-0,29)</math> мм та довжину <math>l = 145,6 \pm 1,6</math> мм</p>	<p>Центр А-1-4-У ДСТУГОСТ 8742:2008 Центр 7032-0029 ДСТУГОСТ 13214:2008</p>	<p>Різець прохідний 2103-0059 ДСТУГОСТ 18879:2008 Різець різьбовий 2660-0059 ДСТУГОСТ18885:2008</p>
	<p>Точити поверхню, витримав розміри <math>\varnothing 100h8(-0,054)</math> мм та довжину <math>l = 170 \pm 1,6</math> мм Точити поверхню, витримав розміри <math>\varnothing 75,8_{-0,29}</math> мм та довжину <math>l = 85 \pm 1,1</math> Підрізати канавку <math>b = 5 \pm 0,375</math> мм до <math>\varnothing 70_{-0,74}</math> мм витримав розміри <math>l = 85 \pm 1,1</math>, <math>45^\circ \pm 30'</math>, <math>R1</math>, <math>R2</math> Точити поверхню, витримав розміри <math>\varnothing 70_{-0,74}</math> мм на <math>l = 21 \pm 0,65</math> мм Точити конус <math>\triangleright 1:10</math>, <math>l = 110 \pm 1,1</math> Точити чотири фаски <math>3 \times 45^\circ</math> мм і фаску <math>2 \times 45^\circ</math> мм Нарізати різьбу <math>M76 \times 4 - 8g</math> на прохід Відкріпити, зняти</p>	<p>Хомутик 7107-0045 ДСТУГОСТ 2578:2008</p>	<p>Різець канавочний 2126-0618 КН 36-258-70 ККР 1220-08 ПР ККР 1221-08 НЕ ККВ-552 С-6854 <math>\varnothing 100h8(-0,054)</math> ШЦ П-250-0,05 ДСТУГОСТ 166:2008</p>
045	<p>1. Токарна з ЧПК 2. Верстат токарний з ЧПК мод. 16К20Ф3 Встановити в центрах, одіти хомутик, закріпити 3. Точити поверхню, витримав розміри <math>\varnothing 120,8h11(-0,25)</math> мм та довжину <math>l = 108_{-1,7}</math> мм Точити поверхню, витримав розміри <math>\varnothing 110_{-0,87}</math> мм та довжину <math>l = 79 \pm 1,8</math> мм</p>	<p>Центр А-1-4-У ДСТУГОСТ 8742:2008 Центр 7032-0029 ДСТУГОСТ 13214:2008 Хомутик 7107-0045 ДСТУГОСТ 2578:2008</p>	<p>Різець прохідний 2103-0059 ДСТУГОСТ 18879:2008 Різець різьбовий 2660-0059 ДСТУГОСТ18885:2008 Різець канавочний 2126-0618 КН 36-258-70 ККР 1220-08 ПР ККР 1221-08 НЕ</p>

					КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	<p>Точити поверхню, витримав розміри <math>\varnothing 100,8h11(-0,29)</math> мм та довжину <math>l = 145,6 \pm 1,6</math> мм</p> <p>Точити поверхню, витримав розміри <math>\varnothing 100h8(-0,054)</math> мм та <math>l = 85 \pm 1,1</math> мм</p> <p>Точити поверхню, витримав розміри <math>\varnothing 75,8_{-0,29}</math> мм та довжину <math>l = 85 \pm 1,1</math></p> <p>Підрізати канавку <math>b = 5 \pm 0,375</math> мм до <math>\varnothing 70_{-0,74}</math> мм витримав розміри <math>l = 85 \pm 1,1</math>, <math>45^\circ \pm 30'</math>, <math>R1</math>, <math>R2</math></p>		<p>ККВ-552 С-6118 <math>\varnothing 120,8h11(-0,25)</math> С-6854 <math>\varnothing 100h8(-0,054)</math> ШЦ II-250-0,05 ДСТУГОСТ 166:2008</p>
	<p>Точити поверхню, витримав розміри <math>\varnothing 70_{-0,74}</math> мм на <math>l = 21 \pm 0,65</math> мм</p> <p>Точити конус <math>\triangleright 1:10</math>, <math>l = 110 \pm 1,1</math></p> <p>Точити чотири фаски <math>3 \times 45^\circ</math> мм і фаску <math>2 \times 45^\circ</math> мм</p> <p>Нарізати різьбу <math>M76 \times 4 - 8g</math> на прохід</p> <p>Відкріпити, зняти</p>		
050	<p>1. Круглошліфувальна</p> <p>2. Круглошліфувальний верстат мод. 3М151Ф2</p> <p>Встановити в центрах, одіти хомутик, закріпити</p> <p>3. Шліфувати поверхню, витримав розміри <math>\varnothing 120h6(-0,022)</math> мм та довжину <math>l = 108 \pm 1,1</math> мм</p> <p>Відкріпити, зняти</p>	<p>Центр А-1-4-Н ДСТУГОСТ 8742:2008 Центр 7032-0029 ДСТУГОСТ 13214:2008 Хомутик 7107-0045 ДСТУГОСТ 2578:2008</p>	<p>Круг ПП 600x75x305 15А40-50С15-8К 35 м/с 1 кл А ДСТУГОСТ 2424:2008 С-5047 <math>\varnothing 120h6(-0,022)</math></p>
055	<p>1. Зубофрезерна</p> <p>2. Зубофрезерний верстат 5К324К</p> <p>Встановити закріпити</p> <p>3. Фрезерувати шліці <math>120 \times 2,5 \times 46</math>, витримав розмір <math>85 \pm 1,1</math> мм</p> <p>Відкріпити, зняти</p>	<p>Центр А-1-4-У ДСТУГОСТ 8742:2008 Центр 7032-0029 ДСТУГОСТ 13214:2008</p>	<p>Фреза m 2,5 А II ДСТУГОСТ 6637:2008 Скоба С-3658 на розмір по роликам <math>\varnothing 126,7192_{-0,228}^{-0,106}</math></p>
065	<p>1. Фрезерна з ЧПК</p> <p>2. Фрезерний з ЧПК 6Р13Ф3-01</p> <p>Встановити, закріпити</p> <p>Підготувати верстат до пуску</p>	<p>Призми, планки притискні</p>	<p>Фреза 2235-0071 ДСТУ ГОСТ 9140:2008 ШЦ I-125-01</p>

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП					

070	<p>1. Свердлильна</p> <p>2. Координатно-свердлувальний верстат з ЧПК мо. 2554Ф2</p> <p>Встановити, закріпити деталь</p> <p>3. Свердлити 2 отвори <math>\varnothing 10^{+0,36}</math> на прохід, витримав розмір <math>13 \pm 0,55</math> мм</p>	<p>Патрон</p> <p>16-B18 <math>\varnothing 65</math></p> <p>ДСТУГОСТ</p> <p>8522:2008,</p> <p>планки</p> <p>прижимні,</p> <p>болти</p>	<p>Свердло</p> <p>2300-2008</p> <p>ДСТУГОСТ</p> <p>10902:2008 <math>d = 10</math></p>
	<p>Свердлити 4 отвори <math>\varnothing 10^{+0,36}</math> мм на <math>l = 3,5 \pm 0,375</math> мм, витримав розміри: <math>311 \pm 1,6</math>, <math>123 \pm 1,25</math>, <math>\angle 120^\circ \pm 30'</math></p> <p>Зенкувати фаски <math>0,6 \times 45^\circ</math> в 4 отворах <math>\varnothing 10^{+0,36}</math> та в 2 отворах <math>\varnothing 10^{+0,36}</math> з обох боків</p> <p>Відкріпити, зняти деталь</p>		<p>Зенківка</p> <p>2353-0011</p> <p>МП 725-60</p> <p>ШЦ І-125-0,1</p> <p>ДСТУГОСТ</p> <p>166:2008</p>
075	<p>1. Круглошліфувальна</p> <p>2. Круглошліфувальний верстат мод. 3М151Ф2</p> <p>Встановити, закріпити деталь</p> <p>3. Шліфувати поверхню <math>\varnothing 100k6^{(+0,025)}_{(+0,003)}</math> та <math>l = 75</math> мм, витримав розміри <math>330 \pm 1,8</math> і <math>R2,5</math></p> <p>Відкріпити, зняти деталь</p>	<p>Центра 2 шт,</p> <p>хомутик</p> <p>Н07-0070</p> <p>ДСТУГОСТ</p> <p>16488:2008</p>	<p>Круг</p> <p>ПП 600x75x305</p> <p>15А40-50С15-8К</p> <p>35 м/с 1 кл А</p> <p>ДСТУ ГОСТ</p> <p>2424:2008</p> <p>Скоба 100k6</p> <p>С-800</p> <p>ШЦ ІІІ-400-0,1</p> <p>ДСТУГОСТ</p> <p>166:2008</p>
080	<p>1. Круглошліфувальна</p> <p>2. Круглошліфувальний верстат мод. 3М151Ф2</p> <p>Встановити, закріпити деталь</p> <p>Шліфувати поверхню <math>\varnothing 100k6^{(+0,025)}_{(+0,003)}</math> на <math>l = 75</math> мм зі, витримав розмір <math>130_{-1}</math> і <math>R2,5</math></p> <p>Відкріпити, зняти деталь</p>	<p>Центра 2 шт,</p> <p>хомутик</p> <p>Н07-0070</p> <p>ДСТУГОСТ</p> <p>16488:2008</p>	<p>Круг ПП</p> <p>600x75x305</p> <p>15А40-50С15-8К</p> <p>35 м/с 1 кл А</p> <p>ДСТУГОСТ</p> <p>2424:2008</p> <p>Скоба 100k6 С-</p> <p>800</p> <p>ШЦ ІІІ-400-0,1</p> <p>ДСТУГОСТ</p> <p>166:2008</p>

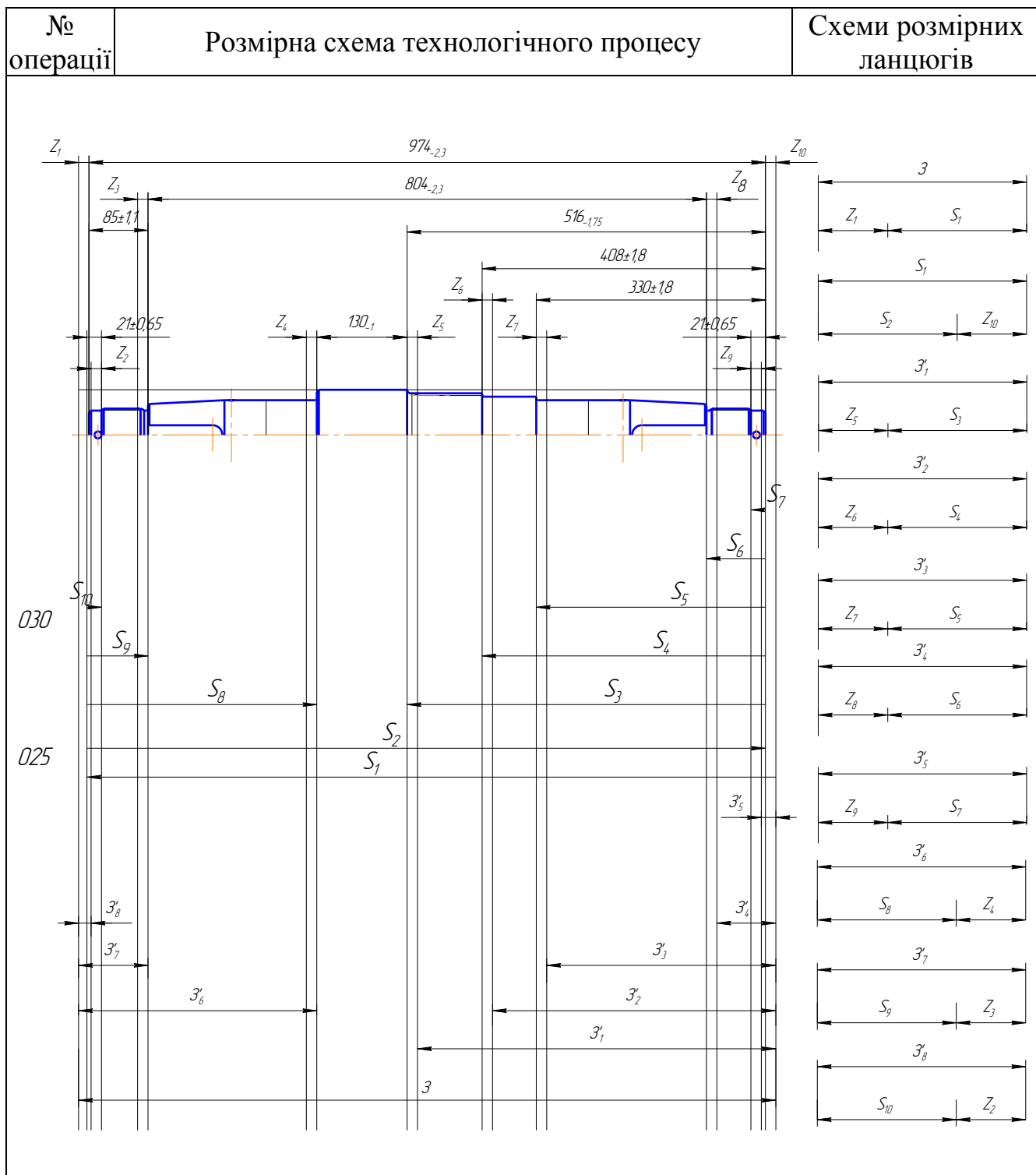
### 3.5 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТТ					

Таблиця 3.5 – Послідовність обробки торцевих поверхонь

Обоз. пов-ти	Послідовність переходів	Шорсткість $R_a$ , мкм	Точність $IT$	Допуск $T$ , мм	Припуск $t$ , мм	Позначення припуску
1	Заготовка Точити начорно	12,5	16 14	5 2,3	5	$Z_1$
22	Заготовка Точити начорно	12,5	16 14	5 2,3	5	$Z_{10}$
	Точити начорно	12,5	14	1,3		$Z_2$
	Точити начорно	12,5	14	2,2		$Z_3$
	Точити начорно	12,5	14	1		$Z_4$
	Точити начорно	12,5	14	1,75		$Z_5$
	Точити начорно	12,5	14	3,6		$Z_6$
	Точити начорно	12,5	14	3,6		$Z_7$
	Точити начорно	12,5	14	2,2		$Z_8$
	Точити начорно	12,5	14	1,3		$Z_9$

Таблиця 3.6 – Побудова розмірного ланцюга схеми технологічного процесу обробки вала вільним куванням.



