

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторська-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал-шестерня» редуктору екскаватора та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав: здобувач
групи ПМ-20
Журавель О. Г.
Керівник випускної роботи:
к.т.н., доцент
Цивінда Н. І.

Кривий Ріг
2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторська-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал-шестерня» редуктору екскаватора та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Журавель О.Г.

Керівник КБР

(підпис)

Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

Нечаєв В.П.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Затверджую
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувач гр. ПМ-20 Журавель Олександр Григорович

1. Тема: Конструкторська-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал-шестерня» редуктору екскаватора та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою CAD/CAM/CAE систем

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

Затверджена наказом по КНУ № 253с від « 08 » 04 2024 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Вал-шестерня». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1 Аналіз службового призначення машини, вузла, 2 Аналіз службового призначення деталі. Опис конструктивних особливостей, 3 Аналіз службового призначення деталі, 4 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами, 5 Проектування спеціального інструменту, 6 Розрахунок спеціального інструмента в САЕ системі SolidWorks, 7 Моделювання та проектування операції механічної обробки, 8 Організаційно-економічна підготовка виробництва

5. Перелік графічного матеріалу: 1.Вал-шестерня, 2. Інструментальне налагодження, 3. Дискава модульна фреза, 4. Моделювання процесу обробки, 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту, 6.Розробка пристосування для фрезерної операції

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	08.04
2.	Аналіз службового призначення машини, вузла	
3.	Проектування технологічного процесу складання	
4.	Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіанти замін	

5.	Аналіз службового призначення деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації	
6.	Аналіз якості поверхонь деталі	
7.	Технічний контроль робочого креслення	
8.	Аналіз службового призначення деталі	
9.	Якісний аналіз технологічності	
10.	Кількісний аналіз технологічності	
11.	Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування	
12.	Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки	
13.	Проектування заготовки	
14.	Вибір і обґрунтування баз	
15.	Розробка маршрутно-операційної технології обробки деталі	
16.	Розробка технологічних операцій	
17.	Вибір розмірів і припусків на обробку	
18.	Розрахунок режимів різання	
19.	Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	
20.	Проектування спеціального інструменту	
21.	Розрахунок спеціального інструмента в САЕ системі SolidWorks	
22.	Моделювання та проектування операції механічної обробки	
23.	Організаційно-економічна підготовка виробництва	
24.	Попередній захист	

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2024 р.

Завдання видав керівник КБР _____ / Цивінда Н.І./

Завдання отримав
здобувач освіти _____ /Журавель О.Г./

РЕФЕРАТ

Об'єкт проектування – сучасна конструкторсько- технологічна підготовка до виготовлення вал-шестірні редуктора поворотного ЕКГ4,6 з застосуванням САД, САМ, САЕ технологій.

Для досягнення мети проведено аналіз службового призначення деталі, вибрано матеріал, проаналізовані вимоги до якості поверхонь, виконано аналіз робочого креслення та визначена технологічність деталі.

Ціль досягалася розробкою маршруту виготовлення деталі, який включає в себе аналіз заводського технологічного процесу; вибір та проектування заготовки; вибору та обґрунтування баз, розробки послідовності обробки поверхонь; розробки маршруту обробки деталі.

Розробка технологічного процесу обробки вал-шестірні проводилась через уточнення змісту технологічних операцій, розрахунку та вибору режимів різання, а також нормуванню технологічних операцій.

ЕКСКАВАТОР, РЕДУКТОР, НАДІЙНІСТЬ, ТОЧНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ЗАГОТОВКА, ПРИПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМИ ЧАСУ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, САД, САМ, САЕ, БЕЗПЕКА ПРАЦІ

ABSTRACT

The object of the design is a modern design and technological preparation for the manufacture of a gear shaft of a rotary EKG4,6 reducer using CAD, SAM, SAE technologies.

To achieve the goal, the service purpose of the part was analyzed, the material was selected, the requirements for surface quality were analyzed, the working drawing was analyzed, and the manufacturability of the part was determined.

The goal was achieved by developing a part manufacturing route, which includes an analysis of the factory technological process; selection and design of the workpiece; selection and substantiation of bases, development of the sequence of surface treatment; development of the part processing route.

The development of the technological process of gear shaft processing was carried out through the clarification of the content of technological operations, the calculation and selection of cutting modes, as well as the standardization of technological operations.

EXCAVATOR, REDUCER, RELIABILITY, PRECISION, TECHNOLOGY, PREPARATION, ALLOWANCE, CUTTING MODES, TIME STANDARDS, ECONOMIC EFFICIENCY, CAD, SAM, SAE, WO

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.P</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Жирабель</i>			<i>РЕФЕРАТ</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Цибінда</i>						
Реценз.						<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						

ЗМІСТ

Вступ	
1 Аналіз службового призначення машини, вузла	8
1.1 Проектування технологічного процесу складання	8
1.2 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіанти замін	27
2 Аналіз службового призначення деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації	29
2.1 Аналіз якості поверхонь деталі	29
2.2 Технічний контроль робочого креслення	31
2.2 Якісний аналіз технологічності	32
2.3 Кількісний аналіз технологічності	33
2.4 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування	33
2.5 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки	38
3 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі	
3.1 Проектування заготовки	41
3.2 Вибір і обґрунтування баз	42
3.3 Розробка маршрутно-операційної технології обробки деталі	45
3.4 Розробка технологічних операцій	46
3.5 Вибір розмірів і припусків на обробку	50
3.6 Розрахунок режимів різання	52
4 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	60
4.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	60
4.2 Вибір сучасного металорізального інструменту	61
4.3 Вибір типорозміру різальних інструментів	69
4.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	73
4.5 Проектування пристрою для шпонково-фрезерної операції	75
5 Проектування спеціального інструменту	76
5.1 Розрахунок геометричних параметрів спеціального інструменту	76
6 Розрахунок спеціального інструмента в САЕ системі SolidWorks	82
7 Моделювання та проектування операції механічної обробки	87
7.1 Проектування чистової токарної операції	87
8 Організаційно-економічна підготовка виробництва	89
8.1 Охорона праці та екологія виробництва	89
8.2 Оцінка техніко-економічної ефективності виробництва	91
Висновки	95
Список використаних джерел	96

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.3</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Журавель</i>			<i>Зміст</i>	Літ.	Арк.	Архив
Перевір.		<i>Цивінда</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Кафедра ТМ,</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>				<i>гр. ПМ-20</i>		

ВСТУП

Рівень розвитку машинобудування – один із самих значимих факторів технічного прогресу, так як корінні перетворення в будь – якій сфері виробництва можливі лише в наслідок створення більш сучасних машин і розробки принципово нових технологій. Розвиток і удосконалення технології виробництва сьогодні тісно пов'язаний з автоматизацією, створенням робототехнічних комплексів, широким використанням обчислювальної техніки, використанням обладнання з числовим програмним керуванням. Все це складає базу, на якій створюються автоматизовані виробництва, стають можливими оптимізація технологічних процесів, створення гнучких автоматизованих комплексів.

В даній роботі аналізується конструкторська-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал-шестерня» редуктору екскаватора та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою CAD/CAM/CAE систем.

Забезпечення надійності процесу може здійснитись тільки за допомогою автоматизації технологічного та конструкторського підготовлення. Матеріали для роботи брались під час виробничих практик на гірничо-добувних підприємствах міста.

Тому, тема актуальна і серед безлічі технічних рішень які можуть пропонуватись та змінюватись дана кваліфікаційна бакалаврська робота є одним із реальних варіантів, які можна впровадити у виробництво

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.В</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Жирабель</i>				<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цивінда</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>					<i>Кафедра ТМ,</i>		
<i>Зав. каф.</i>	<i>Нечасів</i>					<i>гр. ПМ-20</i>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА

1.1 Проектування технологічного процесу складання

1.1.1 Розрахунок лінійного ланцюга вузла редуктора

Розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом max - min

На рисунку 1.1 зображено редуктор повороту екскаватора. Вузол є силовим, працює на низьких швидкостях та не потребує підвищеної точності виготовлення.

Лінійний зазор між підшипником та кришкою рівний $A_{\Sigma} = 1_{-0,2}^{+0,8}$ мм, тобто $T_{\Sigma} = 1,0$ мм; $\Delta C_{\Sigma} = +0,3$ мм.

Для забезпечення нормальної роботи вузла необхідно забезпечити: $A_{\Sigma \min} = -0,2$ мм; $A_{\Sigma \max} = +0,8$ мм

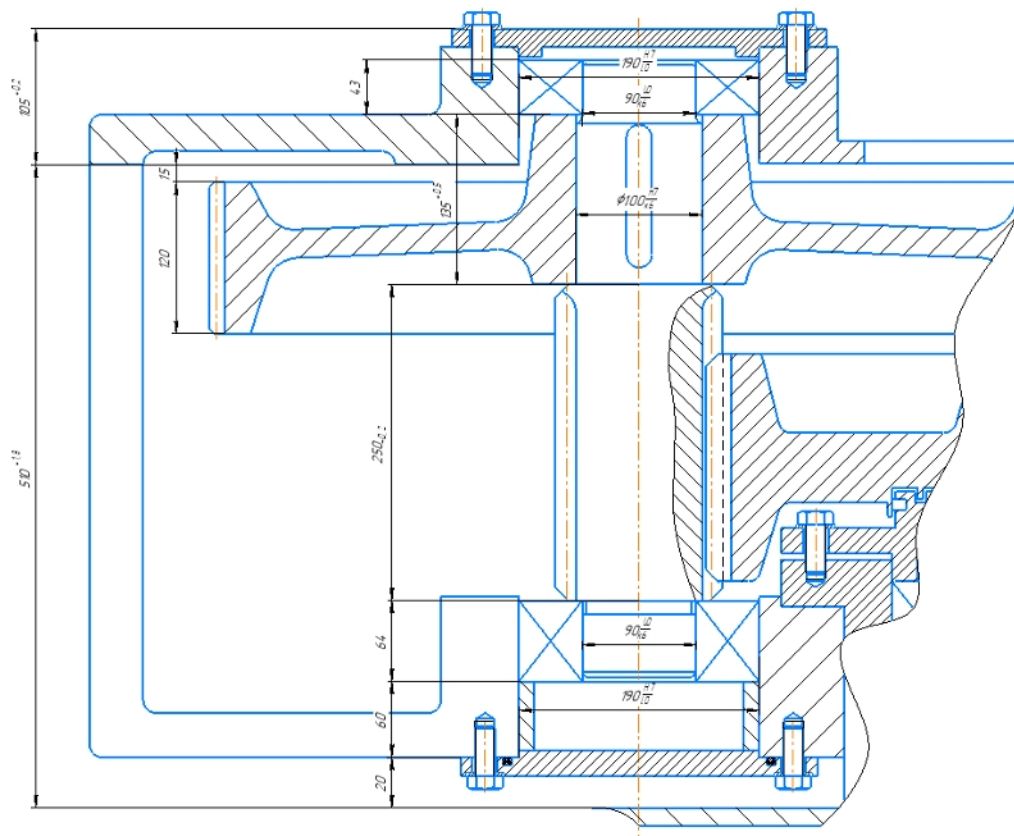


Рисунок 1.1 – Редуктор повороту екскаватора

Рухаючись з права наліво від замикаючої ланки включаємо у розмірний ланцюг усі ланки, які впливають на зазор.

Наносимо розмірний ланцюг на креслення та визначаємо характер ланки стрілкою зверху

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Журавель</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Цивинда</i>					
Реценз.					<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>					
					<i>Аналіз службового призначення машини, вузла</i>		

В якості залежної ланки вибираємо A_5 та виділяємо її квадратом.
Значення середин полів допусків визначаються по формулі:

$$\Delta C_i = \frac{es_i + ei_i}{2} \quad (1.4)$$

де:

es, ei – відповідно верхнє та нижнє граничне відхилення ланки.