Таблиця 3.7 – Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів



1	2	3	4	5	6
1	$S_2 = 974_{-2,3}$ $Z_{10} = 3,0$	$S_1 = S_2 + Z_{10} = 974 + 3 = 977$	2,3	$977_{-2,3}$	$Z_{10} = S_1 - S_2 =$ $977_{-2,3} - 974_{-2,3} =$ $3,0 \pm 2,3$
2	$S_1 = 977_{-2,3}$ $Z_1 = 3,0$	$3 = S_1 + Z_1 = 977 + 3 = 1000$	5	$1000 \pm 2,5$	$Z_1 = 3 - S_1 =$ $= 1000 \pm 2,5 -$ $- 977_{-2,3} =$ $3,0^{+4,8}_{+2,3}$
3	$S_3 = 515_{-1,75}$ $Z_{10} = 3,0 \pm 2,3$ $Z_5 = 2,0$	$3'_1 = S_3 + Z_{10} - Z_5 = 515 + 3 - 2 =$ $= 516$	4,4	$516 \pm 2,2$	$Z_5 = -3'_1 + S_3 + Z_{10} =$ $= -516 \pm 2,2 +$ $+ 515_{-1,75} + 3 \pm 2,3 =$ $= 2,0^{+4,5}_{-1,85}$
4	$S_4 = 408 \pm 1,8$ $Z_{10} = 3,0 \pm 2,3$ $Z_6 = 2,0$	$3'_2 = S_4 + Z_{10} - Z_6 = 408 + 3 - 2 =$ $= 409$	4,4	$409 \pm 2,2$	$Z_6 = -3'_2 + S_4 + Z_{10} =$ $= -409 \pm 2,2 +$ $+ 408 \pm 1,8 + 3 \pm 2,3 =$ $= 2,0 \pm 1,9$
5	$S_5 = 330 \pm 1,8$ $Z_{10} = 3,0 \pm 2,3$ $Z_7 = 2,0$	$3'_3 = S_5 + Z_{10} - Z_7 = 330 + 3 - 2 =$ $= 331$	3,6	$331 \pm 1,8$	$Z_7 = -3'_3 + S_5 + Z_{10} =$ $= -331 \pm 1,8 +$ $+ 330 \pm 1,8 + 3 \pm 2,3 =$ $= 2,0 \pm 2,3$ перераховано $2,5 \pm 2,3$
6	$S_6 = 85 \pm 1,1$ $Z_{10} = 3,0 \pm 2,3$ $Z_8 = 2,0$	$3'_4 = S_6 + Z_{10} - Z_8 = 85 + 3 - 2 =$ $= 86$	2,2	$86 \pm 1,1$	$Z_8 = -3'_4 + S_6 + Z_{10} =$ $= -86 \pm 1,1 +$ $+ 85 \pm 1,1 + 3 \pm 2,3 =$ $= 2,5 \pm 2,3$
7	$S_7 = 21 \pm 0,65$ $Z_{10} = 3,0 \pm 2,3$ $Z_9 = 2,0$	$3'_5 = S_7 + Z_{10} - Z_9 = 21 + 3 - 2 =$ $= 22$	1,3	$22 \pm 0,65$	$Z_9 = -3'_5 + S_7 + Z_{10} =$ $= -22 \pm 0,65 +$ $+ 21 \pm 0,65 + 3 \pm 2,3 =$ $= 2,5 \pm 2,3$
8	$S_8 = 328^{+2,75}_{-2,3}$ $Z_1 = 3,0^{+4,8}_{+2,3}$ $Z_4 = 2,0$	$3'_6 = S_8 + Z_1 - Z_4 = 328 + 3 - 2 =$ $= 329$	3,6	$329 \pm 1,8$	$Z_4 = -3'_6 + S_8 + Z_{10} =$ $= -329 \pm 1,8 +$ $+ 328^{+2,75}_{-2,3} + 3^{+4,8}_{+2,3} =$ $= 2,0^{+5,75}_{-1,8}$

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6
9	$S_9 = 85 \pm 1,1$ $Z_1 = 3,0^{+4,8}_{-2,3}$ $Z_3 = 2,0$	$Z'_7 = S_9 + Z_1 - Z_3 = 85 + 3 - 2 = 86$	2,2	$86 \pm 1,1$	$Z_3 = -Z'_7 + S_9 + Z_1 = -86 \pm 1,1 + 85 \pm 1,1 + 3^{+4,8}_{-2,3} = 2,0^{+4,8}_{-2,3}$
10	$S_{10} = 21 \pm 0,65$ $Z_1 = 3,0^{+4,8}_{-2,3}$ $Z_2 = 2,0$	$Z'_8 = S_{10} + Z_1 - Z_2 = 21 + 3 - 2 = 22$	1,3	$22 \pm 0,65$	$Z_2 = -Z'_8 + S_{10} + Z_1 = -22 \pm 0,65 + 21 \pm 0,65 + 3^{+4,8}_{-2,3} = 2,0^{+4,8}_{-2,3}$

3.6 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Таблиця 3.8 – Міжопераційні розміри з допусками

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість, $R_a$	Точність, IT	Допуск, $T$	Припуск, $t$	Міжопераційний розмір з допуском	
1	2	3	4	5	6	7	
1	974 <sub>-2,3</sub>	Заготовка	$R_z 200$	16	+5		$980^{+5}$
		Точити начорно	12,5	14	-2,3	3	$977_{-2,3}$
2	$\varnothing 70_{-0,74}$	Заготовка	$R_z 200$	16	2,5		$\varnothing 130 \pm 1,25$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\varnothing 125_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\varnothing 120_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,46	6	$\varnothing 108_{-0,46}$
		Точити начорно	12,5	12	-0,4	12	$\varnothing 84_{-0,4}$
		Точити начисто	12,5	12	-0,29	4,1	$\varnothing 75,8_{-0,29}$
3	M76×4-8g	Точити начисто	12,5	14	-0,74	2,9	$\varnothing 70_{-0,74}$
		Заготовка	$R_z 200$	16	2,5		$\varnothing 130 \pm 1,25$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\varnothing 125_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\varnothing 120_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,46	6	$\varnothing 108_{-0,46}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,4	12	$\varnothing 84_{-0,4}$
		Точити начисто	12,5	12	-0,29	4,1	$\varnothing 75,8_{-0,29}$
Нарізати різьбу	6,3	8	-0,535	4	M76×4-8g		
4	5±0,375	Напівфабрикат	12,5	12	-0,29		$\varnothing 75,8_{-0,29}$
		Прорізати канавку	12,5	14	-0,74	2,9	$\varnothing 70_{-0,74}$

					КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6	$\angle 1:10, l = 110 \pm 1,1$	Заготовка	$R_z 200$	16	2,5		$\emptyset 130 \pm 1,25$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\emptyset 125_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\emptyset 120_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,46	6	$\emptyset 108_{-0,46}$
		Точити начисто	6,3	13	-0,46	3,5	$\emptyset 101_{-0,46}$
7	$\emptyset 100h8_{(-0,054)}$	Заготовка	$R_z 200$	16	2,5		$\emptyset 130 \pm 1,25$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\emptyset 125_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\emptyset 120_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,46	6	$\emptyset 108_{-0,46}$
		Точити начорно	6,3	11	-0,29	3,6	$\emptyset 100,8_{-0,29}$
		Точити начисто	6,3	8	-0,054	0,4	$\emptyset 100h8_{(-0,054)}$
8	$\emptyset 100k6_{(+0,025, +0,003)}$	Заготовка	$R_z 200$	16	2,5		$\emptyset 130 \pm 1,25$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\emptyset 125_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\emptyset 120_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,46	6	$\emptyset 108_{-0,46}$
		Точити начисто	6,3	11	-0,29	3,6	$\emptyset 100,8_{-0,29}$
		Шліфувати	1,6	6	$+0,025$ $+0,003$	0,4	$\emptyset 100k6_{(+0,025, +0,003)}$
9	$130_{-1}$	Підрізати торець	12,5	14	-1	1	$130_{-1}$
10	$\emptyset 130$	Заготовка	$R_z 200$	16	2,5	0	$\emptyset 130 \pm 1,25$
11	$120 \times 2,5 \times 46$	Заготовка	$R_z 200$	16	2,5		$\emptyset 130 \pm 1,25$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\emptyset 125_{-0,5}$
		Точити начисто	6,3	8	-0,25	2,1	$\emptyset 120,8_{-0,25}$
		Шліфувати	3,2	6	-0,022	0,4	$\emptyset 120_{-0,022}$
		Фрезерувати	3,2			3,4	$120 \times 2,5 \times 46$
12	$408 \pm 1,8$	Підрізати торець	12,5	14	$\pm 1,8$	1	$408 \pm 1,8$
13	$\emptyset 110_{-0,87}$	Заготовка	$R_z 200$	16	2,5		$\emptyset 130 \pm 1,25$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\emptyset 125_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\emptyset 120_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	14	-0,87	5	$\emptyset 110_{-0,87}$
14	$330 \pm 1,8$	Підрізати торець	12,5	14	$\pm 1,8$		$330 \pm 1,8$
15	$\emptyset 100k6_{(+0,025, +0,003)}$	Заготовка	$R_z 200$	16	2,5		$\emptyset 130 \pm 1,25$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\emptyset 125_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\emptyset 120_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,46	6	$\emptyset 108_{-0,46}$
		Точити начисто	6,3	11	-0,29	3,6	$\emptyset 100,8_{-0,29}$
		Шліфувати	1,6	6	$+0,025$ $+0,003$	0,4	$\emptyset 100k6_{(+0,025, +0,003)}$

					<b>КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТТ</b>		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

17	$\triangleright 1:10, l = 110 \pm 1$	Заготовка	$R_z200$	16	2,5		$\varnothing 130 \pm 1,25$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\varnothing 125_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\varnothing 120_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,46	6	$\varnothing 108_{-0,46}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,46	3,5	$\varnothing 101_{-0,46}$
		Точити начисто	6,3	13		0,5	
18	$804_{-2,3}$	Підрізати торець	12,5	14	-2,3	1	$804_{-2,3}$
19	$5 \pm 0,375$	Напівфабрикат	12,5	12	-0,29		$\varnothing 75,8_{-0,29}$
		Прорізати канавку	12,5	14	-0,74	2,9	$\varnothing 70_{-0,74}$
20	$M76 \times 4 - 8g$	Заготовка	$R_z200$	16	2,5		$\varnothing 130 \pm 1,25$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\varnothing 125_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\varnothing 120_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,46	6	$\varnothing 108_{-0,46}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,4	12	$\varnothing 84_{-0,4}$
		Точити начисто	12,5	12	-0,29	4,1	$\varnothing 75,8_{-0,29}$
		Нарізати різьбу	6,3	8	-0,535	4	$M76 \times 4 - 8g$
21	$\varnothing 70_{-0,74}$	Заготовка	$R_z200$	16	2,5		$\varnothing 130 \pm 1,25$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\varnothing 125_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,5	2,5	$\varnothing 120_{-0,5}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,46	6	$\varnothing 108_{-0,46}$
		Точити начорно	12,5	13	-0,4	12	$\varnothing 84_{-0,4}$
		Точити начисто	12,5	12	-0,29	4,1	$\varnothing 75,8_{-0,29}$
		Точити начисто	12,5	14	-0,74	2,9	$\varnothing 70_{-0,74}$
22	$974_{-2,3}$	Напівфабрикат	12,5	14	-2,3		$977_{-2,3}$
		Точити начорно	12,5	14	-2,3	3	$974_{-2,3}$
23	2 отв. $\varnothing 10^{+0,36}$	Свердли 2 отвори	12,5	14	+0,36	5	$\varnothing 10^{+0,36}$
24	4 отв. $\varnothing 10^{+0,36}$ $l = 3,5 \pm 0,375$	Свердли 4 отвори	12,5	14	+0,36	5	$\varnothing 10^{+0,36}$
			12,5	14	$\pm 0,375$	3,5	$3,5 \pm 0,375$
25	$3 \times 45^\circ$	Підрізати фаску	12,5	14	0,3	3	$3 \times 45^\circ$

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП</i>		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

27	2×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3	2	2×45°
28	3×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3	3	3×45°
29	2×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3	2	2×45°
30	3×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3	3	3×45°
31	3×45°	Підрізати фаску	12,5	14	0,3	3	3×45°
32	28S7 <sub>(-0,027 -0,048)</sub>	Фрезерувати	6,3	7	-0,027	14	28 <sup>-0,027</sup>
			12,5	14	-0,048	14	14 <sup>-0,048</sup>
					+0,24		14 <sup>+0,24</sup>

### 3. 7Вибір верстатного оснащення

3.7.1 Проектування спеціального пристрою для свердлування чотирьох отворів Ø10H12мм.

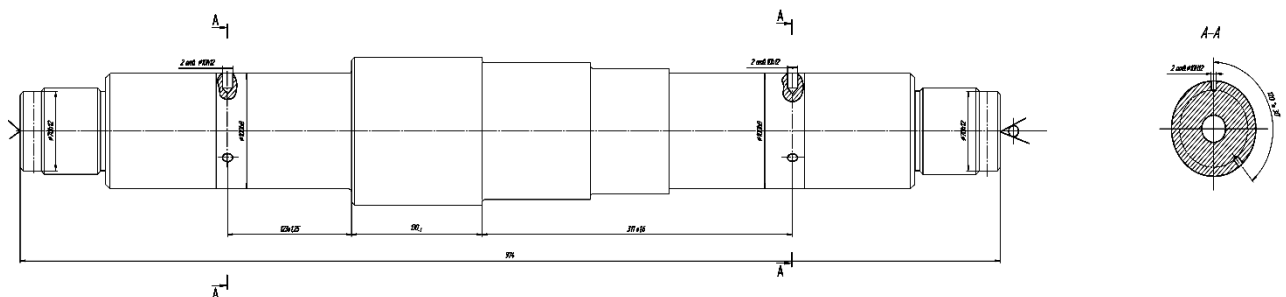


Рисунок 3.1 – Ескіз механічної обробки валу

Режими різання:

$$t = 5 \text{ мм} ; S = 0,25 \text{ мм/об} ; v = 28 \text{ м/хв.} ; P_{\text{різ}} = 1729 \text{ Н.} ; M_{\text{кр}} = 7,62 \text{ Н}$$

Тип пристрою – одномісцевий з не механізованим приводом.

Для обробки поверхонь вибираємо координатно-свердлувальний верстат моделі 2554Ф2. Стіл L x B = 1600 x 860, мм; Ширина T – образного пазу 22мм. Річна програма – 1500 шт.

При виконанні даної механічної операції обробки отворів установчою базою являється поверхня 2130 x 1600 мм, яка позбавляє деталь трьох ступенів вільності, Ø 28H7 позбавляє двох ступенем вільності, опорна база Ø 28H7 мм поверхні деталі, позбавляє деталь шостої ступені вільності при обертанні навколо осі деталі. Деталь має повну схему базування, та полишає шести ступеней вільності.

Вибираємо установчі елементи спеціального пристрою  
Вибір здійснюємо згідно схеми базування.

Згідно схеми базування виконуємо розрахунок дійсного значення похибки базування .

$$\varepsilon_{\delta} = IT_{\delta} ,$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП				

де:  $IT_{\text{ц}}$  – допуск на діаметр центрального отвору;  
 $IT_{\text{ц}} = 0,03\text{мм}$

$$\varepsilon_{\sigma} = IT_{\text{ц}}$$

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,03 = 0,03\text{мм},$$

На підставі засобу базування деталі і розміщення установчих елементів, визначаємо місце накладання сил затиску деталі та розраховуємо величину сили затиску. Величину сил затиску визначаємо в залежності від сили різання та її моменту, які діють на деталь при свердлуванні отворів.

Складаємо рівняння рівноваги всіх моментів відносно вісі деталі, що діють на деталь під час обробки.

$$\sum M_0 = 0$$

$$F_{\text{мп}} \cdot \text{tg} \beta + \varphi_1 = K \sqrt{M_{\text{кр}}^2 - P_0} \cdot D / 2l^2 \frac{\pi g (\beta \oplus \varphi (3l/a) \text{tg} \phi^2)}{\text{tg} (\beta \oplus \varphi)};$$

$$F_{\text{мп}} = Wf$$

(3.1)

$$W = 40,5H$$

де  $\beta$  – кут між утворюючим кутом центра задньої бабки та віссю супорта.

$\varphi_1$  – кут тертя на поверхні конуса центра.

$\varphi_2$  – кут тертя на поверхні пінолі.

$l$  – відстань від середини центрального гнізда до середини пінолі.

$\alpha$  – довжина пінолі.

Закріплення заготовки в пристрою при механічній обробці виконуємо за допомогою пристосування з немеханізованим затиском. Затиск здійснюється гвинтовим затискачем, що передається через маховик задньої бабки.

Визначимо вихідне зусилля.

Приймаємо довжину плеча маховика 100мм.

$$Q = W \cdot r_{\text{сп}} \cdot \text{tg} [\alpha + \varphi] / L, \text{ н}$$

W- зусилля затискача

r- діаметр болта

(3.2)

$$Q = 40,5 \cdot 10 \text{tg} 12^\circ / 100 = 0,735 \text{Н}.$$

Вибір чи проектування базових та допоміжних елементів пристрою

– Вибираємо допоміжні елементи спеціального пристрою. До них відносяться: Передня та задня бабки,

– Болт – ДСТУ ОСТ 26- 2037 :2008: d = M22мм,

– Болт – ДСТУГОСТ 3033 :2008: d = M22мм,

– Гайка – ДСТУ ГОСТ 5915:2008: d = M22 мм;

– Гайка – ДСТУГОСТ 12460 :2008: d = M22мм;

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для обробки отворів проектуємо стійку кондукторну з плитою. Вибираємо кондукторні втулки постійні та змінні згідно оброблюємих отворів.

Втулка постійна - зовнішній діаметр 19h7мм;

Втулка змінна - зовнішній діаметр 15h7мм;

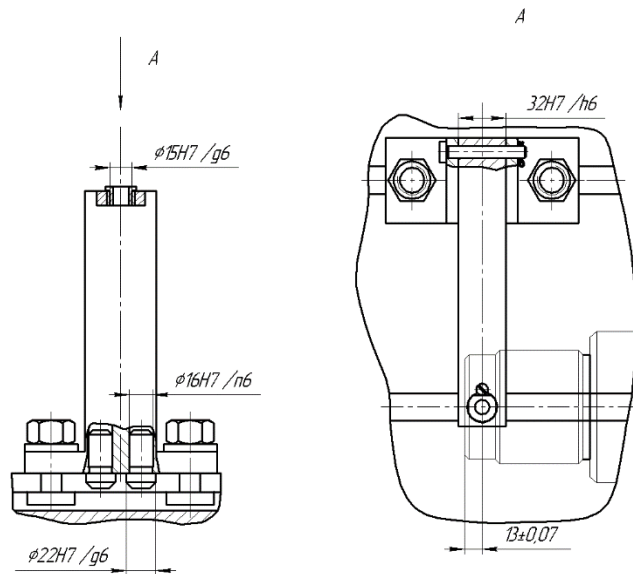


Рисунок 3.2 – Стійка кондукторна і втулки кондукторні

#### Визначення похибки розташування пристрою на верстаті

Згідно паспортним даним верстата засіб встановлення пристрою здійснюється на стіл верстата за допомогою двох бабок, точність встановлення яких здійснюється за допомогою пальців циліндричних. Закріплення здійснюється гвинтовими зажимами. Визначаємо похибку розташування пристрою на верстаті [5].

Посадковим місцем для установки центрових бабок на верстаті є стіл. Установка пристрою на верстаті забезпечуються направляючими пальцями, що вводяться Т-подібний паз столу.

Конструктивні параметри пальця

$$B = 22g7$$

Конструктивні параметри Т-подібного пазу

$$a = 22H8$$

Установка пристрою буде здійснюватись з деякою похибкою, яка включає:

$\delta_{p.n.}$  – похибка розташування пристрою на верстаті

$$\delta_{p.n.} = \frac{l \cdot S_{max}}{l_{ун}}$$

де  $l$  – довжина оброблювальної деталі,  $l = 3,5$  мм;

$S_{max}$  – максимальний зазор у сполученнях поверхонь, що базують,

$$S_{max} = \frac{ES_{наза} - ei_{ун}}{2} = \frac{0,033 + 0,029}{2} = 0,031 \text{ мм}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП				

$$\delta_{p.n.} = 0,00008 \text{ мм.}$$

$\delta_{n.o.}$  – похибка взаємного розташування в пристрою його опорних елементів і посадкових поверхонь; похибка складає  $(1/3 \dots 1/5)T$  допуску розміру опорних елементів.

$$T = 0,01 \dots 0,025 \text{ мм на } 100 \text{ мм довжини}$$

$$\delta_{n.o} = \frac{1}{4} \cdot 0,01 = 0,0025 \text{ мм.}$$

### 3.7.2 Розрахунок на точність верстатного пристрою

Визначаємо складові сумарної похибки при розрахунку точності верстатних пристроїв. Сумарна похибка пристрою розраховується за формулою 6.5

При обробці заготовок у пристроях на налаштованих верстатах можна виділити наступні незалежні основні складові похибки:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_{\sigma}^2 + \delta_{p.n.}^2 + \delta_{n.p.}^2 + \delta_{\text{з}}^2 + \delta_{n.n.}^2 + \delta_{\text{зн}}^2}, \quad (3.3)$$

де  $\delta_{\sigma}$  - похибка базування заготовки в верстатному пристрої  $\delta_{\sigma} = 0,03 \text{ мм}$ ;

$\delta_{p.n.}$  - похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті

$$\delta_{p.n.} = 0,00008 \text{ мм};$$

$\delta_{n.p.}$  – похибка взаємного розташування у верстатному пристрої опорних елементів (пластин) з базовими поверхнями деталей;

$$\delta_{n.p.} = \frac{1}{4} \cdot T, \quad (3.4)$$

де  $T$  – допуск на розмір 100 мм,  $T = 0,01 \text{ мм}$

$$\delta_{n.p.} = \frac{1}{4} \cdot 0,01 = 0,0025 \text{ мм}$$

$\delta_{\text{з}}$  - похибка закріплення заготовки в пристрої,  $\delta_{\text{з}} = 0$ ;

Похибка зносу установчих елементів,  $\delta_{\text{зн}} = 0$ .

$\delta_{n.n.}$  – похибка розміщення робочої кондукторної втулки

$$\delta_{n.n.} = \delta_{\kappa} + \delta_{\text{вт}} + \delta_{\text{с}}$$

$\delta_{\kappa}$  - похибка розміру від опорного елемента до осі нерухомої втулки

$\delta_{\text{вт}}$  - похибка ексцентриситету

$\delta_{\text{с}}$  - похибка максимального зазору між нерухомою втулкою та швидкозмінюючою.

$$\delta_{n.n.} = 0,012 + 0,066 + 0,01 = 0,088 \text{ мм.}$$

$K$  – коефіцієнт, який враховує відділення розсіювання значень складових величин закону нормального розподілу.  $K = 1,2$

Отже, сумарна похибка пристрою

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\delta_{\Sigma} = 1,2 \cdot \sqrt{0,00008^2 + 0,03^2 + 0,0025^2 + 0,088^2} = 0,11 \text{ мм.}$$

Отже, спеціальний пристрій буде забезпечувати задану точність обробки, сумарна похибка пристрою не перевищує допуск.

### 3.8 Проектування контрольного пристрою

Вибір та розробку схеми контролю виконуємо згідно вимог з точності розмірів, відхилення форми і розташування поверхонь .

За розробленою схемою контролюємо торцеве биття торцевих поверхонь, яке повинне не перевищувати 0,025 мм відносно вісі деталі.