Координата середини поля допуску торцювого биття визначається по формулі:

$$\Delta \beta_i = \frac{\beta_i}{2} \quad (1.5)$$

де:

β_i – торцове биття

Визначення граничних відхилень залежної ланки починається з визначення координати середини поля допуску цієї ланки. Так як ланка зменшуюча, то

$$\Delta \tilde{C}_x = \sum_{i=1}^n (\Delta \vec{C}_i + \Delta \vec{\beta}_i) - \sum_{j=1}^m (\Delta \vec{C}_j + \Delta \vec{\beta}_j) - \Delta C_\Sigma \quad (1.6)$$

де:

$\Delta \vec{C}_i, \Delta \vec{C}_j$ – значення середин палів допусків відповідно збільшуючих та зменшуючих ланок;

$\Delta \vec{\beta}_i, \Delta \vec{\beta}_j$ – координати середин полів допусків торцевих биттів відповідно збільшуючих та зменшуючих ланок;

ΔC_Σ – середина поля допуску вихідної ланки

$$\Delta \vec{C}_{A5} = 0 - (-0,015 - 0,023 - 0,075 - 0,0315 - 0,060 - 0,0125 + 0,040 + 0,025 + 0,025 + 0,060 + 0,0225) - 0,3 = -0,2555 \text{ мм.}$$

Граничні відхилення залежної ланки визначаються по виразам (1.4) [1]:

$$\left. \begin{aligned} ei_i &= \Delta C_i - \frac{T_i}{2} \\ es_i &= \Delta C_i + \frac{T_i}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1.7)$$

де:

ΔC_i – середина поля допуску залежної ланки;

T_i – допуск залежної ланки.

$$ei_{A5} = -0,2555 - \frac{0,115}{2} = -0,313 \text{ мм.}$$

$$es_{A5} = -0,2555 + \frac{0,115}{2} = -0,198 \text{ мм.}$$

Перевірку вірності визначення граничних розмірів проводимо по виразам (1.3 та 1.4) [1]:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \left(\Delta \vec{C}_i + \frac{\vec{\beta}_i}{2} \right) - \sum_{j=1}^m \left(\Delta \vec{C}_j + \frac{\vec{\beta}_j}{2} \right) \quad (1.8)$$

де:

$\Delta C_i, \Delta C_j$ – значення середин полів допусків відповідно збільшуючих та зменшуючих ланок;

$\Delta \beta_i, \Delta \beta_j$ – торцьові биття відповідно збільшуючих та зменшуючих ланок;

$$\Delta C_{\Sigma} = 0 - (-0,015 - 0,023 - 0,075 - 0,2555 - 0,0315 - 0,060 - 0,0125 + 0,040 + 0,025 + 0,025 + 0,060 + 0,0225) = 0,3 \text{ мм.}$$

$$es_{\Sigma} = 0.3 + \frac{1.0}{2} = 0,8 \text{ мм.}$$

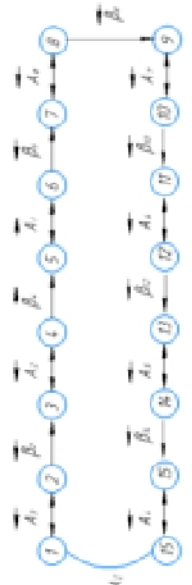
$$ei_{\Sigma} = 0.3 - \frac{1.0}{2} = -0,2 \text{ мм.}$$

$$A_{\Sigma} = 1_{-0,2}^{+0,8} \text{ мм}$$

Розрахунок виконано вірно, але вимоги до точності лінійних розмірів значно великі, тому переходимо до розрахунку розмірного ланцюга методом регулювання

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Розрахунок лінійного розмірного ланцюга А методом шах – міні

Призначення розмірного ланцюга	Ланцюг А - забезпечення зазору між кришкою та підшипникам	Значення вихідної ланки					Ланка				
		Позначення ланки	Номінальний розмір	i	Квалітет	Допуск	Розмір з відхиленням	ΔC_i			
	 <p>Найменування ланок розмірного ланцюга</p> <p>A_1 – відстань між торцями корпусу A_2, A_3 – висота ніжки кришки A_4 – ширина кільця A_5, A_6 – ширина підшипника A_7 – відстань між торцями валу A_8 – ширина зубчатого колеса B_1, B_2 – биття кільця B_3, B_4 – биття підшипників B_5 – биття зубчатого колеса</p>	A_1	552	3,89	8	0,110	$552 \pm 0,055$	0			
		A_2	5	0,73	9	0,030	$5^0_{-0,030}$	-0,015			
		A_3	55	1,86	8	0,046	$55^0_{-0,046}$	-0,023			
		A_4	64	СТ	СТ	0,150	$64^0_{-0,150}$	-0,075			
		A_5	250	2,89	9	0,115	$250^{+0,198}_{-0,313}$	-0,255			
		A_6	135	2,52	8	0,063	$135^0_{-0,063}$	-0,0315			
		A_7	40	СТ	СТ	0,120	$40^0_{-0,120}$	-0,060			
		A_8	2	0,55	9	0,025	$2^0_{-0,025}$	-0,0125			
		B_1	190	$\Sigma=12,4$ 4	9	0,080		0,040			
		B_2	190		СТ	0,050		0,025			
		B_3	190		СТ	0,050		0,025			
		B_4	500		9	0,120		0,060			
		B_5	190		СТ	0,045		0,022			
						$\Sigma=1,004$					

Розрахунок лінійного ланцюга методом регулювання.

В якості ланки компенсатора вибрана ніжка кришки (ланка A_8), так як вона приєднується останньою та її розмір можна змінювати без розбирання вузла.

Умови задачі залишаються попередніми:

$$A_{\Sigma} = 1_{-0,2}^{+0,8} \text{ мм}, T_{\Sigma} = 1,0 \text{ мм}; \Delta C_{\Sigma} = + 0,3 \text{ мм}.$$

Назначаємо технологічно досягаємі допуски на усі ланки і заносимо їх значення до таблиці 1.2

Визначаємо граничні відхилення на усі ланки, крім A_8 .

Допуск технологічно досягаємої замикаючої ланки визначається по формулі (1.2)

$$T_{\Sigma} = 2,8 + 0,12 + 0,46 + 0,150 + 1,15 + 1,0 + 0,120 + 0,14 + 0,5 + 0,05 + 0,05 + 0,8 + 0,045 = 7,385 \text{ мм}.$$

Координата середини поля допуску визначається по формулі (1.8)

$$\Delta C_{\Sigma} = 0 - (- 0,06 - 0,23 - 0,075 - 0,575 - 0,5 - 0,060 + 0,25 + 0,025 + 0,025 + 0,4 + 0,0225) = + 0,7775 \text{ мм}.$$

Граничні відхилення технологічно досягаємої замикаючої ланки визначаються по формулі (1.7)

$$es_{\Sigma} = 0,7775 + \frac{7,385}{2} = 4,47 \text{ мм}.$$

$$ei_{\Sigma} = 0,7775 - \frac{7,385}{2} = -2,915 \text{ мм}.$$

$$A_{\Sigma} = 1_{-2,915}^{+4,47} \text{ мм}.$$

Величина компенсації визначається по виразу (33) [1]:

$$T_k = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}], \quad (1.9)$$

де:

T_{Σ} – допуск замикаючої ланки,

$[T_{\Sigma}]$ – потрібний допуск замикаючої ланки

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Розрахунок лінійного розмірного ланцюга А методом регулювання

Призначення розмірного ланцюга	Ланцюг А - забезпечення зазору між кришкою та підшипникам		Значення вихідної ланки						
	Ланцюг А - забезпечення зазору між кришкою та підшипникам		Позначення ланки	Номінальний розмір	i	Квалітет	Допуск	Розмір з відхиленням	ΔC_i
<p>Схема розмірної ланки</p> <p>Найменування ланок розмірного ланцюга</p> <p>\bar{A}_1 – відстань між торцями корпусу</p> <p>\bar{A}_2, \bar{A}_4 – висота ніжки кришки</p> <p>\bar{A}_3 – ширина кільця</p> <p>\bar{A}_5, \bar{A}_7 – ширина підшипника</p> <p>\bar{A}_6 – відстань між торцями валу</p> <p>\bar{A}_8 – ширина зубчатого колеса</p> <p>$\bar{\beta}_1$ – биття кільця</p> <p>$\bar{\beta}_2, \bar{\beta}_3$ – биття підшипників</p> <p>$\bar{\beta}_4$ – биття зубчатого колеса $\bar{\beta}_5$ – торцеве биття</p>	\bar{A}_1	552	3,89	8	2,8	$552 \pm 1,4$	0		
	\bar{A}_2	5	0,73	9	0,12	$5^0_{-0,120}$	-0,06		
	\bar{A}_3	55	1,86	8	0,46	$55^0_{-0,46}$	-0,23		
	\bar{A}_4	64	СТ	СТ	0,150	$64^0_{-0,150}$	-0,075		
	\bar{A}_5	250	2,89	9	1,15	$250^0_{-1,15}$	-0,575		
	\bar{A}_6	135	2,52	8	1,0	$135^0_{-1,0}$	-0,5		
	\bar{A}_7	40	СТ	СТ	0,120	$40^0_{-0,120}$	-0,060		
	\bar{A}_8	2	0,55	9	0,14	$2 \pm 0,070$	0		
	$\bar{\beta}_1$	190	$\Sigma=12,44$	9	0,5		0,25		
	$\bar{\beta}_2$	190		СТ	0,050		0,025		
$\bar{\beta}_3$	190		СТ	0,050		0,025			
$\bar{\beta}_4$	500		9	0,8		0,4			
$\bar{\beta}_5$	190		СТ	0,045		0,0225			
				$\Sigma=7,38$					

$$T_k = 7,385 - 1,0 = 6,385 \text{ мм.}$$

Необхідна кількість ступенів компенсатора визначається по виразу (35) [1]:

$$N = \frac{T_k}{[T_\Sigma] - T_{\text{комп}}} + 1 \quad (1.10)$$

$$N = \frac{6.385}{1 - 0.14} + 1 = 8.4 \text{ ст}$$

Округляємо отримане значення ступенів до $N = 8$ ст.

Уточнений допуск ступені ланки компенсатора визначається по виразу (36) [1]:

$$T_{cm} = \frac{T_k}{N - 1}$$

$$T_{cm} = \frac{6.385}{8-1} = 0.91 \text{ мм.} \quad (1.11)$$

Середній розмір ланки компенсатора, вибраної із кількості зменшуючих ланок, який при пригонці зменшується, визначається по виразу (37) [1]:

$$\begin{aligned} \bar{A}_{C8} &= \bar{A}_{\text{компл}8} + \Delta C_{\text{комп}} + \Delta C_\Sigma - [\Delta C_\Sigma] \\ \bar{A}_{C8} &= 2 + 0 + 0,7775 - 0,3 = 2,4775 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.12),$$

Граничні значення ланки компенсатора визначаються по виразу (39) [1]:

$$\left. \begin{aligned} A_{8\text{тах}} &= A_{C8} + \frac{T_k}{2} \\ A_{8\text{тіп}} &= A_{C8} - \frac{T_k}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1.13)$$

$$A_{8\text{тах}} = 2,4775 + \frac{6,385}{2} = 5,67 \text{ мм.}$$

$$A_{8\text{тіп}} = 2,4775 - \frac{6,385}{2} = -0,715 \text{ мм.}$$

Розміри змінних деталей, які взяті із зменшуючих ланок визначаються по виразу (40) [1]:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
 \text{I ст. } A_8 &= A_{8\max} \pm \frac{T_{\text{комп}A_8}}{2} = 5,67 \pm 0,07 \text{ мм} \\
 \text{II ст. } A_8 &= (A_{8\text{тах}} - T_{\text{ст}}) \pm \frac{T_{\text{комп}A_8}}{2} = (5,67 - 0,91) \pm \frac{0,14}{2} = 4,76 \pm 0,07 \text{ мм.} \\
 \text{III ст. } A_8 &= (A_{8\text{тах}} - 2 \cdot T_{\text{ст}}) \pm \frac{T_{\text{комп}A_8}}{2} = (5,67 - 2 \cdot 0,91) \pm 0,07 = 3,85 \pm 0,07 \text{ мм} \\
 \text{IV ст. } A_8 &= (A_{8\text{тах}} - 3 \cdot T_{\text{ст}}) \pm \frac{T_{\text{комп}A_8}}{2} = (5,67 - 3 \cdot 0,91) \pm 0,07 = 2,94 \pm 0,07 \text{ мм} \\
 \text{V ст. } A_8 &= (A_{8\text{тах}} - 4 \cdot T_{\text{ст}}) \pm \frac{T_{\text{комп}A_8}}{2} = (5,67 - 4 \cdot 0,91) \pm 0,07 = 2,03 \pm 0,07 \text{ мм} \\
 \text{VI ст. } A_8 &= (A_{8\text{тах}} - 5 \cdot T_{\text{ст}}) \pm \frac{T_{\text{комп}A_8}}{2} = (5,67 - 5 \cdot 0,91) \pm 0,07 = 1,12 \pm 0,07 \text{ мм} \\
 \text{VII ст. } A_8 &= (A_{8\text{тах}} - 6 \cdot T_{\text{ст}}) \pm \frac{T_{\text{комп}A_8}}{2} = (5,67 - 6 \cdot 0,91) \pm 0,07 = 0,21 \pm 0,07 \text{ мм} \\
 \text{VIII ст. } A_8 &= (A_{8\text{тах}} - 7 \cdot T_{\text{ст}}) \pm \frac{T_{\text{комп}A_8}}{2} = (5,67 - 7 \cdot 0,91) \pm 0,07 = -0,7 \pm 0,07 \text{ мм}
 \end{aligned} \tag{1.14}$$

Похибка розрахунку:

$$\text{VIII ст. } A_8 \approx A_{8\min} \tag{1.15}$$

$$\varepsilon = \frac{\text{VIII}_{\text{cm}} A_8 - A_{8\text{msn}}}{A_{8\text{msn}}} \cdot 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{|-0.7| - |-0.715|}{|-0.715|} \cdot 100\% = 2,1\%$$

Використання восьми розмірів ланки компенсатора може виявитись не технологічним в конкретних умовах виробництва.

1.1.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів вузла редуктора

В результаті розрахунку розмірних ланцюгів редуктора необхідно забезпечити потрібну величину зміщення та перекосу вісей сопрягаємих шестерен.

Кутові розмірні ланцюги проходять через опори валів, якими являються підшипники кочення. Спочатку визначається відносне зміщенні вісей валів, які розташовані в опорах, потім – перекіс в опорах та в перетині, яке проходить колеса.

Вихідною ланкою для кутових розмірних ланцюгів являється допуск на міжвісьову відстань зубчатого зачеплення, який залежить від точності зубчатих коліс та виду спряження (бічного зазору). Допуск на міжосьову відстань f_a береться з таблиці 5.17 [1].

Розрахунок кутового розмірного ланцюга γ [1]

Переріз 1-2 проходить через опори вала 12 та утворює основний кутовий ланцюг γ , який відповідає за розташування вала у корпусі. Усім вісям та поверхням, які потрапили у цей розтин дається номер.