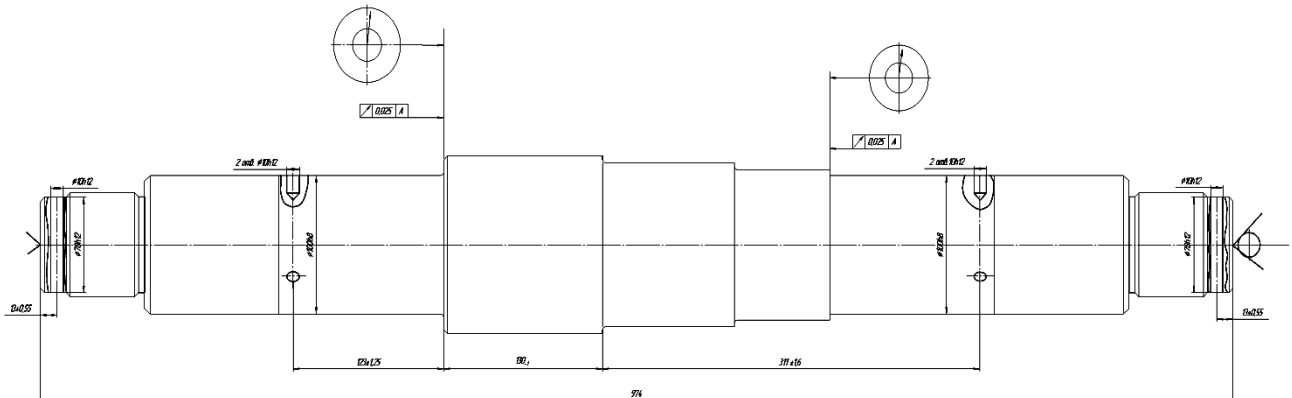


Рисунок 3.3 – Схема контрольного пристрою

Схема базування розробляється згідно схеми контролю. Деталь базується центровими отворами в центових бабках. Технологічна база співпадає з вимірювальною.

#### Вибір і проектування установчих елементів пристрою

Згідно конструктивних параметрів деталі, вибір установчих елементів пристрою виконуємо згідно схеми базування та контролю.

До установчих елементів контрольного пристрою входять:

Дві центрові бабки, які розміщуються на столі на відстані довжини деталі. Передня бабка не рухома, а задня рухома за допомогою якої здійснюється закріплення деталі під час виміру деталі.

#### Вибір контрольного приладу

Вимірювальні засоби вибираємо в залежності від точності вимірювальної величини 0,025 мм. В якості вимірювального пристрою вибираємо індикатор часового типу 1МИГ ДСТУ ГОСТ 9696 -75, ціна поділу якого повинна бути на порядок точніше від вимірювальної величини, тобто дорівнювати 0,001 мм .

Виконуємо загальну компоновку контрольного пристрою .

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На даному рисунку представлена деталь, яка встановлена між бабками центровими. Торцеве биття здійснюється індикатором. Закріплюється індикатор за допомогою гвинта на потрібну висоту.

Вимірювання починаються з того, що попередньо стрілку індикатора налаштовують на позначці шкали індикатора на нуль. Повільне обертання індикатора дає можливість зафіксувати відхилення стрілки вимірювання.

Торцеве биття не повинне перевищувати 0,025 мм.

Розрахунок точності контрольного пристрою

Допустима похибка контролю знаходиться:

$$[\Delta] = (0,08 \div 0,3)T, \text{ мм} \quad (3.5)$$

де  $[\Delta]$  – допустима похибка вимірювання;

$T$  – допуск на вимірювальний розмір,  $T = 0,025$  мм.

$$[\Delta] = 0,2 \cdot 0,025 = 0,005 \text{ мм.}$$

Визначаємо сумарну похибку вимірювання

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{Л.Р.}} + \Delta_{\text{П.П.}} + \Delta_{\text{У.Е.}} + \sqrt{\Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{\text{деф}}^2 + \Delta_{\text{вин}}^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2}, \quad (3.6)$$

де  $\Delta_{\text{Л.Р.}}$  – похибка лінійних розмірів (висота встановлювальних пальців),

$\Delta_{\text{П.П.}}$  – похибка передаючих пристроїв (важелів),

$\Delta_{\text{У.Е.}}$  – похибка виготовлення установчих елементів;

$\Delta_{\sigma}$  – похибка базування;

$\Delta_{\text{деф}}$  – похибка, яка визивається деформацією деталі;

$\Delta_{\text{вин}}$  – випадкові похибки,

$$\Delta_{\text{вин}} = 0,05 \cdot T = 0,05 \cdot 0,025 = 0,00125 \text{ мм.}$$

$\Delta_3$  – похибка закріплення;

$\Delta_{\text{інд.}}$  – похибка індикатора,  $\Delta_{\text{інд.}} = 0,001$  мм.

Остаточно формула 3.7 буде мати вигляд:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{У.Е.}} + \sqrt{\Delta_{\text{вин}}^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2}, \quad (3.7)$$

$$\Delta_{\text{У.Е.}} = \Delta_{\Sigma} - \sqrt{\Delta_{\text{вин}}^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2},$$

$$\Delta_{\text{У.Е.}} = 0,005 - \sqrt{0,00125^2 + 0,001^2} = 0,003 \text{ мм.}$$

Допустима не співвісність осей двох бабок визначається за формулою:

$$\Delta_3 = \Delta_{\text{У.Е.}} \cdot L/l$$

$$\Delta_3 = 0,003 \cdot 974/330 = 0,009 \text{ мм.}$$

					КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.9 Моделювання та програмування операцій механічної обробки за допомогою FeatureCAM систем. Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК

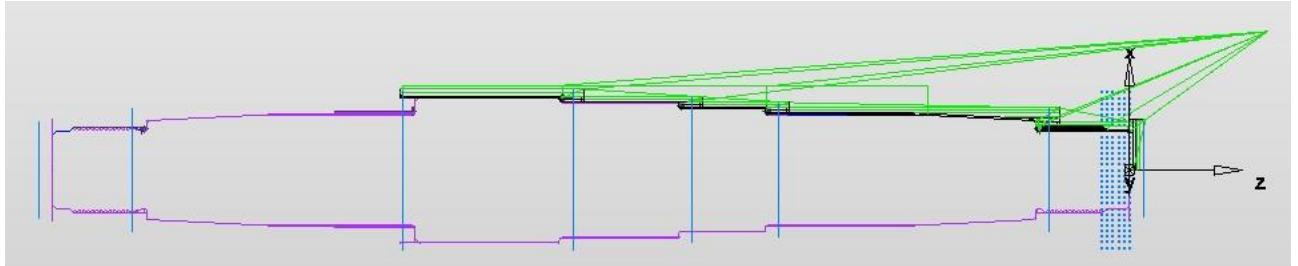


Рисунок 3.4- Траекторія руху різця

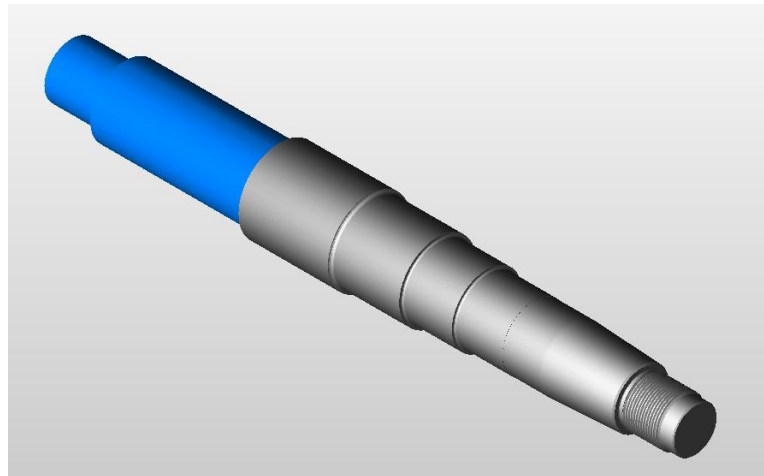


Рисунок 3.5 - Установ А. Вид обробленої поверхні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

<pre>( OPERATION: ROUGH TURN TOCHINNYA2 ) N280 G0 X112.0 Z-63.0 N290 G50 S3000 N300 G96 S110 N310 G0 X112.0 Z-63.0 M8 N320 G71 U4.0 R0.5 N330 G71 P340 Q400 U3.0 W0. F0.6 N340 G1 X76.0 F0.6 N350 Z-85.0 N360 X85.2 N370 X89.407 Z-87.103 N380 X100.0 Z-195.0 N390 Z-310.0 N400 X102.0 ( OPERATION: ROUGH TURN TOCHINNYA3 ) N420 G0 X122.0 Z-308.0 N430 G50 S3000 N440 G96 S110 N450 G0 X122.0 Z-308.0 M8 N460 G71 U4.0 R0.5 N470 G71 P480 Q530 U3.0 W0. F0.6 N480 G1 X100.0 F0.6 N490 Z-327.5 N500 G2 X105.0 Z-330.0 R2.5 F0.6 N510 G1 X110.0 N520 Z-388.0 N530 X112.0 ( OPERATION: ROUGH TURN TOCHINNYA4 ) N550 G0 X132.0 Z-386.0 N560 G50 S3000 N570 G96 S110 N580 G0 X132.0 Z-386.0 M8 N590 G71 U4.0 R0.5 N600 G71 P610 Q660 U3.0 W0. F0.6 N610 G1 X110.0 F0.6 N620 Z-405.5 N630 G2 X115.0 Z-408.0 R2.5 F0.6 N640 G1 X120.0 N650 Z-496.0 N660 X122.0</pre>	<pre>( OPERATION: FINISH TURN TOCHINNYA CH1 ) N1090 G0 Z-182.0 N1100 G50 S3000 N1110 G96 S130 N1120 G0 X151.0 Z-182.0 M8 N1130 X100.0 N1140 G1 Z-255.0 F0.3 N1150 X100.8 F0.09 N1160 Z-327.5 F0.3 N1170 G2 X105.8 Z-330.0 R2.5 N1180 G1 X112.0 N1190 X116.243 Z-327.879 N1200 G0 X151.0 N1210 G28 U0 N1220 G28 W125.0  ( OPERATION: THREAD: OUTER M76X4_1 ) N1690 T505 N1700 G50 S3000 N1710 G96 S120 M3 N1720 G0 X82.0 Z-17.337 M8 G76 P020060 Q2454 R0 G76 X71.092 Z-81.0 R0 P2454 Q02454 F4.0 N1750 G28 U0 N1760 G28 W0 N1770 M30 %</pre>
Рисунок 3.6- Керуюча програма на установ А	

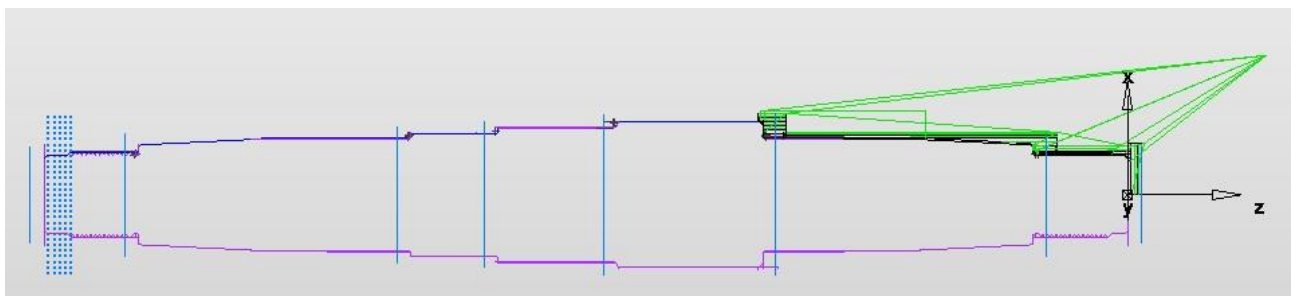


Рисунок 3.7- Траекторія руху токарного різця

					КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

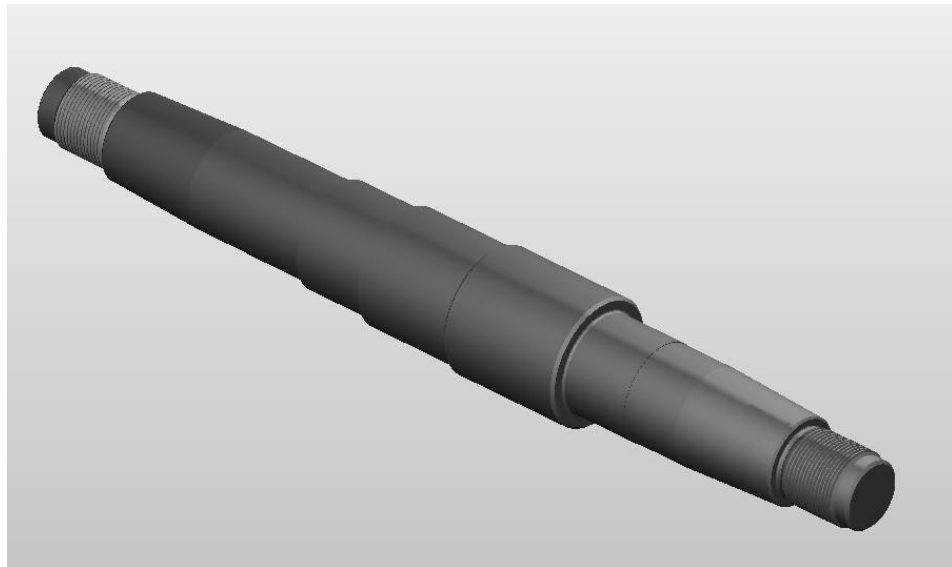


Рисунок 3.8-Установ Б . Вид обробленої деталі

```

%
OVal( FILENAME = Val_2ust)      ( OPERATION: FINISH TURN TOCHINNYA CH3
N20 G21 G40                     N780 G0 Z-182.061
N30 G28 U0                       N790 G50 S3000
N40 G28 W0                       N800 G96 S130
( OPERATION: ROUGH FACE TOREC2  N810 G0 X151.0 Z-182.061 M8
N60 T101                         N820 X100.0
N70 G97 S400 M3                 N830 G1 Z-255.0 F0.3
N80 G0 X92.0 Z15.0 M8          N840 X101.4
N90 G72 W4.0 R0.5              N850 Z-325.5
N100 G72 P110 Q120 U0. W0. F0.5 N860 G2 X106.4 Z-328.0 R2.5
N110 G1 Z0. F0.5               N870 G1 X132.0
N120 X0.                         N880 X136.243 Z-325.879
( OPERATION: ROUGH TURN TOCHINNY N890 G0 X151.0
N140 G0 X86.0 Z3.0             N900 G28 U0
N150 G50 S3000                  N910 G28 W125.0
N160 G96 S110                    ( OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER KANAVKA
N170 G0 X86.0 Z3.0 M8          N930 T404
N180 G71 U4.0 R0.5             N940 G50 S3000
N190 G71 P200 Q260 U3.0 W0. F0.6 N950 G96 S135 M3
N200 G1 X64.0 F0.6             N960 G0 X78.0 Z-83.0 M8
N210 Z0.                         N970 X70.011 Z-80.5
N220 X70.0 Z-3.0               N980 G2 X70.0 Z-80.604 R1.0 F0.1
N230 Z-15.0                     N990 G1 Z-83.0
N240 X76.0 Z-18.0              N1000 X78.0
N250 Z-65.0
N260 X78.0

```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ІІІІ

Арк.

Рисунок 3.9 - Керуюча програма на другий перехід	

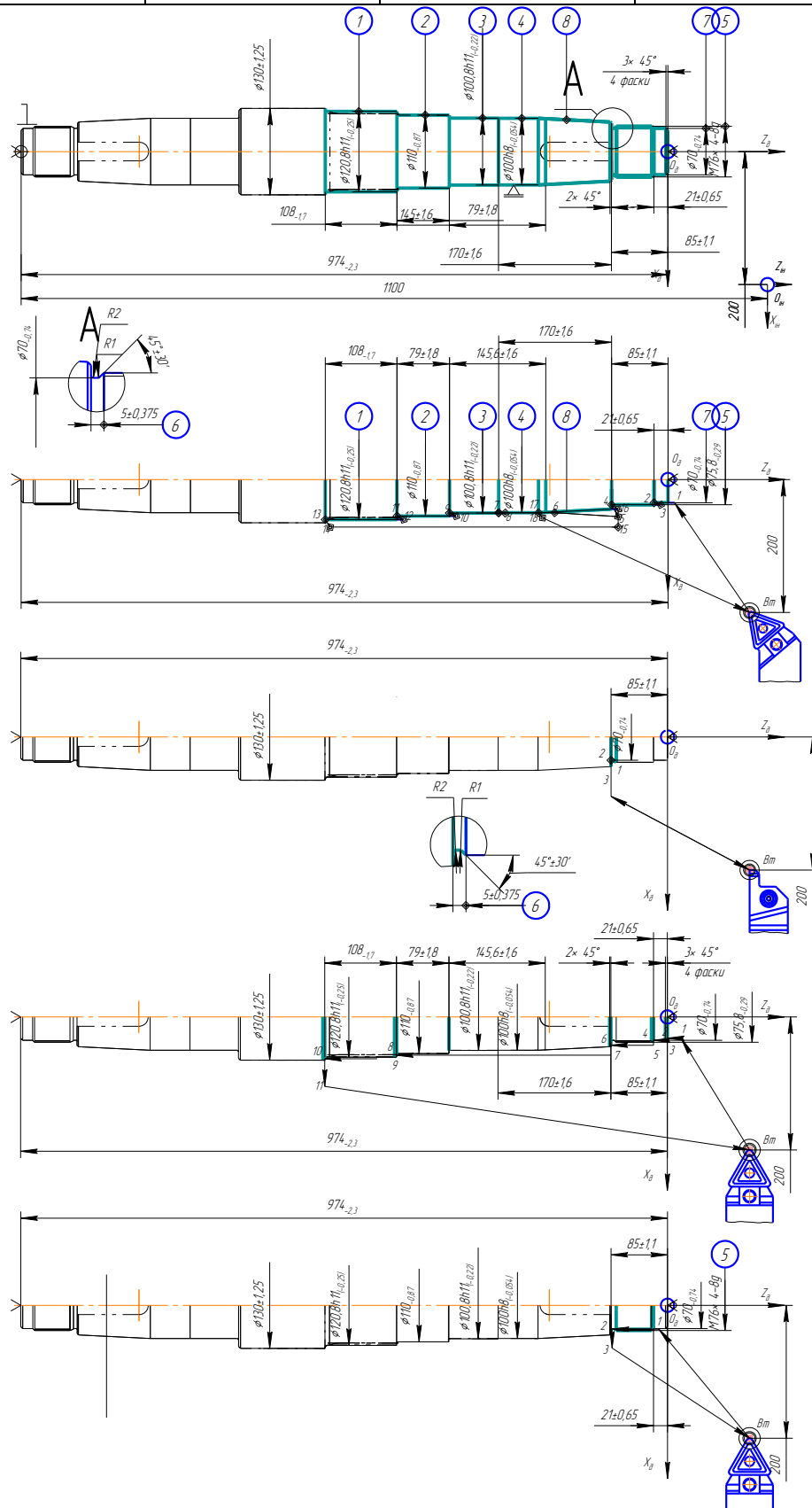
Верстатно-інструментальне налагодження розроблюємо на токарну операцію на верстат з ЧПК моделі 16К20Ф3 з пристроєм 2Р22.

Згідно розрахунково-технологічної карти визначаємо координати опорних точок відносно нуля деталі та заносимо дані в таблицю 3.9

Таблиця 3.9 - Координати опорних точок

Інструмент	Номер точки	Координати, мм	
		X	Z
<i>l</i>	2	3	5
T1	0	200	100
	1	2	2
	2	70	2
	3	70	-21
	4	70	-85
	5	70	-160
	6	100	-160
	11	100	-160
	7	100	-162
	8	100	-255
	9	108	-330
	10	110	-330
T1	12	110	-430
	13	120	-430
	14	120	-516
	15	200	100
T2	0	200	100
	1	70	70
	2	70	-85
	3	200	100
T3	0	200	100
	1	2	2
	2	70	-2
	3	70	-4
	4	70	-21
	5	110	-408
	6	110	-410
	7	120	-518
	8	120	-516
	9	200	100

	1	2	2
	2	70	-21
	3	70	-85
	0	200	100



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.02-02.03.ІІІІ

Арк.





## 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

### 4.1 Захист від шуму та ультразвуку. Методи боротьби із шумом

У тих випадках, коли неможливо ізолювати галасливі машини або через необхідністю стежити за робочим процесом, пульт керування машин укладають в звукоізолювану кабінку з оглядовим вікном, при цьому приміщення кабінки акустично обробляється.

Для захисту працюючих від безпосереднього (прямого) впливу шуму використовують екрани, що встановлюються між джерелом шуму та робочим місцем. Акустичний ефект екрану заснований на освіті за ним області тіні, куди звукові хвилі проникають лише частково.

Ступінь проникнення залежить від співвідношення між розмірами екрану і довжиною хвилі чим більше  $\lambda$ , тим менше при даних розмірах область тіні за екраном, а отже, і зниження шуму. Тому екрани застосовують в основному для захисту від середньо- та високочастотного шуму. На низьких частотах екрани малоефективні, так тим менше при даних розмірах область тіні за екраном, а отже, і зниження шуму.

Тому екрани застосовують в основному для захисту від середньо- та високочастотного шуму. На низьких частотах екрани малоефективні, так як за рахунок ефекту дифракції звук легко їх огинає. Важлива також відстань від джерела шуму до екранованого робочого місця - чим воно менше, тим більше ефективність екрану.

Для підвищення ефективності екрани часто роблять складні форми при цьому їх облицьовують звукоізолюючим матеріалом. У галасливих цехах ряд робочих місць, наприклад, операторів пультів управління розміщують у звукоізолювані кабінки.

Глушники шуму застосовуються в основному для зменшення шуму різних аерогазодинамічних установок та пристроїв.

У практиці боротьби з шумом використовують глушники різних конструкцій, які залежить від конкретних умов кожної установки, спектру шуму та необхідного заглушення.

Глушники прийнято розділяти на активні та реактивні.

Віднесення до того чи іншого класу визначається за принципом роботи: активні глушники, що містять звукопоглинаючий матеріал, поглинають звукову енергію, що надійшла в них, а реактивні відбивають її назад до джерела.

Найбільш простим глушником активного типу є облицьовання каналу звукопоглинаючим матеріалом, так званий трубчастий глушник.

Волокнистий звукопоглинаючий матеріал застосовують у вигляді набивання або у вигляді матів, якими обгортається внутрішня перфорована труба. Зазвичай крок перфорації  $t = 2d$ , де  $d$  — діаметр перфорації (4 — 8 мм); коефіцієнт перфорації при цьому дорівнює 0,2.

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02.04.ОЕП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Материнський</i>				<b>ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Кіяновський</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>					<i>Каф.ТМ , гр ПМ -21ск</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасв</i>							

Зменшення цього значення коефіцієнта перфорації призводить до помітного зниження ефективності глушіння на високих частотах;

Для скорочення довжини глушника за рахунок підвищення його ефективності у каналі встановлюють звукопоглинаючі пластини, розбиваючи його тим самим на ряд окремих каналів меншого поперечного перерізу .

Зниження шуму в трубчастому глушнику (круглому або квадратному) може бути визначено за дослідними даними.

Ефективне зниження шуму забезпечують стільникові глушники, хоча застосування їх у ряді випадків важко через відносно високий гідравлічного опору та неможливості здійснення прохідного каналу. Згасання шуму на облицьованих поворотах може бути значним до 10—15 дБ.

Необхідна довжина глушника  $l_{тр}$  (м) :

$$l_{тр} = \Delta L_{тр} / \Delta L, \quad (4)$$

де  $\Delta L_{тр}$  — потрібне заглушення, дБ;  $\Delta L$  — заглушення на 1 м довжини глушителя (береться з довідників).

#### 4.2 Оцінка техніко-економічної ефективності виробництва

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	16К20	4-ий верстат	16К20Ф3
<i>Деталь</i>					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1500				1500
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$ , хв.	180	180	180		80
Час наладки верстата, хв.	160	160	160		120
Розряд:					
контролера	5				5
верстатника	4	3			2
наладчика	3	3			5
наладчика інструменту		4			4
Кількість кадрів програми, шт.					300
Вартість заготовки $S_{zg}$ , грн.	2374				2374
Вартість комплексу спец. пристосувань $K_{пр}$ , грн	500	500	500		500
Оптова ціна на прокат одного УСП $Ц_{сп}$ , грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0	0			10
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	45		120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1		3

## Оцінка техніко-економічної ефективності виробництва

Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0	0		10
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	45	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному $K_t$	0,083	0,083		0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.				8,9
Вартість розробки ПК К <sub>пк</sub> , грн.				2300
Середньочасова зарплата робітника, грн:				
верстатника $N_{ст}$	33,6	32,3	32,3	30,1
наладчика $N_{нал}$	33,6	28,2	28,2	34,3
наладчика інструмента $N_{ін}$	25	25	25	31,1
контролера $N_k$	29,8			29,8
<b>Верстати</b>				
Клас точності верстата	Н	Н	Н	А
Маса верстата, т	30	30	30	50
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,495 x 4,55	5,495 x 4,55	5,495 x 4,55	9,4 x 6,4
Габарити пристрою ЧПК, м				0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК				FANUC 0iMF
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{вк}$ , років	7	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	10	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:				
механічної частини $R_{м}$	51	51	51	60
електротехнічної частини $R_{е}$	43	43	43	70
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий $d$ , шт	1	1	1	2
Оптова ціна верстата $C_v$ , грн.	110000	1100000	110000	2200000
Коефіцієнт завантаження верстата $\eta_v$	0,75	0,75	0,78	0,95
Площа верстата за габаритами $A_v$ , м. кв.	25,0	25,0	25,0	45,0
Площа пристрою ЧПК $A_{у}$ , м. кв.				0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.				
механічної частини $H_{м}$	401	401	401	272
електротехнічної частини $H_{е}$	86	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК $Q_v$ , грн.	0	0		1950

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КНУ.КБР.131.24.02-02.04.ОЕП

Арк.

Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	0	0			1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, $\gamma$	2,5	2,5	2,5		2
Коеф., що враховує клас точності верстата, $\mu$	1	1	1		1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{\text{еб}}$ , год	3975	3975			3845
<b>Виробничі та інші площі</b>					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{\text{мх}}$ , 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 $A_{\text{б}}$ , м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $\Pi_{\text{ц}}$ , грн.	180	180			200

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	16К20	4-ий верстат	16К20Ф3
Трудомісткість обробки $T_{\text{шт}}$ , год	400	400	4500	0	1500
Час наладки верстата впродовж року $T_{\text{н}}$ , год	32	32	32	0	24
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{\text{ин}}$ , год	0	0,00	0	0	20,00
Час контролю деталей впродовж року $T_{\text{к}}$ , год	33,2	33,2	0	0	124,5
Кількість верстатників $P_{\text{ст}}$ , чол. (розрах.)	0,22	0,22	2,42	0,00	0,40
(дійсна)	1	1	3	0	1
Кількість наладчиків верстатів $P_{\text{н}}$ , чол. (розрахункова)	0,0172	0,0172	0,0172	0,0000	0,0129
(дійсна)	1	1	1	0	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{\text{ин}}$ , чол. (розрахункова)	0	0,0000	0	0	0,01075
(дійсна)	0	0	1	0	1
Кількість контролерів $P_{\text{к}}$ , чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,000	0,00	0,07
(дійсна)	1				1

**Собівартість механічної обробки річного випуску деталей**

$$C = I_2 + I_k + I_{ик} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_а + I_{пл} + I_{сл} + I_p + I_y + I_k,$$

- де  $I_2$  – зарплатня верстатника;  $I_{пк}$  – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;
- $I_k$  – зарплатня за наладку верстата;  $I_{сл}$  – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;
- $I_{ик}$  – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстат;  $I_p$  – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;
- $I_{пк}$  – витрати на підготовку та поновлення керуючої програм;  $I_y$  – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;
- $I_{пр}$  – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосує;  $I_k$  – зарплатня контролера
- $I_{усп}$  – витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні;
- $I_а$  – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

$C_1$  на деталь = 255,34  
 $C_2$  на деталь = 76,92

	$I_2$	$I_k$	$I_{ик}$	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	$I_а$	$I_{пл}$	$I_{сл}$	$I_p$	$I_y$	$I_k$	
$C_1 =$	285026	+ 4528,74	+ 0,00	+ 0,00	+ 560	+ 0	+ 9413,34	+ 3655,52	+ 70000	+ 7846,1	+ 0,0	+ 1978,72	= 383008,35
$C_2 =$	37522	+ 1294,47	+ 234,00	+ 766,6667	+ 186,67	+ 0	+ 17424,00	+ 3024,00	+ 35000	+ 15410,4	+ 813,6	+ 3710,1	= 115386,27

**1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова)  $I_2$**

$$I_2 = N_{ст.зар} \cdot T_{шт} / d$$

- де  $N_{ст.зар}$  – 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

$$N_{ст.зар} = N_{ст} + Z_d + C_{вдр} + C_{прем}$$

- де  $N_{ст}$  – тарифна ставка верстатника, грн;
- $Z_d$  – додаткова заробітна платня, 8%
- $C_{вдр}$  – відрахування на соціальне страхування, 12%
- $C_{прем}$  – преміальні доплати, 35%

$$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$$

Базовий варіант					Новий варіант				
	$I_2 =$	$N_{ст.зар}$	$T_{шт}$	$d$		$I_2 =$	$N_{ст.зар}$	$T_{шт}$	$d$
16К20	22339	55,85	400	1	16К20Ф3	37522	50,03	1500	2
16К20	21098	52,74	400	1	<b>Всього <math>I_2</math></b>	<b>37522</b>			
16К20	241589	53,69	4500	1					
4-ий верстат	0	0	0	0					
<b>Всього <math>I_2</math></b>						<b>285026</b>			

КНУ.КВР.131.24.02-02.04.0ЕП

Змін.  
 Арк.  
 № док.  
 Підпис  
 Дата

Арк.

Змін.  
Арк.  
№ докум.  
Підпис  
Дата

**2. Зарплатня за наладку верстата  $I_n$**

$I_n = N_{\text{наладк}} \cdot T_n$

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

$N_{\text{наладк}} = N_{\text{нал}} + Z_n + C_{\text{соц}} + C_{\text{прем}}$

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

$T_n = t_n \cdot j_p / 60$

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

Базовий варіант				Новий варіант			
	$I_n =$	$N_{\text{нал}}$	$T_n$		$I_n =$	$N_{\text{нал}}$	$T_n$
16К20	1690,73	52,84	32	16К20Ф3	1294,47	53,94	24
16К20	1419,01	44,34	32	<b>Всього <math>I_{n2}</math></b>	<b>1294,47</b>		
16К20	1419,01	44,34	32				
4-ий верстат	0,00	0,00	0				
<b>Всього <math>I_{n1}</math></b>	<b>4528,74</b>						

КНУ.КВР.131.24.02-02.04.0ЕП

Арк.

	Базовий варіант			Новий варіант		
<b>3. Зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом, <math>I_{ин}</math></b>						
$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{п.ин.}$						
де $N_{ин}$ – середньочасова зарплатня наладчика, грн;						
$T_{п.ин.}$ – час, який витрачається на налагодження інструмента поза верстатом, хв						
$T_{п.ин.} = 1,3 \cdot t_{ин} \cdot T_{шт} \cdot k_{г} / (T \cdot n_{г})$						
де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;						
$t_{ин}$ – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;						
$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;						
$k_{г}$ – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює						
$T$ – середній період стійкості інструменту, хв.;						
$n_{г}$ – кількість граней пластинки, що не переточується						
16К20	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{п.ин.}$	0	25	0	16К20Ф3	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{п.ин.}$
16К20	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{п.ин.}$	0,00	31,1	0,00	Всього $I_{ин2}$	1112,00
16К20	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{п.ин.}$	0,00	25	0		
4-ий верстат	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{п.ин.}$	0,00	0	0		
Всього $I_{ин1}$		0,00				

	Базовий варіант			Новий варіант		
<b>4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми <math>I_{пк}</math></b>						
$I_{пк} = K_{пк} / Z$						
16К20	$I_{пк} = K_{пк} / Z$	0	0	1500	16К20	$I_{пк} = K_{пк} / Z$
16К20	$I_{пк} = K_{пк} / Z$	0	0	1500	16К20Ф3	$I_{пк} = K_{пк} / Z$
16К20	$I_{пк} = K_{пк} / Z$	0,00	0	3	Всього $I_{пк2}$	766,667
4-ий верстат	$I_{пк} = K_{пк} / Z$	0	0	1500		
16К20	$I_{пк} = K_{пк} / Z$	0,00	0	3		
Всього $I_{пк1}$		0,00				
						766,6666667

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань  
 $I_{пр}$

$$I_{пр} = K_{пр} (1/Z + 0,04)$$

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

		Базовий варіант			Новий варіант		
		$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$			$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$		
16К20		186,66667	500	0,3333	16К20Ф3	186,667	500 0,33
16К20		186,66667	500	0,3333	Всього I <sub>пр2</sub>	186,6666667	
16К20		186,66667	500	0,3333			
4-ий верстат		0	0	0,3333			
Всього I <sub>пр1</sub>		560					

КНУ.КВР.131.24.02-02.04.ОЕП

Арк.



Змін.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
КНУ.КВР.131.24.02-02.04.ОЕП	
Арк.	

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

$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$   
де  $Ц_{усп}$  – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн

		Базовий варіант			Новий варіант				
16К20	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	0	0	12	16К20Ф3	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	0	0	12
16К20	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	0	0	12	<b>Всього <math>I_{усп2}</math></b>		<b>0</b>		
16К20	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	0	0	12					
4-ий верстат	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	0	0	12					
<b>Всього <math>I_{усп1}</math></b>		<b>0</b>							

**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				
16К20	$I_a = K_6 \cdot A$	701,34	17534	0,04	16К20Ф3	$I_a = K_6 \cdot A$	17424,00	435600	0,04
16К20	$I_a = K_6 \cdot A$	8712,00	217800	0,04	<b>Всього <math>I_a2</math></b>		<b>17424,00</b>		
16К20	$I_a = K_6 \cdot A$	0,00	0	0					
4-ий верстат	$I_a = K_6 \cdot A$	0,00	0	0					
<b>Всього <math>I_a1</math></b>		<b>9413,34</b>							

Змін.  
 Арк.  
 № док.ум.  
 Підпис  
 Дата  
 КНУ/КВР.131.24.02-02.04.ОЕП  
 Арк.

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

$$I_{пл} = N_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де  $N_{пл}$  – 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						
	$I_{пл} =$	$N_{пл}$	$(A + A_y)$	$\gamma$	$\beta$	
16К20	1630,34	180	25,002	0	2,5	0,14
16К20	2025,18	180	25,002	0	2,5	0,18
16К20	0,00	0	25	0	2,5	0,00
4-ий верстат	0,00	0	0	0	0	0,00
<b>Всього <math>I_{пл}</math></b>	<b>3655,52</b>					

Новий варіант						
	$I_{пл} =$	$N_{пл}$	$(A + A_y)$	$\gamma$	$\beta$	
16К20Ф3	7552	200	45	0,25	2	0,42
<b>Всього <math>I_{пл}</math></b>	<b>7551,68</b>					

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

$$I_{сл} = N_{сл} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_{п} + P_{лод} + P_к)$$

Базовий варіант						
	$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	$A_б$	$(P_{ст} + P_{п} + P_{лод} + P_к)$		
70000	1000	7	5	4	0	1
<b>Всього <math>K_{сл}</math></b>	<b>70000</b>					

Новий варіант						
	$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	$A_б$	$(P_{ст} + P_{п} + P_{лод} + P_к)$		
35000	1000	7	1	2	1	1
<b>Всього <math>K_{сл}</math></b>	<b>35000</b>					

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання  $I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$   
 де  $H_m, H_e$  – витрати на одиницю ремонтної складності відповідного механічної та електротехнічної частин, грн.;  
 $R_m, R_e$  – ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортом верстата, а для деяких верстатів ЧПК;  
 $\mu$  – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1; 1.2; 1.5; 1.8; 2.2

Базовий варіант								Новий варіант									
16К20	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	3499,3	401	51	86	43	1	0,14	16К20Ф3	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	15410,4	272	60	60	70	1,8	0,42
16К20	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	4346,8	401	51	86	43	1	0,18	Всього $I_{p2}$	15410,4							
16К20	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	0,0	401	51	86	43	1	0,00									
4-ий верстат	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	0,0	0	0	0	0	0	0,00									
Всього $I_{p1}$	7846,1																

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК  $I_y = Q \cdot \beta$   
 де  $Q$  – річні витрати при експлуатації у дві зміни і повній загрузці верста з ЧПК, грн

Базовий варіант				Новий варіант					
16К20	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0	0,14	16К20Ф3	$I_y = Q \cdot \beta$	813,6	1950	0,42
16К20	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0	0,18	Всього $I_{y2}$	813,6			
16К20	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0	0,00					
4-ий верстат	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0	0,00					
Всього $I_{y1}$	0,0								

12. Зарплатня контролера  $I_k$

$I_k = N_k \cdot T_k$   
 де  $N_k$  – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн.;  
 $T_k$  – час контролю деталей впродовж року, год.  
Для базових верстатів:  
 $T_{k1} = 0,083 \cdot T_{шт}$   
 де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних  
Для обробки на верстатах з ЧПК  
 $T_{k1} = 0,2 \cdot T_{шт}$

Базовий варіант				Новий варіант					
16К20	$I_k = N_k \cdot T_k$	989,36	29,8	33,20	16К20Ф3	$I_k = N_k \cdot T_k$	3710,1	29,8	124,5
16К20	$I_k = N_k \cdot T_k$	989,36	29,8	33,20	Всього $I_{k2}$	3710,1			
16К20	$I_k = N_k \cdot T_k$	0,00	29,8	0,00					
4-ий верстат	$I_k = N_k \cdot T_k$	0,00	29,8	0,00					
Всього $I_{k1}$	1978,72								