Всього утворилось 2 розмірних ланцюга:

а) ланцюг γ , який визначає відносне зміщення та перекіс вісей вала у підшипникових опорах;

б) ланцюг K_ξ – визначає перекіс зубчатого колеса відносно опори 9.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ				

Схема кутового розмірного ланцюга зображена у таблиці 1.3.

Ланцюг γ складається з наступних величин:

$S1 = S4$ – посадка внутрішнього кільця підшипника на вал.

$S2 = S3$ – посадка зовнішнього кільця підшипника в корпус

$e_{15}=e_{24}$ – ексцентриситет посадкових шийок вала

$e_{17}=e_{22}$ – половина радіального биття підшипників кочення

e_{19} – зміщення вісей отворів у корпусі.

Величина вихідної ланки e_{Σ} визначається із зачеплення

Спочатку вибираємо підшипник класу точності 6. Граничні відхилення на посадкові розмірі підшипників та їх радіальне биття вибираємо з таблиці 4.82 [1]. При визначенні e_{17} та e_{22} радіальні биття внутрішнього та зовнішнього кілець сумуються по виразу:

$$e_{17} = \frac{e_{17\text{ВН}} + e_{17\text{ЗОВН}}}{2} \quad (1.16)$$

Зміщення вісей отворів у корпусі вибирається з тієї ж таблиці та повинно знаходитись у границях половини гарантованого бічного зазору f_n .

Допуски зазорів визначаються по формулі:

$$T_{si} = S_{\text{max}i} - S_{\text{min}i}, \quad (1.17)$$

де S_{max} – максимальний зазор:

$$S_{\text{max}} = ES - ei, \quad (1.18)$$

де ES – верхнє відхилення отвору;

ei – нижнє відхилення вала;

S_{min} – мінімальний зазор:

$$S_{\text{min}} = EJ - es, \quad (1.19)$$

де EJ – нижнє відхилення отвору;

es – верхнє відхилення вала.

$$S_{1,4\text{max}} = 0 - (+0,013) = -0,013 \text{ мм}$$

$$S_{1,4\text{min}} = (-0,015) - (0,035) = -0,050 \text{ мм}$$

Тобто у спряження забезпечується натяг, але в розрахунок вмикається тільки зазор, тобто:

$$TS_{1,4} = 0 \text{ мм};$$

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{2\max} = 0,04 - (-0,018) = 0,058 \text{ мм};$$

$$S_{2\min} = 0 - 0 = 0 \text{ мм};$$

$$S_{3\max} = 0 - (-0,020) = 0,066 \text{ мм};$$

$$S_{3\min} = 0 - 0 = 0 \text{ мм};$$

$$TS_2 = 0,058 - 0 = 0,058 \text{ мм};$$

$$TS_3 = 0,066 - 0 = 0,066 \text{ мм};$$

Координата середини поля допуску зазора визначається по формулі (59) [1]:

$$e_{T_{si}} = \frac{em_D + em_d}{2} \quad (1.20)$$

де em_D , em_d – координати середини полів допусків відповідно отвору та вала:

$$\left. \begin{aligned} em_D &= \frac{ES + EI}{2} \\ em_d &= \frac{es + ei}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1.21)$$

$$em_{D2} = \frac{0,040 + 0}{2} = 0,020 \text{ мм}$$

$$e_{T_{d2}} = \frac{0 - 0,018}{2} = -0,009 \text{ мм}$$

$$e_{T_{D3}} = \frac{0,046 + 0}{2} = 0,023 \text{ мм}$$

$$e_{T_{d3}} = \frac{0 - 0,020}{2} = -0,010 \text{ мм}$$

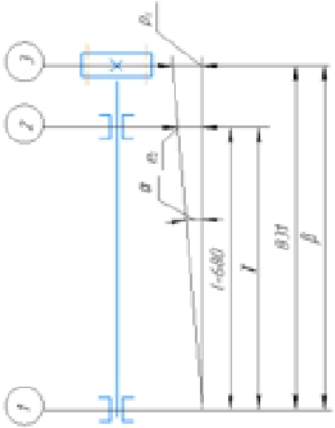
$$e_{T_{S2}} = 0,020 - 0,009 = 0,011 \text{ мм}$$

$$e_{T_{S3}} = 0,023 - 0,010 = 0,013 \text{ мм}$$

Дані заносимо до таблиці 1.3

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Розрахунок кутового розмірного ланцюга

Ланка	Найменування розміру чи посадки	Величина	Значення вихідної ланки розмірного ланцюга				К _i					
			е _Σ	е _{TΣ}	Т _{eΣ}	Р _Σ						
1	2	34	е _Σ	е _{TΣ}	Т _{eΣ}	Р _Σ	α _i	К _i				
е ₁₅ ; е ₂₄	Ексцентриситет посадкових шийок валу	$90 = \frac{0,04}{2} = 0,02$	Зображення розмірного ланцюга									
							Призначення вихідної ланки розмірного ланцюга $f_a = \pm 0,05 \text{ мм}$					
			Шукаємо величина				Значення шукаємо величини					
			е _Σ е _{TΣ} Т _{eΣ} Р _Σ				$0^{+0,433}$ $-0,0217 \text{ мм}$ $0,0108 \text{ мм}$ $0,065 \text{ мм}$ $0,017 \text{ мм}$					
			Величина				е _{T1}	е _{T2}	α _i	К _i		
			34				4	5	7	8		
			$90 = \frac{0,04}{2} = 0,02$				0,01					

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

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8
e ₁₇ , e ₂₂	0,5 радіального біття підшипників кочення	$\frac{0,018+0,023}{2} = 0,0205$ $\frac{0,018+0,025}{2} = 0,0215$	0,0102 0,0107				
e ₁₉	Неспіввісність осей отворів в корпусі	0,025	0,0125				
S ₁ , S ₄	Посадка внутрішнього кільця підшипника на вал	$90 \frac{L6}{m6} \left(\begin{array}{c} -0,015 \\ +0,035 \\ +0,013 \end{array} \right)$	$\frac{-0,0075}{+0,024}$	0	0		
S ₂ , S ₃	посадка зовнішнього кільця підшипника в корпус	$160 \frac{H7}{f6} \left(\begin{array}{c} +0,040 \\ -0,018 \end{array} \right)$ $160 \frac{H7}{f6} \left(\begin{array}{c} +0,046 \\ -0,020 \end{array} \right)$	$\frac{+0,020}{-0,009}$ $\frac{+0,023}{-0,010}$	0,011 0,023	0,058 0,066		

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

КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ

Арк.

Допуск на вихідну ланку визначається по вірогідному методу по виразу [1]:

$$T_{e\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n T_{si}^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m T_{ej}^2} \quad (1.22)$$

$$T_{e\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot (2 \cdot 0^2 + 0,058^2 + 0,066^2) + 0,56(2 \cdot 0,02^2 + 0,0205^2 + 0,0215^2 + 0,025^2)} = \sqrt{0,0027792 + 0,0012922} = 0,065 \text{ мм}$$

Визначаємо координату середини поля допуску по виразу [1]:

$$em_{e\Sigma} = \sum_{i=1}^n [\bar{e}\bar{m} \vec{\epsilon}_{si} + 0,5 \cdot \vec{T}_{ei} + 0,05 \cdot (\vec{T}_{si} + \vec{T}_{ei})] - \sum_{j=1}^m [\bar{e}\bar{m}_{sj} + 0,5 \cdot \vec{T}_{ej} + 0,05 \cdot (\vec{T}_{sj} + \vec{T}_{ej})] \quad (1.23)$$

$$em_{e\Sigma} = [0 + 0,011 + 0,5 (0,02 + 0,0205 + 0,025) + 0,05 (0 + 0,058 + 0,02 + 0,0205 + 0,025)] - [0 + 0,13 + 0,5 (0,02 + 0,0215) + 0,05 (0 + 0,066 + 0,02 + 0,0215)] = 0,049925 - 0,039125 = 0,0108 \text{ мм.}$$

Визначаємо граничні відхилення замикаючої ланки величини зміщення вісі вала в опорах по виразу (1.24) [1]:

$$\left. \begin{aligned} es_{e\Sigma} &= em_{e\Sigma} + \frac{T_{e\Sigma}}{2} \\ ei_{e\Sigma} &= em_{e\Sigma} - \frac{T_{e\Sigma}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1.24)$$

$$es_{e\Sigma} = 0,0108 + \frac{0,065}{2} = 0,0433 \text{ мм.}$$

$$ei_{e\Sigma} = 0,0108 - \frac{0,065}{2} = -0,0217 \text{ мм.}$$

$$e\Sigma = 0^{+0,0433}_{-0,0217} \text{ мм.}$$

Спрощений розрахунок відносного перекосу вісей визначається по виразу (1.25) [1]. З співвідношень знаходимо:

$$\frac{T_{e\Sigma}}{L} = \frac{P_\Sigma}{l_1} \Rightarrow P_\Sigma = \frac{e_\Sigma \cdot l_1}{L} \quad (1.25)$$

де:

L – відстань між підшипниками;

l_1 – відстань між підшипником та колесам

$$P_\Sigma = \frac{0,065 \cdot 115}{437} = 0,017 \text{ мм.}$$

					КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отриманий перекоп не повинен перевищувати мінімальний гарантований бічний зазор:

$$\begin{aligned} f_n &> P_\Sigma \\ 0,1 &> 0,017, \end{aligned} \quad (1.26)$$

тобто перекоп вісі вала під зубчате колесо значно менше допустимого значення.

Розрахунок кутового розмірного ланцюга α [1]

Розтин 1-2 проходить через опори вала 4 та утворює повний кутовий ланцюг α , який відповідає за розташування вала у корпусі. Усім вісям та поверхням, які потрапили у цей розтин дається номер.

Всього утворилося 2 розмірних ланцюга:

а) ланцюг α , який визначає відносне зміщення та перекоп вісей вала у підшипникових опорах:

б) ланцюг β – визначає перекоп колеса відносно опори 9.

Схема кутового розмірного ланцюга зображена у таблиці 1.4.

Спочатку вибираємо підшипник класу точності 6. Граничні відхилення на посадкові розміри підшипників та їх радіальні биття вибираємо з таблиці 4.82 [1]. При визначенні e_3 та e_8 радіальні биття внутрішнього та зовнішнього кілець сумуються по формулі (1.16).

Зміщення вісей отворів у корпусі вибирається з тієї ж таблиці та повинно знаходитись у границях половини гарантованого бічного зазору f_n .

Допуски зазорів визначаються по формулам (1.17), (1.18), (1.19):

$$\begin{aligned} S_{1,4 \max} &= 0 - (+0,015) = -0,015 \text{ мм}; \\ S_{1,4 \min} &= -0,018 - 0,040 = -0,058 \text{ мм}; \\ S_{2,3 \max} &= 0,057 - (-0,025) = 0,082 \text{ мм}; \\ S_{2,3 \min} &= 0 - 0 = 0 \text{ мм}; \\ T_{S_{2,3}} &= 0,082 - 0 = 0,082 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Координата середини поля допуску зазору визначається по формулам (1.20), (1.21):

$$\begin{aligned} em_{D_{2,3}} &= \frac{0 + 0,057}{2} = 0,0285 \text{ мм}. \\ em_{d_{2,3}} &= \frac{0 - 0,025}{2} = -0,0125 \text{ мм}. \\ em_{S_{2,3}} &= 0,0285 - 0,0125 = 0,016 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Дані заносимо до таблиці 1.4

Допуск на вихідну ланку визначається по формулі:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{e\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot (2 \cdot 0^2 + 2 \cdot 0,082^2) + 0,56 \cdot (2 \cdot 0,04^2 + 2 \cdot 0,024^2 + 0,060^2)}$$

$$= \sqrt{0,00242064 + 0,00445312} = 0,083 \text{ мм}$$

Визначаємо координату середини поля допуску по формулі (1.23):

$$em_{e\Sigma} = [0 + 0,016 + 0,5 (0,04 + 0,024 + 0,060) + 0,05 (0 + 0,082 + 0,04 + 0,024 + 0,060)] - [0 + 0,016 + 0,5 (0,04 + 0,024) + 0,05 (0 + 0,082 + 0,04 + 0,024)] = 0,0883 - 0,0553 = 0,033 \text{ мм}$$

Граничні відхилення замикаючої ланки величини зміщення вісі вала в опорах визначаємо по формулі (1.24):

$$es_{e\Sigma} = 0,033 + \frac{0,083}{2} = 0,0745 \text{ мм.}$$

$$ei_{e\Sigma} = 0,033 - \frac{0,083}{2} = -0,0085 \text{ мм.}$$

$$e_{\Sigma} = 0_{-0,0085}^{+0,0745} \text{ мм.}$$

Визначаємо відносний перекис вісей по формулі (1.25):

$$P_{\Sigma} = \frac{0,083 \cdot 740}{896} = 0,069 \text{ мм.}$$

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Розрахунок кутового розмірного ланцюга

Позначення та призначення розмірного ланцюга	Визначення величини відносного зміщення та відносного перекосу вісі вала в підшипникових опорах	Призначення вихідної ланки розмірного ланцюга	$f_a = \pm 0,06$ мм.		
Зображення розмірного ланцюга	Шукасма величина	Значення шукасмої величини			
	e_{Σ} $e_{m \Sigma}$ T_{Σ} P_{Σ}	$0 \begin{matrix} +0.0745 \\ -0.0085 \end{matrix}$ мм. $0,033$ мм. $0,083$ мм. $0,069$ мм.			
Ланка	Найменування розміру чи посадки	Величина	TSi	ai	Ki
1	2	3	4	5	6
e_1, e_{10}	Екстриситет посадкових шиток вала	$180 = \frac{0.08}{2} = 0,04$	0,02		
e_3, e_{18}	0,5 радіального биття підшипників кочення	$\frac{0.018 + 0.030}{2} = 0,024$	0,012		

Продовження таблиці 1.4

e_3, e_{18}	підшипників кочення					
e_5	Неспіввісність вісей отворів в корпусі	$320 = 0,060$	$0,030$			
S_1, S_4	Посадка внутрішнього кільця підшипника на вал	$180 \frac{L6}{m6} \left(\begin{array}{c} -0,018 \\ +0,040 \\ +0,015 \end{array} \right)$	$\frac{-0,009}{+0,0275}$	0	0	0
S_2, S_3	Посадка зовнішнього кільця підшипника в корпус	$320 \frac{H7}{f6} \left(\begin{array}{c} +0,057 \\ -0,025 \end{array} \right)$	$\frac{+0,0285}{-0,0125}$	$0,016$		$0,082$

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

КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ

Арк.

Отриманий перекіс не повинен перевищувати мінімальний гарантований бічний зазор:

$$0,12 > 0,069,$$

тобто перекіс вісі вала під колесо значно менше допустимого значення.

Таблиця 1.5 – Технологічна карта складання фрагменту редуктора повороту екскаватора

№ переходу	Зміст переходу	Пристосування	Інструмент	T _{осн.} , хв.
1	Встановити вал 12 у пристрій спеціальний	спеціальний пристрій		0,007
2	Пригнати і запресувати шпонку 13		Напильник, колотушка	0,8
3	Змастити всі посадкові місця валу 12 салідолом			0,26
4	Встановити шестерню 1 ступецею вниз в пристосуванні – підставку	підставка		0,017
5	Встановити вал 12 зі спонкою 13 проти паза шестерні 1 і запресувати	прес (молоток)		0,26
6	Напресувати внутрішнє кільце підшипника 24 на вал 12 до упору	оправка		0,14
7	Повернути складаємий комплект на 180°	кран		0,2
8	Напресувати внутрішнє кільце підшипника 25 на вал 12 до упору	оправка		0,14
9	Відкласти зібраний комплект у тару			0,05

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіанти замін

Вал-шестерня є одним з ключових деталей вузлу поворотного механізму кар'єрного екскаватора ЕКГ - 4.6. Він призначений для видобування щільних і твердих гірських порід з їх подальшим завантаженням у транспортні засоби або конвеєри.

Обертання вертикального валу редуктору передається через зубчасте колесо від валу до шестерні. Наслідком закритої конструкції вузла є пошкодження та знос деталі твердими породами, що, в свою чергу, спричиняє підвищений знос поверхонь вал-шестерні.

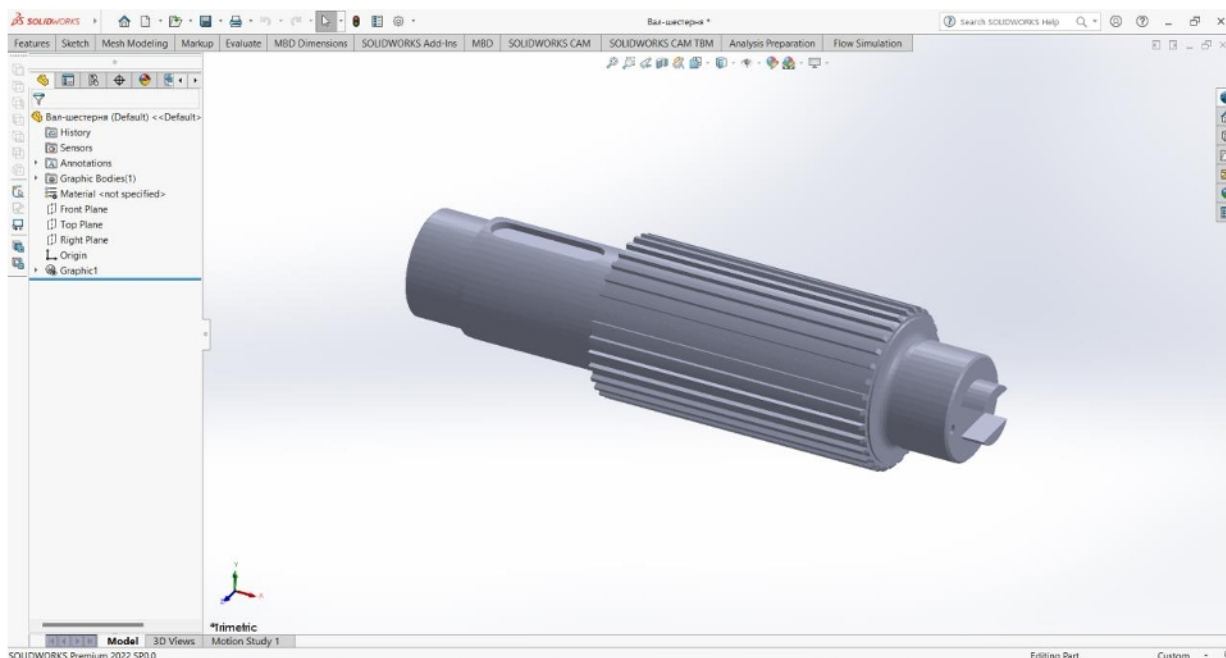


Рисунок 1.2 – 3D модель «Вал-шестерні» зроблена в SolidWorks

Вал-шестерня, що передає значні навантаження на великих швидкостях, повинен відповідати вимогам міцності та стійкості до зносу, тому він виготовлений зі сталі 40Х конструкційної легованої сталі

Таблиця 1.6-Хімічний склад сталі 40Х відповідно до ДСТУ 7806:2015 [5]

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	P	S
0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	0,8 – 1,1	до 0,3	до 0,3	0,035	0,035

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2- Механічні властивості сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

Термообробка	Межа плинності $\delta_{0,2}$, МПа	Тимчасовий опір δ_B , МПа	Мінімальне відносне видовження δ_B , %	Відносне звуження ψ , %
Гартування 860°C, охолодження в масилі. Відпуск 500°C охолодження в воді або в маслі	780	980	10	45

Таблиця 1.3 - Аналоги сталі 40Х:

Назва країни	Назва сталі
США	5135, 5140, 5140H, 5140RH, G51350, G51400, H51350, H51400
Японія	SCr435, SCr435H, SCr440, SCr440H
Євросоюз	37Cr4, 37Cr4KD, 41Cr4, 41Cr4KD, 41CrS4
Китай	35Cr, 38CrA, 40Cr, 40CrA, 40CrH, 45Cr, 45CrH, ML38CrA, ML40Cr
Швеція	2245
Польща	38HA, 40H
Румунія	40Cr10, 40Cr10q
Чехія	14140
Австралія	5132H, 5140
Південна Корея	SCr435, SCr435H, SCr440, SCr440H

					КНУ.КБР.131.24.1-06.01.АСПМВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

2.1 Аналіз якості поверхонь деталі

Пронумеруємо поверхні на кресленні деталі і використаємо цю нумерацію для позначення в тексті

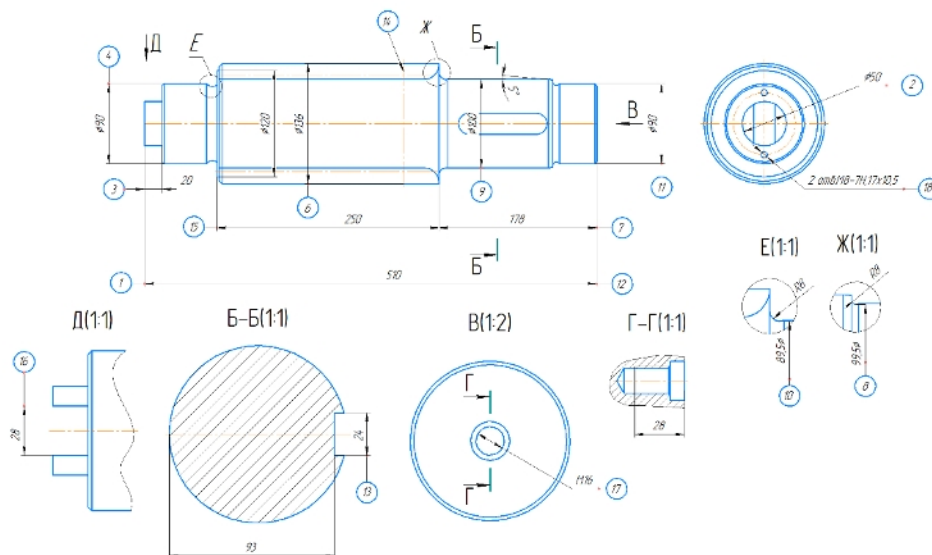


Рисунок 2.1 – Номери позицій валу

Таблиця 2.1 - Взаємозв'язок норм точності

№	Номинальний розмір, мм	Квалітет ІТ	Допуск Т, мкм	Шорсткість Ra, мкм	Відхилення форми розташування поверхні
1	2	3	4	5	6
1,12	510	13	1100	12,5	
2	Ø50	14	620	12,5	
3	20	14	520	12,5	

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.02.АСП</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Аналіз службового призначення</i>					
Розроб.	<i>Жирабель</i>							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	<i>Цибінда</i>							<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Реценз.										
Н. Контр.	<i>Рязанцев</i>									
Зав. каф.	<i>Нечасів</i>									

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
4	Ø90	6	22	0,8	База А, радіальне биття 0,05 мм відносно бази Б, відхилення від циліндричності 0,01 мм
5,10	12 Ø89,5	14 14	430 870	12,5 12,5	
6	Ø136	13	540	3,2	Радіальне биття 0,052 мм відносно баз А і Б
7	178	14	630	12,5	
8	12 Ø99,5	14 14	430 870	12,5 12,5	
9	Ø100	6	22	0,8	Радіальне биття 0,02 мм відносно баз А і Б
11	Ø90	6	22	0,8	База Б радіальне биття 0,02 мм відносно бази А, відхилення від циліндричності 0,01 мм
13	24 93	9 11	52 252	3,2 6,3	
14	m=4, z=32	8	36	1,6	
15	250	13	720	1,6,	
16	28	12	210	6,3	
17	M16×2 Ø22	14 14	430 520	12,5 12,5	
18	M8×1,25	7	15	12,5	Позиційний допуск 0,5 мм.

Перевіримо умову $T1 > T2 > T3$ для Ø90: $0,022 > 0,02 > 0,008$. Умова виконується

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУКБР.131.24.1-06.02.АСП</i>					

2.2 Технічний контроль робочого креслення

Деталь зображена на кресленні два головними видами, двома місцевими видами та двома перерізами показано два перерізи та два виносні елементи для повного уявлення про її форму. Лінійні розміри наведені за допомогою координатного та ланцюгового методів.

Діаметральні розміри мають допуск і відповідності щодо їх відносного розташування. Між головними поверхнями має бути відхилення від циліндричності не більше 0,01 мм.

На кресленні наведено вимогу щодо радіального биття посадкових шийок, яка дорівнює 0,02 мкм, що відповідає відхиленню осей посадкових поверхонь на 0,025 мкм, що є нормальною точністю.

Також вказано допуск на радіальне биття зубчастого вінця відносно баз А і Б, але не вказано радіального биття шийки $\varnothing 100h6$. Отже, ми вказуємо радіальне биття шийки на 0,02 мкм, що становить нормальну точність. Розміри та допуски на них, а також записи на кресленні щодо незазначених допусків отворів і валів за Н14, h14, а інших за IT14/2, є достатніми для встановлення точності кожного із розмірів на кресленні. Вимоги щодо місця розміщення також достатні для однозначного визначення основних поверхонь між собою та допоміжних щодо основних.

Усі інші поверхні деталі піддаються обробці, що засвідчується записом у правому верхньому куті - $\sqrt{Ra12,5(V)}$.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.02.АСП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Якісний аналіз технологічності

Матеріал деталі має меншу оброблюваність порівняно із середньою, оскільки ця сталь є високолегованою.

Під час виготовлення деталі в умовах серійного виробництва рекомендується використовувати її у вигляді прокату або поковки вільним куванням. Форма деталі є простою і має форму ступінчастого валу зі зменшенням діаметрів кінців валу та складається з тіл обертання. Базові поверхні виробу мають достатню довжину і є зручними для L встановлення та закріплення. У зв'язку з високою жорсткістю деталі: $\frac{L}{d} = \frac{510}{136} \approx 3,75$, може бути задіяно декілька інструментів одночасно, при цьому можна вести обробку на високих режимах різання (швидкість, подача, глибина).

Обробку можливо виконувати на верстатах нормальної та підвищеної точності: Ra12,5; Ra6,3; Ra3,2; Ra1,6; Ra0,8. Ці розміри легко досяжні на вищевказаних верстатах. Немає складної конфігурації поверхонь, що дає змогу використовувати стандартні інструменти під час оброблення.

Для встановлення та закріплення деталі можна скористатися стандартним набором пристосувань, таких як трикулачковий патрон, призми, центри.

Вимога до твердості поверхні становить від 202 до 269 НВ і виникає після цементації та загартування, які проводяться перед шліфуванням. Це покращує оброблюваність сталі, адже досягається оптимальне співвідношення жорсткості та міцності.

Деталь має такий нетехнологічний паз з шириною 28H12, який під час фрезерування обрізає центровий отвір. Тому потрібно свердлити новий центровий отвір після фрезерування паза або фрезерувати паз наприкінці обробки.