### Капітальні вкладення споживача

$$K = K_0 + K_{01} + K_{02} + K_{03} + K_{04} + K_{05}$$

- де  $K_0$  – балансова вартість верстата, грн;  
 $K_{01}$  – вартість приміщення, яке займає верстат, грн;  
 $K_{02}$  – вартість службово-побутових приміщень, грн;  
 $K_{03}$  – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;  
 $K_{04}$  – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;  
 $K_{05}$  – витрати на створення каруючої програми (КП), грн.

$$K_0 = 235334 + 10154 + 70000 + 304802 + 1500 + 0 = 621790$$

$$K_2 = 435600 + 8145,00 + 28000 + 325682 + 500 + 2300 = 800227,38$$

### Приведені витрати

$$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$$

$$476277 = 383008 + 0,15 \cdot 621790$$

$$Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$$

$$235420 = 115386 + 0,15 \cdot 800227$$

### Річний економічний ефект

$$E = Z_1 - Z_2$$

$$240856,51 = 476277 - 235420$$

### Строк окупності

$$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$$

$$0,667 = (800227,38 - 621790) / (383008,35 - 115386,27)$$

### 1. Балансова вартість верстата $K_0$

$$K_0 = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$$

- де  $Ц$  – оптова ціна верстата, грн  
 $\alpha$  – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;  
 $\beta$  – частка завантаження верстата

$$\beta = T_{ан} + T_n / (\Phi_{об} \cdot \eta_n)$$

	Базовий варіант				Новий варіант				
	$K_0 =$	$Ц$	$\alpha$	$\beta$	$K_0 =$	$Ц$	$\alpha$	$\beta$	
16К20	17534	110000,00	1,1	0,14	16К20#3	435600	2200000,00	1,1	0,18
16К20	217800	1100000,00	1,1	0,18	Всього $K_{02}$	435600			
16К20	0	110000	1,1	0,00					
4-ий верстат	0	0	1,1	0,00					
Всього $K_{01}$	235334								

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

КНУ.КБР.131.24.02-02.04.ОЕП

Арк.

**2. Вартість приміщень, які займає верстат  $K_{ст1}$** 

$$K_{ст1} = C_{мех.ст} \cdot (A + A_{в}) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де  $C_{мех.ст}$  – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху; $A$  – площа, яку займає верстат по габаритах, м. кв.; $A_{в}$  – площа, яку займають вийнятні, допоміжні пристрої, м. кв.; $\gamma$  – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант							Новий варіант								
16К20	$K_{ст} = C_{мех.ст} \cdot (A + A_{в}) \cdot \gamma \cdot \beta$	4529	500	25,002	0	2,5	0,14	16К20#3	$K_{ст} = C_{мех.ст} \cdot (A + A_{в}) \cdot \gamma \cdot \beta$	8145	500	45	0,25	2	0,18
16К20	$K_{ст} = C_{мех.ст} \cdot (A + A_{в}) \cdot \gamma \cdot \beta$	5626	500	25,002	0	2,5	0,18	Всього $K_{ст2}$	8145,00						
16К20	$K_{ст} = C_{мех.ст} \cdot (A + A_{в}) \cdot \gamma \cdot \beta$	0	500	25	0	2,5	0,00								
4-ий верстат	$K_{ст} = C_{мех.ст} \cdot (A + A_{в}) \cdot \gamma \cdot \beta$	0	500	0	0	0	0,00								
<b>Всього <math>K_{ст1}</math></b>	<b>10154</b>														

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

$$K_{сл} = C_{поб.б} \cdot A_{сл} \cdot (P_{ст} + P_{н} + P_{под} + P_{к})$$

де  $C_{поб.б}$  – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн; $A_{сл}$  – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого; $P_{ст}$ ,  $P_{н}$ ,  $P_{под}$  – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК; $P_{к}$  – кількість контролерів

Базовий варіант							
$K_{сл} = C_{поб.б} \cdot A_{сл} \cdot (P_{ст} + P_{н} + P_{под} + P_{к})$	70000	1000	7	5	4	0	1
<b>Всього <math>K_{сл1}</math></b>	<b>70000</b>						
Новий варіант							
$K_{сл} = C_{поб.б} \cdot A_{сл} \cdot (P_{ст} + P_{н} + P_{под} + P_{к})$	28000	1000	7	1	2	0	1
<b>Всього <math>K_{сл2}</math></b>	<b>28000</b>						

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

$$K_{обг} = Z \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{р\acute{e}ч} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

де Z – число партій деталей, які приходяться в середньому на одне робоче місце;

$n''$  – розмір налагодочної партії деталей (партії запуску), шт:

$$n'' = N_{р\acute{e}ч} / j_p$$

$S_{заг}$  – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант					
$K_{обг} =$	Z	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} + C / N_{р\acute{e}ч} \cdot 0,5) \cdot \beta$		
304802,46	125	2374	383008,35	1500	0,32
Всього $K_{обг}$	304802				

Новий варіант					
$K_{обг} =$	Z	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} + C / N_{р\acute{e}ч} \cdot 0,5) \cdot \beta$		
325682,38	125	2374	115386,27	1500	0,36
Всього $K_{обг}$	325682				

Приведені витрати			
$Z_1 =$	$C_1 + E_n \cdot K_1$		
476277	383008	0,15	621790
$Z_2 =$	$C_2 + E_n \cdot K_2$		
235420	115386	0,15	800227

Річний економічний ефект		
$E =$	$Z_1 - Z_2$	
240857	476277	235420

Строк окупності				
$T_{ок} =$	$(K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
0,67	800227	621790	383008	115386,3

## ВИСНОВОК

Метою кваліфікаційної випускної роботи є розробка та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення приводу завантажувальної машини МППЗ з проектуванням технологічного процесу обробки деталі „Вал”.

Для цього було виконано:

1. В конструкторській частині роботи були розраховані розмірні ланцюги складання вузла, знайдена їх точність та обрано оптимальний метод складання.

2. Змодельований вал та заготовка та виконано статичне дослідження конструкції валу в SOLIDWORKS Simulation

3. Проаналізовано деталь „ Вал” на технологічність, розроблено технологічний процес обробки деталі. Виконано заміну трьох верстатів 16К20 на більш ефективний 16К20Ф3, замінено свердлильний верстат „Асквіт” ИОТ № 32 на 2554Ф2, все це дозволяє майже в півтора рази скоротити підготовчо – заключний та операційний час.

4. Розраховано за допомогою техніко – економічне обґрунтування впровадження верстата з ЧПК, що дасть річний економічний ефект у сумі 950,6 грн.

5. Було виконане моделювання та програмування операцій механічної обробки за допомогою FeatureCAM 6 Спроектовано спеціальний пристрій, за допомогою якого можна свердлити отвори Ø 10 під кутом 120° градусів під штифти.

7. Спроектовано контрольний пристрій, який дозволяє контролювати взаємну перпендикулярність поверхонь Ж та Е відносно вісі.

8. Оцінка економічної ефективності здійснювалася за технологічною собівартістю виготовлення за приведеними затратами. Виявили, що 1 верстат з ЧПК на чистовій обробці може замінити 3 універсальних. Строк окупності технологічного процесу 0,6 років.

Також в роботі були розглянуті методи боротьби з шумом на механічній дільниці.

					<i>КНУ.КБР.131.24.02-02В</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Материнський</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Кіяновський</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>ВИСНОВОК</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасв</i>						
					<i>Каф.ТМ , гр ПМ -21ск</i>		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боженко, Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні [Текст] / Л.І. Боженко. – К.: НМК ВО, 1990. – 264 с.
2. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування [Текст] : Навчальний посібник / ЖДТУ, – Житомир: 2005. – 835 с.
3. Ю.С. Рудь Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.; з іл.
4. 5. Стандартизація, метрологія та кваліметрія у машинобудуванні. Навчальний посібник / Боженко Л.І.-Львів.:Світ, 2013,–328с.
5. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура. – 2-е вид. перероб. і доп. – Львів : Новий світ-2000, 2011. – 422 с.
  - а. С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
6. 46. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
7. 47. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
8. Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,- 860 с.
9. Шеремет В.О., Каракаш О.І., Марунчак В.Ф. та ін. Довідниковий посібник керівника та спеціаліста гірничо-металургійного підприємства з охорони праці: Навчальний посібник.-Дніпропетровськ: ПП «Ліра ЛТД»,2005.-850с
10. Смирнов В.А. Безпека життєдіяльності [Текст]: навч. посібник / В.А. Смирнов, С. А. Дикань. – К. : Кафедра. 2012. – 304 с.

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-02.СВД</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>						
<i>Розроб.</i>		<i>Материнський</i>			<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Кіяновський</i>								
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязаничев</i>				<i>КафТМ ПМ-21ск</i>				
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечасів</i>								



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

12. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.

13. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768-1:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2002. – 10 с.

14. ДСТУ ISO 2768-2-2001. Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768-2:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2001. – 15 с.

15. ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286-1:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2003. – 37 с.

16. ДСТУ ISO 286-2-2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилень отворів і валів. [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2004. – 47с.

17. ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення.

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

19. ДСТУ ISO 286-1-2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок.

20. ДСТУ ISO 129.1: 2007 Кресленики технічні. Проставлення розмірів і допусків. Частина 1. Загальні принципи

21. ДСТУ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь.

22. ДСТУ 2232-93 «Базування та бази в машинобудування. Терміни та визначення»

23. ДСТУ ГОСТ 2.307:2013Єдина система конструкторської документації . Нанесення розмірів і граничних відхилів (ГОСТ 2.307-2011, IDT)

24. ДСТУ 2860-94 Надійність у техніці. Терміни та визначення

25. ДСТУ 2.703:2014 ЄСКД. Правила виконання кінематичних схем.

26. ДСТУ 8781:2018 Виливки зі сталі. Загальні технічні умови

27. ДСТУ 2.610:2006 ЄСКД. Правила виконання експлуатаційних документів. Арк.

КНУ.КБР.131.24.2-02.СВД

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
------	------	----------	--------	-----

28. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила

Оформлювання

29. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання

30. ДСТУ EN ISO 7200:2005 Розроблення технічної документації. Графи у штампах та основних написах.

31. Методичні вказівки до виконання Кваліфікаційної бакалаврської роботи для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання /Укладачі: М.В. Кіяновський, д-р. техн. наук, проф., В.П. Нечаєв, канд. техн.наук, доц., А. В. Пікільняк, канд. техн.наук, доц., Н.І. Цивінда, канд. техн.наук, доц., О.В. Бондар, канд. техн.наук, доц., А.О. Рязанцев канд. техн.наук, доц., Д.Ю.Кравцова канд.фіз.-мат.наук ,ст.викл., м. Кривий Ріг, КНУ 2024

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.24.2-02.СВД				

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ  
АРКУШІВ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

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

на тему: Розробка та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення приводу руху завантажувальної машини МППЗ з використанням методів прикладної механіки на основі CAD/CAM систем

Проектував ст.гр. ПМ-21ск

Материнський Б.А.

Керівник роботи

докт.техн.наук.,проф.  
Кіяновський М.В.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_  
(підпис)

к.н.т., доцент  
Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

к.т.н., доцент  
Нечаєв В.П.

Кривий Ріг  
2024 р.