Нарізання зубчатого вінця восьмого ступеня точності не викликає труднощів і може бути оброблений дисковою модульною фрезою. Після загартування зубчастий вінець не обробляється. Щодо шпонкового паза, до нього не висувають завищених вимог, тому його фрезерують за один прохід кінцевою фрезою.

Форми канавок Ж і Е обробляються різцем для контурного точіння.

За наявності отворів на торці деталі знижує її технологічність, оскільки в перерізі Г-Г отвір розташовується на місці центрального отвору. Відтак такий отвір можна виготовити лише після того, як центрові отвори вже не знадобляться, тобто після шліфування шийок.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.02.АСП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Кількісний аналіз технологічності

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу [2]:

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

де $Q_d = 30$ кг – маса деталі;
 $Q_3 = 45$ кг – маса заготовки.

$$K_{в.м.} = \frac{30}{45} = 0,67 \quad (2.2)$$

Розраховуємо коефіцієнт точності обробки. Для цього розраховуємо середню точність, яка дорівнює [2]:

$$T_{cp} = \frac{6 \cdot 3 + 8 + 9 + 11 + 12 + 13 \cdot 4 + 14 \cdot 7}{18} = 11,56. \quad (2.3)$$

Це свідчить, що деталь має середню точність.

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості. Для цього розраховуємо середню шорсткість:

$$Ш_{cp} = \frac{0,8 \cdot 3 + 1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 3 + 12,5 \cdot 8}{18} = 7,27 \text{ мкм}. \quad (2.4)$$

З визначеної середньої шорсткості видно, що деталь має середню шорсткість. Розраховуємо коефіцієнт уніфікації деталі:

$$K_y = \frac{Q_{y.п.} \cdot 28}{Q_3 \cdot 34} = 0,82, \quad (2.5)$$

де $Q_{y.п.}$ – кількість уніфікованих поверхонь;

Q_3 – загальна кількість поверхонь.

Так як вирахований коефіцієнт уніфікації $K_y \leq 0,95$, то всі показники, крім коефіцієнта уніфікації, знаходяться в нормі, тому деталь загалом є технологічною.

2.5 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування

Наведений чинний заводський технологічний процес потребує незначних коригувань. Під час його аналізу було виявлено деякі неточності, зокрема: виготовлення паза 16 та отворів 17 і 18 призводить до зменшення розмірів центрових отворів або взагалі унеможливорює їхнє використання під час шліфування. Це неприпустимо, оскільки для гарантування співвісності основних і допоміжних поверхонь шліфування має виконуватися саме в центрах. Тому

					КНУКБР.131.24.1-06.02.АСП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

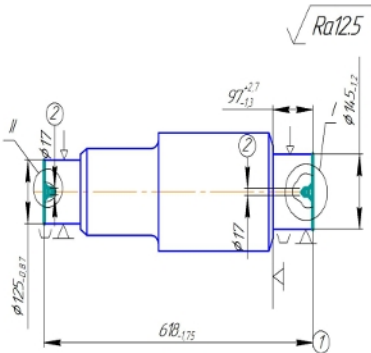
доцільно спершу виконати шліфування, а потім виготовити паз 16 та отвори 17 і 18.

Найпершою операцією, з огляду на серійний тип виробництва і розміри вала, слід обрати фрезерно-центрувальну операцію. Підрізання торців призведе до зменшення основного часу та допоміжного часу при наступних токарних операції

Оскільки верстати, приведені в заводському технологічному процесі (додатки), призначені для одиничного виробництва деталей, а наше завдання полягає в проектуванні технологічного процесу для серійного виробництва, то необхідно замінити їх на верстати з ЧПК. Для чого проведемо техніко-економічне обґрунтування застосування верстатів з ЧПК та вплив цього рішення на собівартість деталі. Також необхідно скласти керуючу програму в САМ системі FutureCAM.

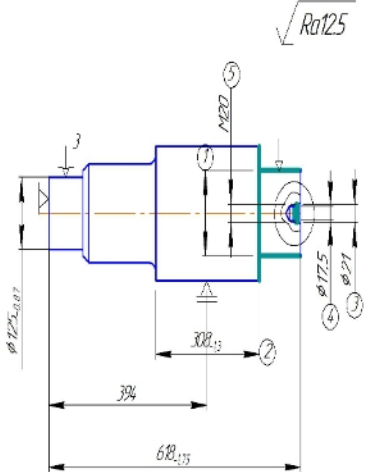
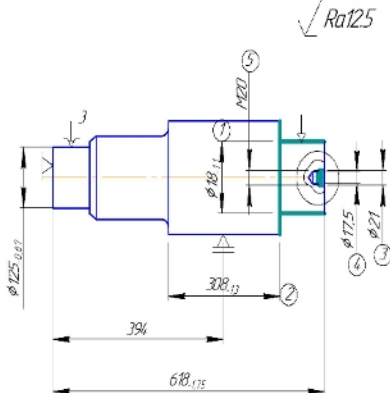
Також для фрезерування зубчатого зачеплення необхідно спроектувати спеціальну дискову фрезу та провести динамічне та статичне дослідження в САЕ системі Solid Works Всі перелічені доповнення будуть враховані при складанні технологічного процесу на дану деталь.

Таблиця 2.2 – Типовий технологічний процес

№ найменування операції	Ескіз обробки	№ переходу	Зміст переходу	Верстат
1	2	3	4	5
005 Фрезерно- центрувальна		А	1.Фрезерувати торець 1 2.Свердлити центр. отвір $d=17$	MP77

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-06.02.АСП				

Продовження таблиці 2.2

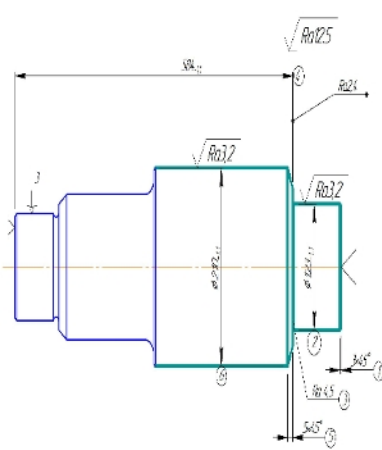
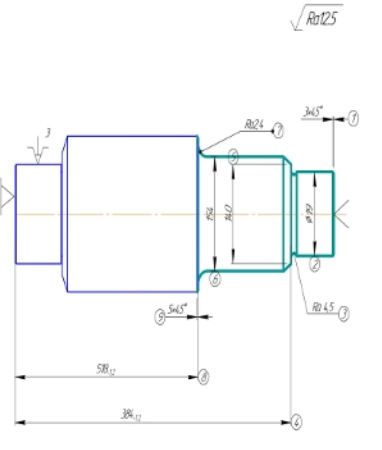
1	2	3	4	5
<p>010 Токарно чорнова</p>	<p>Установ А:</p>  <p>Установ В:</p> 	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p>	<p>Точити поверхні 1</p> <p>Підрізати торець 2</p> <p>Розсвердли отвір 3</p> <p>Зенкерувати отвір 4</p> <p>Нарізати різьбу М20, 5</p> <p>Точити поверхню 1</p> <p>Підрізати торець 2</p> <p>Розсвердли отвір 3</p> <p>Зенкерувати отвір 4</p> <p>Нарізати різьбу М20, 5</p>	<p>16К20П</p>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-06.02.АСП

Арк.

Продовження таблиці 2.2

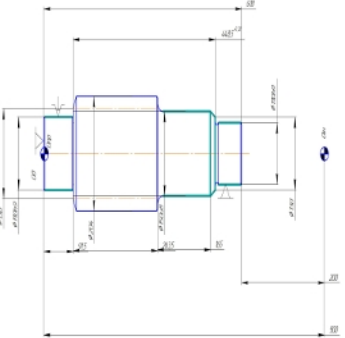
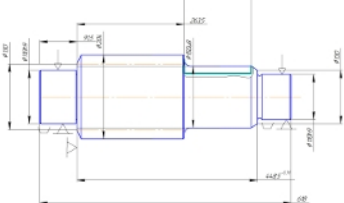
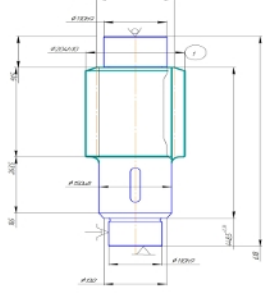
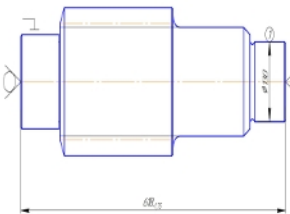
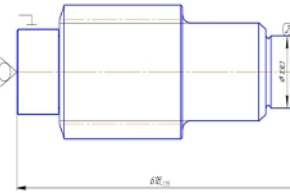
1	2	3	4	5
<p>015 Токарна Напівчистова</p>	<p>Установ А:</p>  <p>Установ В:</p> 	<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9</p>	<p>Зняти фаску 1 Точити поверхню 2 Зробити проточку 3 Підрізати торець 4 Зняти фаску 5 Точити поверхню 6</p> <p>Зняти фаску 1 Точити поверхню 2 Зробити проточку 3 Підрізати торець 4 Зняти фаску 5 Точити поверхню 6 Зробити радіус 7 Підрізати торець 8 Зробити фаску 9</p>	<p>16K20Ф3</p>

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

КНУ.КБР.131.24.1-06.02.АСП

Арк.

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
020 Токарно чистова		1 2 3 4 5	Точити поверхню 1 Підрізати торець 2 Точити поверхню 3 Точити поверхню 4 Точити поверхню 5	16K20Ф3
025 Вертикально - фрезерна		1	Фрезерувати шпоночний паз 1	6P11
030 Зубонарізна		1	Нарізати різьбу m=12 Z=14 1	5M161
035 Кругло- шліфуваньна	<p data-bbox="571 1323 758 1357">Установ А:</p>  <p data-bbox="571 1682 758 1715">Установ В:</p> 	1 1	Шліфувати поверхню 1 Шліфувати поверхню 2	3M161

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

КНУ.КБР.131.24.1-06.02.АСП

Арк.

2.6 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки

Отримати дану заготовку можна отримати поковкою вільним куванням, або взяти з прокату. Для вирішення питання, яка заготовка краще, необхідно зробити техніко–економічне обґрунтування. Порівнюємо дві заготовки по приведеним затратам, тобто на скільки збільшиться собівартість, коли ми будемо оброблювати прокат до форми поковки.

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

241,78	155	37,676	0,15	9,686	47,658
--------	-----	--------	------	-------	--------

де

A - вартість заготовки:

$$A = M * C * K_o * K_{оп} * K_e * K_m * K_T - (M - q) * Ц$$

155	30	4,799	1	0,83	0,74	1,21	1	30	45	3,2
-----	----	-------	---	------	------	------	---	----	----	-----

M - маса заготовки, кг

C - вихідна оптова ціна 1кг заготовки, грн;

C ₀ = 40000

K_o, K_{оп}, K_e, K_m, K_T - коефіцієнт, який враховує відповідно:

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

q - чиста маса деталі, кг

Ц - ціна 1 кг відходів, грн

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

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

27,88	33,6	1,4	1,08	1,14	1,4
37,676					

T_{шт} - норма штучно-калькуляційного часу на операцію, яка відрізняється, хвC_p - часова тарифна ставка четвертого розряду роботи, грнK₁, K₂, K₃, K₄ - коефіцієнти, які враховують відповідно:

- * преміальні доплати станочників (K₁ = 1,4)
- * додаткову зарплату (K₂ = 1,08)
- * відрахування на соціальне страхування (K₃ = 1,4)
- * зарплату наладчиків верстатів (K₄ = 1,4)

O_s - поточні затрати по експлуатації верстата, грн:

$$O_s = \frac{C_1 * T_{шт}}{60 * K_5}$$

120	27,88
47,658	1,17

C₁ - годинні поточні затрати по експлуатації верстата, грн; C₁ = 0,003 * C_oK₅ - коефіцієнт виконання норм (K₅ = 1,17)E_n - нормативний коефіцієнт ефективності (E_n = 0,15)Z_k - питомі капітальні затрати на операцію, грн

					КНУ.КБР.131.24.1-06.02.АСП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведені затрати, пов'язані з виготовленням деталі з заготовки одержаної поківкою вільним куванням та прокату, грн

$$Z = A + Z_o + E_n \cdot Z_k + O_s$$

241,78	155	37,676	0,15	9,686	47,658
--------	-----	--------	------	-------	--------

де

A - вартість заготовки:

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

155	30	4,799	1	0,83	0,74	1,21	1	30	45	3,2
-----	----	-------	---	------	------	------	---	----	----	-----

M - маса заготовки, кг

C - вихідна оптова ціна 1кг заготовки, грн;

$C_0 = 40000$

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

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

q - чиста маса деталі, кг

Ц - ціна 1 кг відходів, грн

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

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

27,88	33,6	1,4	1,08	1,14	1,4
37,676					

T_{шт} - норма штучно-калькуляційного часу на операцію, яка відрізняється, хвC_p - часова тарифна ставка четвертого розряду роботи, грнK₁, K₂, K₃, K₄ - коефіцієнти, які враховують відповідно:

- * преміальні доплати станочників (K₁ = 1,4)
- * додаткову зарплату (K₂ = 1,08)
- * відрахування на соціальне страхування (K₃ = 1,4)
- * зарплату наладчиків верстатів (K₄ = 1,4)

O_s - поточні затрати по експлуатації верстата, грн:

$$O_s = \frac{C_1 \cdot T_{шт}}{60 \cdot K_5}$$

120	27,88
47,658	1,17

C₁ - годинні поточні затрати по експлуатації верстата, грн; C₁ = 0,003 · C₀K₅ - коефіцієнт виконання норм (K₅ = 1,17)E_n - нормативний коефіцієнт ефективності (E_n = 0,15)Z_k - питомі капітальні затрати на операцію, грн

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КНУ.КБР.131.24.1-06.02.АСП

$$Z_k = \frac{16906 + 27,88}{60 * \Phi * \eta_b} = \frac{16906 + 27,88}{60 * 4015 * 0,202} = 9,686$$

B - балансова вартість верстата, грн

$K_{ц}$ - вартість площі цеха, грн

$$K_{ц} = \Pi * \varphi * \gamma = 36969 = 500 * 29,575 * 2,5$$

Π - вартість 1м² площі механічного цеха, грн

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

γ - коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Φ - річний фонд часу роботи верстата, годин

η_b - коефіцієнт використання верстата:

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

$$\eta_b = \frac{27,88 * 180}{60 * \Phi * K_5 * m} = \frac{27,88 * 180}{60 * 3975 * 1,17 * 1} = 0,018$$

B - річна програма випуску деталей, шт

m - кількість верстатів, зайнятих на одній операції

					КНУ.КБР.131.24.1-06.02.АСП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

3.1 Проектування заготовки

Призначаємо основні припуски і граничні відхилення на діаметри уступів і виступів і водимо у таблицю 3.1 за табл. 2 [3].

Таблиця 3.1 – Основні припуски і граничні відхилення на діаметри уступів і виступів

№	Розмір деталі, мм	Основний припуск, мм	Граничні відхилення, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір заготовки, мм	Прим.
1	Ø90	9	±3	5	Ø104	99
2	Ø100	10	±3	6	Ø116	110
3	Ø136	11	±3	8	Ø155	147
4	Ø90	9	±3	5	Ø104	99
5	Ø50	9	±3	4	Ø63	59
6	L=510	28	±13		L=538	538
7	L ₁ =50	14	±6		L ₁ =64	64
8	L ₂ =178	18	±6		L ₂ =181	181
9	L ₃ =255	22	±6		L ₃ =277	277
10	L ₄ =82	14	±6		L ₄ =85	85

З формули розраховуємо припуск на загальну довжину деталі [3].:

$$2,5(\delta \pm \frac{\Delta}{2}) \quad (3.1)$$

де $(\delta \pm \frac{\Delta}{2})$ – основний припуск та граничні відхилення на найбільший розмір перерізу.

$$2,5 (11 \pm 5) = 28 \pm 13$$

Основний припуск для інших розмірів розраховуємо аналогічно.

Знаходимо припуск на довжину проміжних виступів:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.03.ПТП</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Жирабель</i>			<i>Проектування технологічного процесу</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Цибінда</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						

$$1,5 \left(\delta \pm \frac{\Delta}{2} \right) \quad (3.2)$$

$$1,5 (9 \pm 5) = 14 \pm 8 \text{ мм}$$

Припуски на всі інші розміри розраховуємо згідно правила розмірних ланцюгів

Додатковий припуск S призначаємо по таблиці 3 [3] на діаметри всіх перетинів, окрім основного, в залежності від різниці діаметрів найбільшого і перерізів деталі, що розглядаються.

Площа перерізу ступіні з найбільшим діаметром:

$$F_{max} = D_{max} \cdot Li_{max} \quad (3.3)$$

де D_{max} – найбільший діаметр валу,

Li_{max} – довжина ступіні валу з найбільшим діаметром.

$$F_{max} = 538 \cdot 155 = 79515 \text{ мм}^2$$

Поперечні перерізи інших ступеней валу:

$$F = D_i \cdot l_i \quad (3.4)$$

де l_i - довжина і-тої ступіні вала,

D_i - діаметр і-тої ступіні вала.

$$F_2 = 63 \cdot 34 = 2142 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = 104 \cdot 64 = 6656 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = 116 \cdot 127 = 14732 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = 104 \cdot 54 = 5616 \text{ мм}^2$$

Отже за основний переріз приймаємо переріз $\varnothing 155 \pm 8$ мм і переносимо додатковий припуск на нього.

Проводимо перевірку виконуваності уступів по висоті (табл.4) та довжині (табл.5) [3] .при ширині бойка $B_6 = 200$ мм.

Розраховуємо мінімальну довжину засічки, що необхідна для виконання виїмки або уступа:

$$l_{min} = 0,4 \cdot B_6 = 0,4 \cdot 200 = 80 \text{ мм} \quad (3.5)$$

Перевірка кінцевих уступів.

					КНУ.КБР.131.24.1-06.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3–Вибір послідовності обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість Ra, мкм	Точність IT	Допуск T, мм
1	2	3	4	5
1, 12 510 ^{+1,1}	1. Поковка 2.Фрезерування чорнове	50 12,5	15 13	2,8 1,1
2 Ø50h14	1. Поковка 2.Токарна чорнова	50 12,5	15 14	1,0 0,62
3 20H14	1. Поковка 2.Токарна чорнова	50 12,5	15 14	0,84 0,52
4, 11 Ø90m6	1. Поковка 2.Токарна чорнова 3.Токарна напівчистова 4.Токарна чистова 5.Термообробка 6.Шліфування	50 12,5 3,2 1,6 0,8	15 13 10 8 6	1,4 0,54 0,14 0,054 0,022
6 Ø136 _{-0,63}	1. Поковка 2.Токарна чорнова 3.Токарна напівчистова 4. Термообробка	50 12,5 3,2	15 14 13	1,6 1,0 0,63
7 178 _{-0,63}	1. Поковка 2Токарна чорнова	50 12,5	15 13	1,6 0,63
9 Ø100h6	1. Поковка 2.Токарна чорнова 3.Токарна напівчистова 4.Токарна чистова 5.Термообробка 6.Шліфування	50 12,5 3,2 1,6 0,8	15 13 10 8 6	1,4 0,54 0,14 0,054 0,022
13 24 ^{+0,052}	1.Фрезерування	3,2	9	0,052

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.03.ПТП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
	<p>7.Установ Б 8.Переустановити, закріпити, зняти; 9. Перехід 1 – точити шийку 11 в розмір 1; точити шийку 9 в розмір 2; точити шийку 6 в розмір 3 точити фаски 2,5×45° і 5×5°; точити канавки 10, 8;</p> <p>10. Перехід 2 – точити начисто шийку 11 в розмір 4; точити начисто шийку 9 в розмір 5 5.Свердлити отвір 17 в розмір Ø14, L=34. 6.Розсвердлити отвір 18 в розмір Ø22, L=8^{+0,22}. 7.Нарізання різьби М16, L=28</p>		<p>Державка SDJCR2525M11 Пластина DCMT11T308-SV Державка GYPR2525M00-K25 Пластина 0800K080N-MM Державка SDJCR2525M11 Пластина DCMT11T308-SV</p> <p>Свердло SD203-14.0-37-14R5 Мітчик МТН-М16Х2.00ІSO6Н-ВC-R002 Свердло SD101-22.00-40-25R7 Накінецьник SD100-22.00-P</p>
020	<p>1.Фрезерна 2. Фрезерний 6Б76ПФ2 3.Встановити, закріпити, зняти. 4.Фрезерувати шпонковий паз 13 в розмір 1.</p>	Призми	<p>Чорнова: Фреза MS4MCD1600E Чистова: Фреза MS8MHD2000E</p>
020	<p>1.Фрезерна 2. Фрезерний 6Б76ПФ2 3.Встановити, закріпити, зняти. 4.Фрезерувати шпонковий паз 13 в розмір 1.</p>	Призми	<p>Чорнова: Фреза MS4MCD1600E Чистова: Фреза MS8MHD2000E</p>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-06.03.ПТП

Арк.

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
025	1.Зубофрезерна. 2.Зубофрезерний напівавтомат для циліндричних коліс 6P82. 3.Встановити, закріпити, зняти. 4.Фрезерувати зубці $z=32$, $m=4$ начорно і начисто.	Трьохкулачковий патрон та задній центр, що обертається	Дискова модульна фреза P18 ($z=12$, $D=90$, $d=27$)
030	1.Свердлильна. 2. Фрезерний 2M614. 3.Встановити, закріпити, зняти. 4.Свердлити два отвори 18 в розміри $\varnothing 6,8$, $L=17$. 5.Нарізати різьбу M8–7H.	Призми	Свердло SD203A-6.8- 25-8R5 Мітчик MTH- M8X1.25ISO6H-BC- P001
035	1.Термообробка. 2.ТВЧ. 3.Гартування.		
040	Зачистка центрів		
045	1.Круглошліфувальна. 2. Круглошліфувальний 3M151Ф23. Установ А а) встановити, закріпити, зняти; б) шліфувати шийку 4 в розмір $\varnothing 90m6$; 4. Установ Б а) переустановити, закріпити, зняти; б)шліфувати шийку 11 в розмір $\varnothing 90m6$; в)шліфувати шийку 9 в розмір $\varnothing 100h6$.	Центра, повідковий патрон	Шліфувальний круг ($b=50$, $D=350$, $d=76$) 24A40C1K ДСТУ ГОСТ 2424–83

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-06.03.ПТП

Арк.

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
050	1.Фрезерування пазу. 2. Фрезерний 6Б76ПФ2. Встановити, закріпити, зняти. 4.Фрезерувати паз 16 в розмір 28Н12	Призми	Чорнова: Фреза VFSFPRD2000 та Чистова: Фреза MSMHVD2000E

3.5 Вибір розмірів і припусків на обробку

Таблиця 3.6 – Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість, Ra	Точність IT	Допуск T	Припуск t	Між операційний розмір з допуском
1	2	3	4	5	6	7
1, 12 510 ^{+1,1}	1. Поковка 2.Фрезерування чорнове	25 12,5	15 13	2,8 1,1	28 28	538 ⁺¹³ ₋₁₃ 510 ^{+1,1}
2 Ø50h1 4	1. Поковка 2.Токарна чорнова	25 12,5	15 14	1,0 0,62	13 13	Ø116 ⁺³ ₋₃ Ø50 _{-0,62}
3 20Н14	1. Поковка 2.Токарна чорнова	25 12,5	15 14	0,84 0,52	1 1	21 ^{+0,46} _{-0,38} 20 ^{+0,52}
4, 11 Ø90m 6	1. Поковка 2.Токарна чорнова 3.Токарна напівчистова 4.Токарна чистова 5.Шліфування	25 12,5 3,2 1,6 0,8	15 12 10 8 6	1,4 0,54 0,14 0,054 0,022	16 15,6 7,8 2,6 0,04	Ø116 ⁺³ ₋₃ Ø100,4 ^{+0,363} _{+0,013} Ø92,6 ^{+0,153} _{+0,013} Ø90,04 ^{+0,067} _{+0,013} Ø90 ^{+0,035} _{+0,013}
6 Ø136 _{-0,6}	1. Поковка 2.Токарна чорнова 3.Токарна напівчистова	25 12,5 3,2	15 14 13	1,6 1,0 0,63	19 11,4 7,6	Ø155 ^{+1,0} _{-0,6} Ø143,6 _{-1,0} Ø136 _{-0,63}

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-06.03.ПТП					

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7
7 178 _{-0,63}	1. Поковка 2.Токарна чорнова	25 12,5	15 13	1,6 0,63	3 3	181 ⁺⁶ ₋₆ 178 _{-0,63}
9 Ø100h6	1. Поковка 2.Токарна чорнова 3.Токарна напівчистова 4.Токарна чистова 5.Шліфування	25 12,5 3,2 1,6 0,8	15 13 10 8 6	1,4 0,54 0,14 0,054 0,022	16 9,6 4,8 1,1 0,5	Ø116 ⁺³ ₋₃ Ø106,4 _{-0,54} Ø101,6 _{-0,14} Ø100,5 _{-0,054} Ø100 _{-0,022}
13 24 ^{+0,052}	1.Фрезерування	3,2	9	0,052	24	24 ^{+0,052}
14 m=32, z=4	1.Фрезерування чорнове 3.Фрезерування чистове	3,2 1,6	9 8	0,087 0,054	2,5×2 3	Ø93 _{-0,087} Ø91 _{-0,054}
15 250 _{-0,72}	1. Поковка 2.Токарна чорнова 3.Токарна напівчистова 4.Токарна чистова	25 12,5 3,2 1,6	15 12 10 8	1,85 0,46 0,185 0,072	27 16,2 8,1 2,7	277 ⁺⁶ ₋₆ 260,8 ^{+0,43} _{-0,03} 252,7 ^{+1,2} _{-0,65} 250 _{-0,072}
15 250 _{-0,72}	1. Поковка 2.Токарна чорнова 3.Токарна напівчистова 4.Токарна чистова	25 12,5 3,2 1,6	15 12 10 8	1,85 0,46 0,185 0,072	27 16,2 8,1 2,7	277 ⁺⁶ ₋₆ 260,8 ^{+0,43} _{-0,03} 252,7 ^{+1,2} _{-0,65} 250 _{-0,072}
16 28H12	1.Фрезерування	6,3	12	0,21	28	28 ^{+0,21}
17 M16×2 Ø22h14	1.Свердлення 2.Розсвердлення 3.Нарізання різьби	50 12,5 12,5 3,2	15 14 14 7	0,84 0,43 0,52 0,018	14 8 2	Ø14 ^{+0,43} Ø22 _{-0,52} M16 × 2 ^(+0,21)

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

КНУ.КБР.131.24.1-06.03.ПТП

Арк.