КНУКБР.13124.2-02.ПХЧП.20

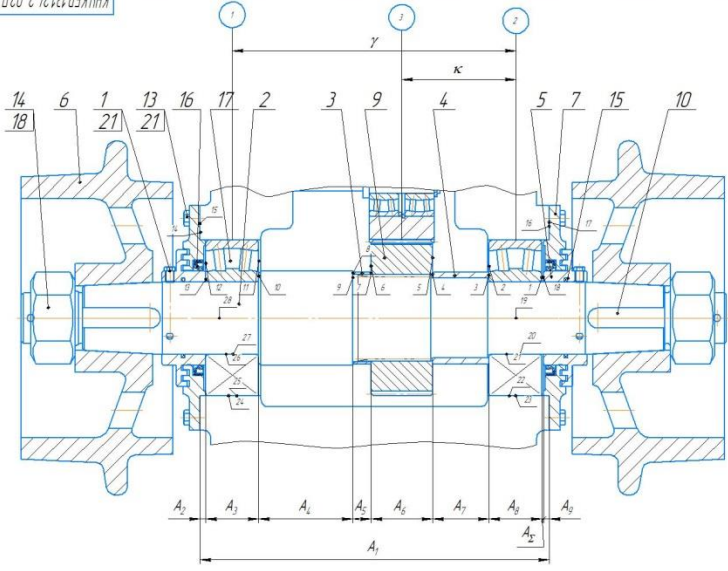


Схема складання



Примічені розміри ланцюга

Ланцюг А - зображення зазору між кулішкою та підшипником

Схема розмірного ланцюга

Назви розмірів ланцюга	Примічені ланки	Нічеловні розміри
A <sub>1</sub> - відстань між парами кареток	A <sub>1</sub>	407
A <sub>2</sub> - відстань між кривошиями	A <sub>2</sub> = A <sub>1</sub> / 2	85
A <sub>3</sub> - ширина підшипника	A <sub>3</sub> = A <sub>1</sub> / 3	73
A <sub>4</sub> - відстань між парними валом	A <sub>4</sub> = A <sub>1</sub> / 2	130
A <sub>5</sub> - ширина втулки	A <sub>5</sub>	25
A <sub>6</sub> - ширина каретки	A <sub>6</sub>	85
A <sub>7</sub> - ширина втулки	A <sub>7</sub>	78
B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> - діаметр підшипників	B <sub>1</sub> - B <sub>2</sub>	73
B <sub>3</sub> - товщина ділення втулки	B <sub>3</sub>	78
B <sub>4</sub> - товщина ділення каретки	B <sub>4</sub>	85
B <sub>5</sub> - товщина ділення втулки	B <sub>5</sub>	25
B <sub>6</sub> - товщина ділення вала	B <sub>6</sub>	130
B <sub>7</sub> - товщина ділення кривошия	B <sub>7</sub>	85
B <sub>8</sub> - товщина ділення каретки	B <sub>8</sub>	407

Примічені розміри ланцюга

Висновок: виміряти діаметри штифтів на ввісності ланцюга, перевернути всі валу і підшипники, згадані

Схема розмірного ланцюга

Назви розмірів ланцюга	Виміряти
S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> - пасивні внутрішнього кільця підшипника на валу	80-110
S <sub>3</sub> , S <sub>4</sub> - пасивні зовнішнього кільця підшипника у каретці	25-70
A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> - асиметричність посадкових шківів валу	100-100-0,01
φ <sub>1</sub> , φ <sub>2</sub> - посадкові радіальні зазорні вимірювання кочення	0,025-0,018-0,0215
φ <sub>3</sub> - нерівність осей отворів у каретці	25-0,03

КНУКБР.13124.2-02.ПХЧП.20

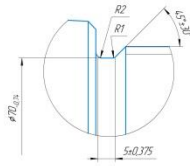
Лист	№ докум.	Лист	Листів
Лист	КНУКБР.13124.2-02.ПХЧП.20	Лист	Листів 1
Лист	КНУКБР.13124.2-02.ПХЧП.20	Лист	Листів 1
Лист	КНУКБР.13124.2-02.ПХЧП.20	Лист	Листів 1

Код: ТМ  
ЗП: ПМ - ЗП/К  
Формат: А2

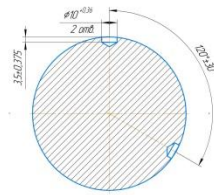
КНУКБР.13124.2-02В.20.3А

√ Ra 12,5 (✓/✓)

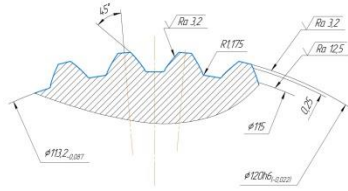
A(2,5/1)



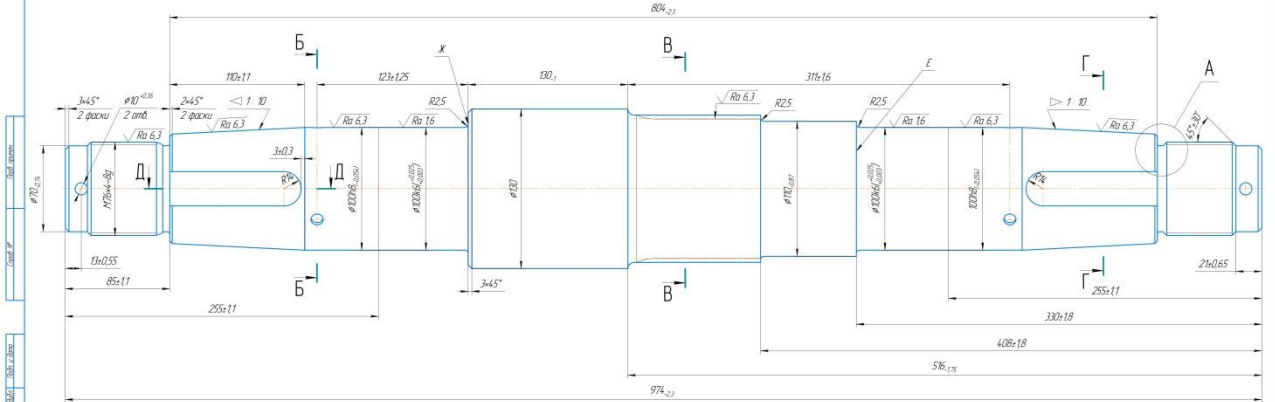
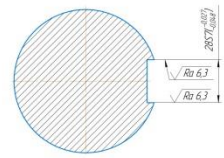
Б-Б(1/1)



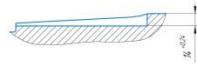
В-В(2/1)



Г-Г(1/1)



Д-Д



КНУКБР.13124.2-02В.20.3А				Лист 1	Измен.
Исполн.	М.А.Александров	Место	Иванов	62.74	11
Провер.	С.В.Смирнов	Дата	13.06.2018		
Апроб.		Исполн.	И.И.Иванов		
Исполн.		Исполн.	И.И.Иванов		
Исполн.		Исполн.	И.И.Иванов		

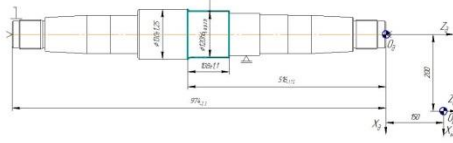


020320-2-12161-02-001

Шарнірний підшипник		025	433	105	102
Внутрішній діаметр		$\phi$ 20 <sub>0,001</sub>	мм		102
Відстань між центрами		$l$ 100 <sub>0,1</sub>	мм		
Найменші параметри	$S_m$	$V$	$N$	$f$	$c$
	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0

050 Шарнірна з ЧК Верстат гвинт ЗМ53Р2

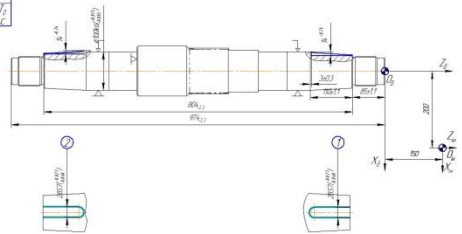
$\sqrt{Ra 3,2}$



Фрезерний підшипник		021	128	325	25
Тип 2		021	128	325	25
Відстань між центрами		$l$ 100 <sub>0,1</sub>	мм		
Найменші параметри	$S_m$	$V$	$N$	$f$	$c$
	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0

065 Фрезер з ЧК Верстат гвинт БРДР3-01

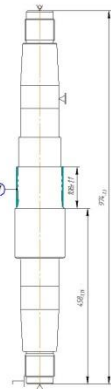
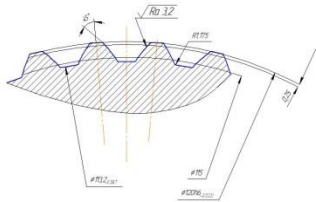
$\sqrt{Ra 6,3}$



055 Задирочка з ЧК Верстат гвинт ЗК32К

$\sqrt{Ra 6,3}$

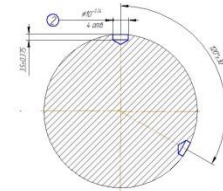
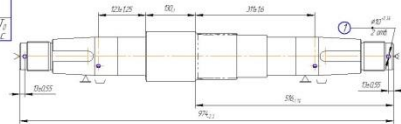
Фрезерний шпindel		011	37	85	101
Внутрішній діаметр		$\phi$ 20 <sub>0,001</sub>	мм		101
Відстань між центрами		$l$ 100 <sub>0,1</sub>	мм		
Найменші параметри	$S_m$	$V$	$N$	$f$	$c$
	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0



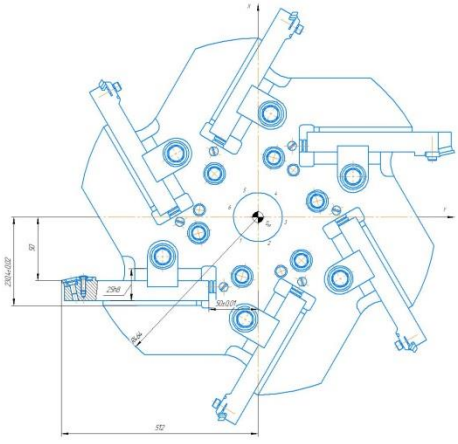
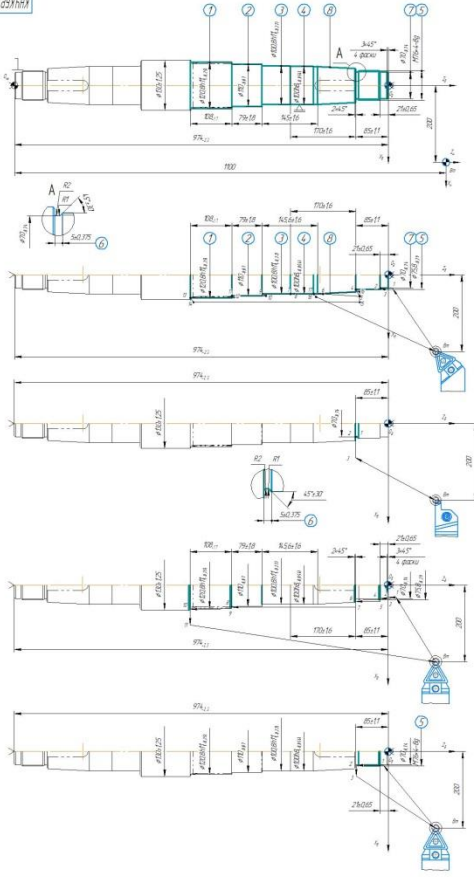
Свердловина 2 отвори		018	25	78	13
Фізичні параметри		018	25	78	13
Відстань між центрами		$l$ 100 <sub>0,1</sub>	мм		
Найменші параметри	$S_m$	$V$	$N$	$f$	$c$
	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0

070 Рістиво з ЧК Верстат гвинт 2554Ф2

$\sqrt{Ra 12,5}$



УГОЛНИЙ ЗУБЧАТЫЙ КОЛЕСНЫЙ МЕХАНИЗМ



№ инвентаря	№ детали	Координаты			Размеры резьбы		t	f	b	r	z	d
		X	Y	Z	S, мм/мм	V, мм/мм						
I	0	200	0	100	0,63	-	-	-	-	-	-	-
	1	20	0	-70	0,63	-	-	-	-	-	-	-
	2	68	0	-65	0,80	119	6,80	-	-	-	-	-
	3	200	0	100	0,85	-	-	-	-	-	-	-
	4	70	0	-21	0,63	-	-	-	-	-	-	-
	5	70	0	-60	0,63	-	-	-	-	-	-	-
	6	100	0	-255	0,63	188	6,80	-	-	-	-	-
	7	100	0	-3,0	0,63	-	-	-	-	-	-	-
	8	180	0	-1,0	0,25	159	6,80	-	-	-	-	-
	9	180	0	-4,0	0,63	-	-	-	-	-	-	-
	10	180	0	-4,0	0,92	100	3,55	-	-	-	-	-
II	11	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	12	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	13	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	14	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	15	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	16	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
III	17	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	18	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	19	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	20	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	21	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	22	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
IV	23	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	24	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	25	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	26	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	27	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-
	28	200	0	100	0,25	114	3,55	-	-	-	-	-

Позиция	Инструмент
1	Резьб. проходной 2103-0059 ГОСТ 19879-73
2	Резьб. кантовочный 2126-0619 КН 36-250-70
3	Резьб. фасочный 2101-0915 ГОСТ 20872-80
4	Резьб. радиальный 2640-0059 ГОСТ 18885-73
5	Резьб. кантовочный 2126-0619 КН 36-250-70
6	Резьб. проходной 2103-0059 ГОСТ 19879-73

КНУМБР.13124.2-02.ВН.20.3А

Верхняя-инструментальная  
накладочная на Верстак  
КН(2043)

Лист 1 из 1  
арх. ПК  
арх. ЗИЖ  
выполн. АТ







Дубл.															
Зам.															
Тодл.															
Розроб.															
Перев.															
Согласов.															
Г. контр.															
Н. Контр.															

«Затверджую»

Зав. кафедрою технології машинобудуван

\_\_\_\_\_ (Нечасв В.І.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р

# ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Виготовлення деталі вал

Узгоджено:

Керівник \_\_\_\_\_ Кіяновський М.В. \_\_\_\_\_  
(\_\_\_\_\_)

Розробник \_\_\_\_\_ Материнський Б.А.

Н.контроль \_\_\_\_\_ Рязанцев А.О. \_\_\_\_\_