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7
18 M8-7H	1.Свердлення 2.Нарізання різьби	12,5 12,5	12 7	0,15 0,015	6,8 1,2	$\varnothing 6,8^{+0,15}$ M8 ^(+0,015)

3.6 Розрахунок режимів різання

Проведемо розрахунок режимів різання для операції 015:

Вал-шестерня N=180		ди=780 Мпа		Оберти: 35-1600											Інструмент		Пластмаса		Матеріал		
Operazii i perexodi		D	L	t	S	V	n	i	To	Tдоп	Тобс, Тотп	Тшт	Тшт к								
1. Токарня з ЧПК 16K20Ф3							зам/об	6000	36,21	20,35	14,15	20,35	17,25	9							
<i>Устпнов А</i>																					
Перехід 1																					
Точити шийку в розмір 1		90,00	91	0,90	0,51	79	280,0	1	0,67	0	0	0	DTG NR2525M16				TNMG160408-MP		UE6105		
Перехід 2																					
Точити шийку в розмір 4 начисто		90,00	62	0,13	0,25	178	630,0	1	0,42	0	0	0	SDJCR2525M11				DCMT11T308-SV		UE6105		
1,09																					
<i>Устпнов Б</i>																					
Перехід 1																					
Точити шийку в розмір 1		100,00	451	3	0,26	111,5	355,0	1	4,99	0	0	0	DTG NR2525M16				TNMG160408-MP		UE6105		
Перехід 2																					
Точити шийку в розмір 6 начисто		100,00	178	0,4	0,22	175,9	560,0	1	1,48	0	0	0	SDJCR2525M11				DCMT11T308-SV		UE6105		
Точити шийку в розмір 7 начисто		100,00	178	0,4	0,22	175,9	560,0	1	1,48	0	0	0	SDJCR2525M11				DCMT11T308-SV		UE6105		

Рисунок 3.5 – Розраховані режими різання

					КНУ.КБР.131.24.1-06.03.ПТП				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 3.7 — Режими різання і норми часу на технологічні операції


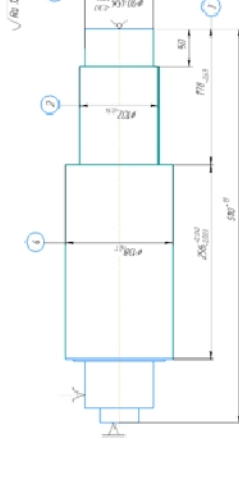
№ операції	Найменування операції	Ескіз операції	Інструмент	Режими різання										Норми часу			
				D	l	t	s	V	n	i	T _c	T _v	T _{сп}	T _{отд} T _{обс}	T _{шт}	T _{шт.к}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
005	<p>1. Фрезерно-центрувальна.</p> <p>2. Фрезерно-центрувальний МР-71.</p> <p>3. Встановити, закріпити, зняти.</p> <p>4. Фрезерувати торці розмір 1 ($510^{+1,1}$).</p> <p>5. Свердлини центрові отвори в розмір 2 ($\varnothing 6,3$).</p>		<p>Фреза торцева Т5К10 $\varnothing 100, 2214-0153; 2214-0154$ ДСТУ ГОСТ 9473-80 Свердло центрове А $\varnothing 6,3$ Р6М5, 2317-0105 ДСТУ ГОСТ 14952-80</p>	100	90	4	0,15	106,8	340	1	0,28						

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

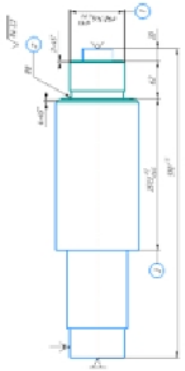
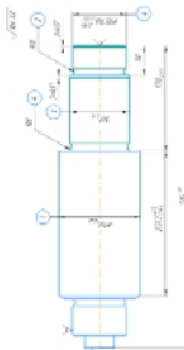
КНУ.КБР.131.24.1-06.03.ПТП

Арк.

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
010	1. Токарна чорнова. 2. Токарній 16К20. 3. Установ А – встановити, закріпити, зняти; – точити шийку в розмір 1; – подрізати горель в розмір 2; – точити шийку в розмір 3; – подрізати горель в розмір 4. 4. Установ Б – переустановити, закріпити, зняти; – точити шийку в розмір 1; – точити шийку в розмір 2; – подрізати горель в розмір 3; – точити шийку в розмір 4.	<p>Установ А</p>  <p>Установ Б</p> 	Держав ка PSSNR25 25M12 Пласти на SNMG1 20416-GH	90	131	3	0,6	84,82	300	1	0,76	0,24					
				100	451	4	0,5	78,54	250	1	3,67	0,24		4,91	0,25	5,16	5,2

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
015	<p>1. Токарна напівцистова і чистова.</p> <p>2. Токарний з ЧПК 16К20Ф3.</p> <p>3. Установ А</p> <p>4. Встановити, закріпити, зняти;</p> <p>5. Перехід 1</p> <p>— точити фаску $2,5 \times 45^\circ$;</p> <p>— точити шийку в розмір 1;</p> <p>— точити канавку в розмір 2;</p> <p>— підрізати торець в розмір 3;</p> <p>— точити фаску $4 \times 45^\circ$.</p> <p>6. Перехід 2</p> <p>— точити начисто шийку в розмір 4;</p> <p>— підрізати начисто торець в розмір 5.</p> <p>7. Установ Б</p> <p>8. Переустановити, закріпити, зняти;</p>	<p>Установ А: перехід 1</p>  <p>перехід 2</p> <p>Установ Б: перехід 1</p>  <p>перехід 2</p>	<p>Державка DTGNR25 25M16 Пластина TNMG160 408-MP</p>	90	91	0,9	0,51	179,2	280	1	0,67						
			<p>Державка SDJCR252 5M11 Пластина DCMT11T 308-ASAAA</p>	90	62	0,1	0,25	178,	630	1	0,42	4,4	12	1,2	13,2	13,2	

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
015	<ul style="list-style-type: none"> – точити фаску 2,5×45°; – точити шийку в розмір 1; – точити канавку в розмір 2; – точити фаску 5×5°; – точити шийку в розмір 3; – точити канавку в розмір 4; – точити шийку в розмір 5. 		Державка DTG NR25 25M16 Пластина TNMG160 408- MP	100	178	0,4	0,22	111	560	1	1,48					
	<ul style="list-style-type: none"> 10. Перехід 2 – точити начисто шийку в розмір 6; – точити начисто шийку в розмір 7. 		Державка SDJCR252 5M11 Пластина DCMT11T 308-SV					176								

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

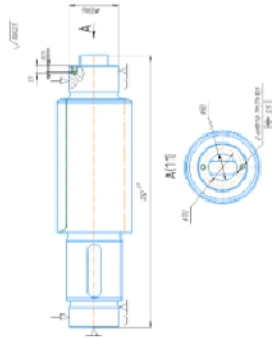
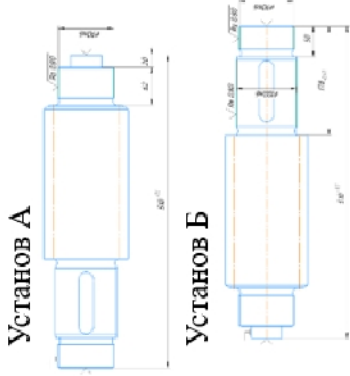
КНУ.КБР.131.24.1-06.03.ПТП

Арк.

Продовження таблиці таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
020	1. Шпонково-фрезерна. 2. Фрезерний широко універсальний інструментальний 6Б76ПФ2. 3. Встановити, закріпити, зняти. 4. Фрезерувати шпонковий паз в розмір 1.		<p>Чорнова: Фреза MS4MCD1600E</p> <p>Чистова: Фреза MS8MHD2000E</p>	24	100	7	0,01	22,6	300	1	16,7	0,18	16,8	0,84	17,72	17,77
025	1. Зубофрезерна. 2. Зубофрезерний напівавтомат для циліндричних коліс 53A80. 3. Встановити, закріпити, зняти. 4. Фрезерувати зубці $z=32$, $m=4$ начорно і начисто.		<p>Дискова модульна фреза P18 ($z=12$, $D=90$, $d=27$)</p>	136	250	20	1,6	13	22,4	4	96					
				136	250	2,5	2,0	14	25	2	66	0,24	162,2	8,1	170,3	170,4

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
030	1. Свердильна. 2. Горизонтально-розточний 2М614. 3. Встановити, закріпити, зняти. 4. Свердлити два отвори в розміри $\varnothing 6,8$, $L=17$. 5. Нарізати різьбу М8-7Н.		Свердло SD203A-6.8-25-8R5 Мігчик МПН-М8Х1.25І SO6Н-BC-P001	6,8	17	3,4	0,12	16	750	1	0,21	0,18	1,64	0,08	1,72	1,76
035	1. Термообробка. 2. ТВЧ. 3. Гартування.			8	10,5	0,6	0,16	7,5	300	1	0,43					
040	Зачистка центрів.															
045	1. Круглошліфувальна. 2. Круглошліфувальний 3М151Ф2. 3. Установ А а) встановити, закріпити, зняти; б) шліфувати шийку в розмір $\varnothing 90\text{тб}$; 4. Установ		Шліфувальний круг (b=50, D=350, d=76) 24А40С1К ДСТУ ГОСТ 2424-83	90	62	0,1	0,12	22,6	80	1	1	0,2	2,86	0,14	3	3,04

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	а) переустановити, закріпити, зняти; б) шліфувати шийку в розмір Ø90m6; в) шліфувати шийку в розмір Ø100h6.															
050	1. Фрезерування пазу. 2. Фрезерний широко універсальний консольний БР81Ш. 3. Встановити, закріпити, зняти. 4. Фрезерувати паз (28Н12)		Чорнова: Фреза SFPRD2000 та Чистова: Фреза MSMHVD 2000E	100	50	20	0,06	141	450	1	0,44	0,1 8	0,62	0,03	0,65	0,71
055	Контрольна															

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

КНУ.КБР.131.24.1-06.03.ПТП

Арк.

4 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

4.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

З урахуванням кількості і змісту раніше передбачених технологічних методів обробки поверхонь, обираємо сучасні типи інструментів, що запропоновані вітчизняними та іноземними виробниками. До кожної поверхні деталі підбираємо та обґрунтовуємо тип інструменту та представляємо його ескіз. Дані занесені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ з/п	Найменування операції	Тип інструменту	Примітка
1	2	3	4
1,21	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець	-
2,17	Чорнове точіння	Прохідний різець	-
3	Чорнове точіння Пів чистове точіння Чистове точіння Попереднє шліфування	Прохідний різець Шліфувальний круг	-
4,7,14	Чорнове точіння	Канавковий різець	-
5	Чорнове точіння Пів чистове точіння	Прохідний різець	-
6	Чорнове точіння Пів чистове точіння Чистове точіння Попереднє шліфування	Прохідний різець Шліфувальний круг	-
8,13	Чорнове підрізання торцю	Підрізний різець	-
9	Чорнове точіння Пів чистове точіння Чистове точіння	Прохідний різець	-
10	Чорнове точіння	Прохідний різець	-

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Жирабель</i>			<i>Вибір ріжучих та допоміжних інструментів</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Цидида</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
11,3	Чорнове підрізання торцю	Підрізний різець	-
12	Чорнове точіння	Прохідний різець	-
15	Чорнове точіння	Прохідний різець	-
16	Чорнове підрізання торцю	Підрізний різець	-
17	Чорнове точіння Пів чистове точіння Чистове точіння Попереднє шліфування	Прохідний різець Шліфувальний круг	-
19	Чорнове підрізання торцю	Підрізний різець	-
20	Чорнове точіння	Прохідний різець	-
22	Чорнове фрезерування Пів чистове фрезерування Чистове фрезерування	Кінцева фреза	-
23	Чорнове фрезерування Пів чистове фрезерування Чистове фрезерування	Шпонкова фреза	-
24	Чорнове свердління	Свердло	-
25	Чорнове свердління Цекування Нарізання різьблення	Свердло Цековка Мітчик	-
26	Чорнове свердління Цекування Нарізання різьблення	Свердло Цековка Мітчик	-
27	Зубонарізання	Дискова модульна фреза	-

4.2 Вибір сучасного металорізального інструменту

З урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу деталі, виду обробки і використаних металорізальних верстатів для прийнятих типів металорізальних інструментів, призначаємо матеріал різальної частини, геометричні параметри, матеріал державки (корпусу, хвостовика) інструменту, які виготовлені вітчизняними та іноземними виробниками. Дані занесено в таблицю 4.2

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ</i>					

Позиції: 3,4,6,7,8,9,10,11,15 – чорнове точіння:

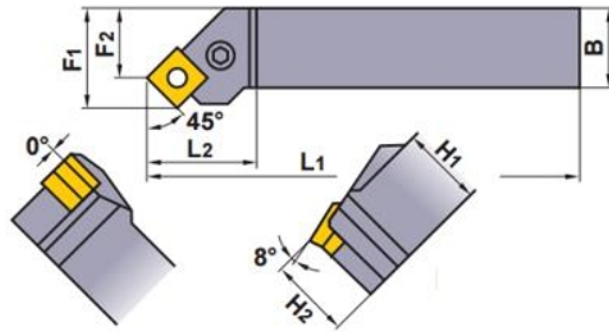


Рисунок 4.1 - Державка PSSNR2525M12 [5, с. 258]

Геометричні параметри: $H_1 = 25$ мм, $B = 25$ мм, $L_1 = 150$ мм, $L_2 = 31$ мм, $H_2 = 25$ мм. $F_1 = 32$ мм. $F_2 = 24$ мм.

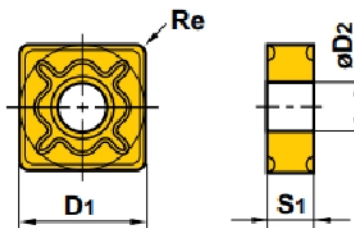


Рисунок 4.2 – Пластина SNMG120416-GH;

CVD покриття: UE6105 [5, с. 126]

Геометричні параметри: $D_1 = 12,7$ мм, $S_1 = 4,76$ мм, $R_e = 1,6$ мм, $D_2 = 5,16$ мм.

Позиції: 3,4,6,7,8,9,10,11,15 – пів чистове точіння:

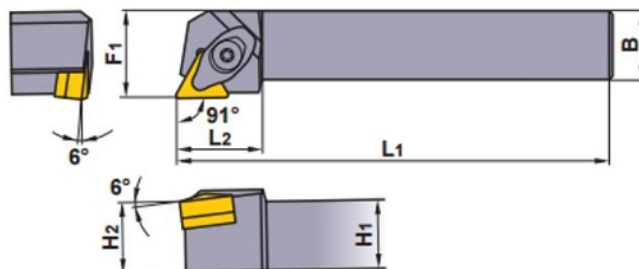


Рисунок 4.3 - Державка DTGNR2525M16 [5, с. 261]

Геометричні параметри: $H_1 = 25$ мм, $B = 25$ мм, $L_1 = 150$ мм, $L_2 = 25$ мм, $H_2 = 25$ мм. $F_1 = 32$ мм.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КНУ.КБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ

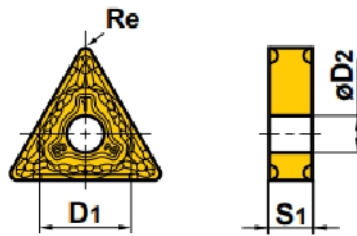


Рисунок 4.4 – Пластина TNMG160408-MP;

CVD покриття: UE6105 [5, с. 130]

Геометричні параметри: $D_1 = 12,7$ мм, $S_1 = 4,76$ мм, $R_e = 0,8$ мм,
 $D_2 = 3,81$ мм.

Позиції: 3,5,6,9,17 – чистове точіння:

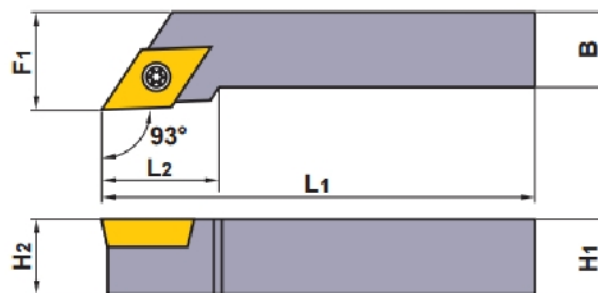


Рисунок 4.5 - Державка SDJCR2525M11 [5, с. 269]

Геометричні параметри: $H_1 = 25$ мм, $B = 25$ мм, $L_1 = 150$ мм, $L_2 = 25$ мм,
 $H_2 = 25$ мм. $F_1 = 32$ мм.

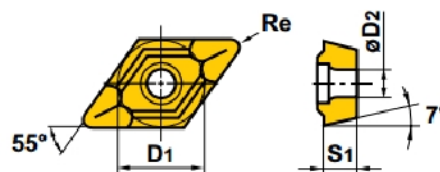


Рисунок 4.6 – Пластина DCMT11T308-SV;

CVD покриття: UE6105 [5, с. 153]

Геометричні параметри: $D_1 = 9,525$ мм, $S_1 = 3,97$ мм, $R_e = 0,8$ мм,
 $D_2 = 4,4$ мм.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиції 5,8,10

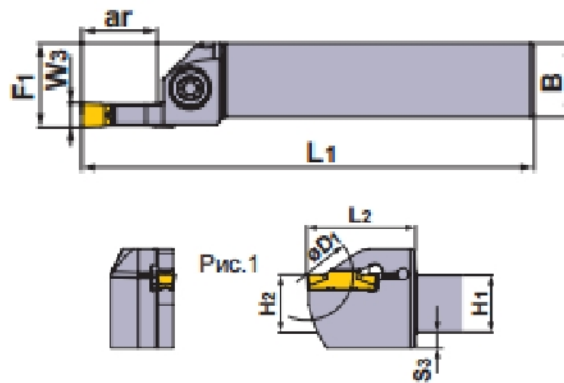


Рисунок 4.7 – Державка GYPR2525M00-K25 [5, с. 386];

Геометричні параметри: $H_1 = 25$ мм, $B = 25$ мм, $L_1 = 170$ мм, $L_2 = 47$ мм, $H_2 = 32$ мм, $F_1 = 28$ мм, $S_3 = 7$ мм., $ar = 25$ мм., $D_1 = 50$ мм.

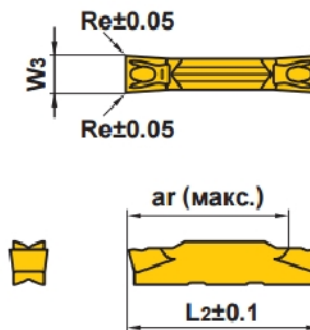


Рисунок 4.8 – Пластина 0800K080N-MM

PVD покриття: VP10RT [5, с. 372];

Геометричні параметри: $W_3 = 8$ мм, $R_e = 0,8$ мм, $L_2 = 30$, мм.

Позиція 16 (Чорнове фрезерування)

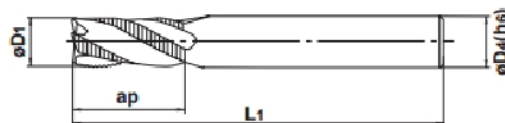


Рисунок 4.9 – Фреза VFSFPRD2000; Матеріал – UWC;

VF покриття [5, с. 723]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри: $D_1 = 20$ мм, $ap = 38$ мм, $L_1 = 100$, мм,
 $D_4 = 20$ мм, 4 зуба.

Позиція 16 (Чистове фрезерування)

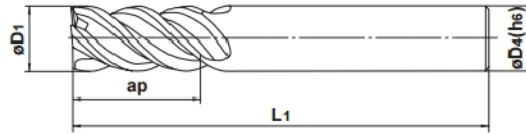


Рисунок 4.10 – Фреза MSMHVD2000E; Матеріал – UWC;

MS покриття [5, с. 692]

Геометричні параметри: $D_1 = 20$ мм, $ap = 45$ мм, $L_1 = 110$, мм,
 $D_4 = 20$ мм, 4 зуба.

Позиція 13 (Чорнове фрезерування шпонкового паза)

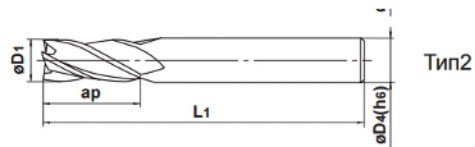


Рисунок 4.11 – Шпонкова фреза MS4MCD1600E; Матеріал – UWC;

MS покриття [5, с. 680]

Геометричні параметри: $D_1 = 16$ мм, $ap = 32$ мм, $L_1 = 90$, мм,
 $D_4 = 16$ мм, 4 зуба.

Позиція 13 (Чистове фрезерування шпонкового паза)

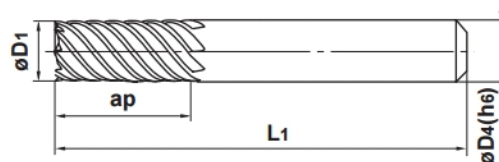


Рисунок 4.12 – Фреза MS8MHD2000E; Матеріал – UWC;

MS покриття [5, с. 685]

Геометричні параметри: $D_1 = 20$ мм, $ap = 36$ мм, $L_1 = 100$, мм,
 $D_4 = 20$ мм, 8 зубів

					КНУ.КБР.13124.1-06.04.ВРТДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиція 17

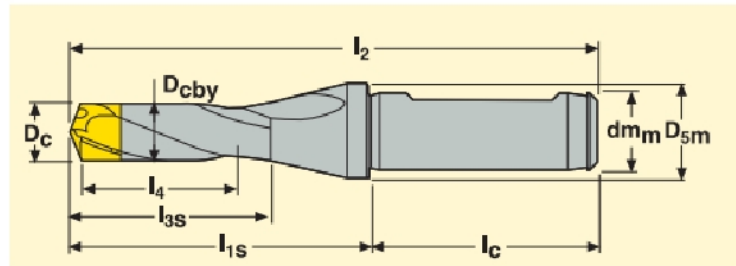


Рисунок 4.13 – Свердло SD101-22.00-40-25R7 [6, с. 78]

Геометричні параметри: $l_2 = 129,5$ мм, $l_{1s} = 73,5$ мм, $l_c = 56$ мм, $l_{3s} = 53,5$ мм, $D_{cby} = 21,5$, $dm = 25$ мм, $D_{5m} = 31$ мм, $D_c = 22 - 24$ мм.



Рисунок 4.14 – Накінечник SD100-22.00-P [6, с. 86]

Покриття PVD: TiAlN

Геометричні параметри: $D = 22$ мм, $a = 15,2$ мм.

Позиція 17

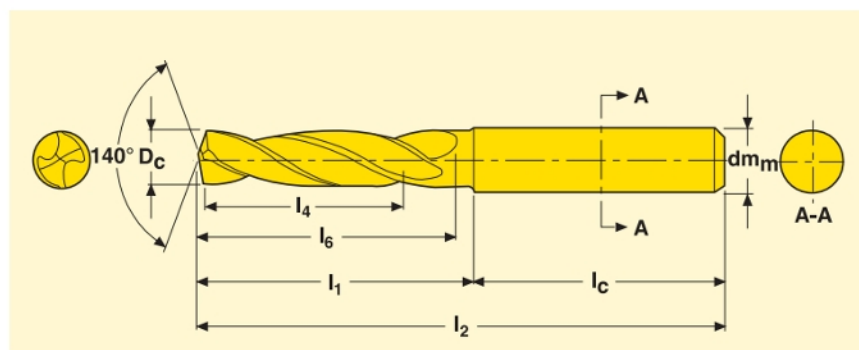


Рисунок 4.15 – Свердло SD203-14.0-37-14R5 [6, с. 26]

Покриття: TiAlN + TiN

Геометричні параметри: $D_c = 14$ мм, $l_4 = 38$ мм, $l_2 = 107$ мм, $l_1 = 62$ мм, $l_c = 45$ мм, $l_6 = 60$ мм, $dm_{h6} = 14$ мм

					КНУ.КБР.13124.1-06.04.ВРТДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиція 17

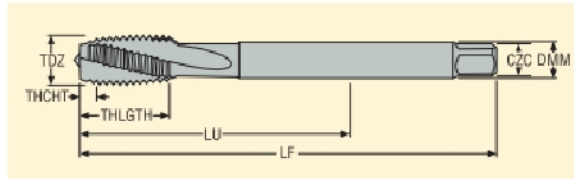


Рисунок 4.16 – Мітчик MTH-M16X2.00ISO6H-BC-P002 [7, с. 190]

Покриття: TiAlN

Геометричні параметри: TDZ = M16, Шаг = 2 мм, DMM = 12 мм,
 LU = 68 мм, THLGTH = 25 мм, LF = 110 мм, CZC = 12.00 × 9.00 мм.
 Позиція 18

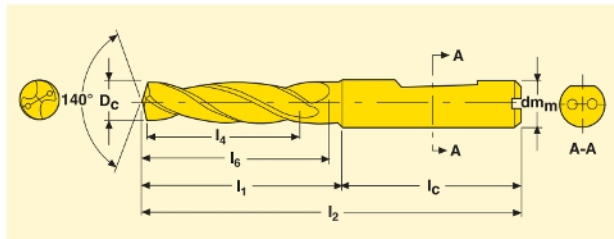


Рисунок 4.18 – Свердло SD203A-6.8-25-8R5 [7, с. 32]

Покриття: TiAlN + TiN.

Геометричні параметри: $D_c = 6,8$ мм, $l_4 = 25$ мм, $l_2 = 79$ мм, $l_1 = 43$ мм,
 $l_c = 36$ мм, $l_6 = 34$ мм, $dm_{h6} = 8$ мм.

Позиція 18

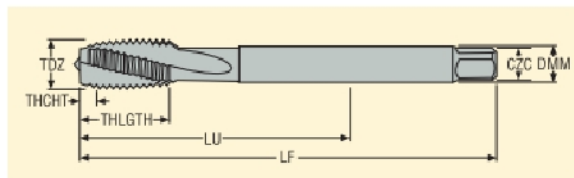


Рисунок 4.16 – Мітчик MTH-M8X1.25ISO6H-BC-P001 [7, с. 188]

Покриття: TiAlN

Геометричні параметри: TDZ = M8, Шаг = 1,25 мм, DMM = 10 мм,

					<i>КНУ.КБР.13124.1-06.04.ВРТДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 - Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ пов.	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
2,17	Прохідний різець	Чорнова - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
3	Прохідний різець	Чорнова - UE6105 П/ч - UE6105 Чистова - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$ $\varepsilon = 60^\circ$ $\varepsilon = 55^\circ$
3,8,10	Канавковий різець	VP10RT	Сталь 40	-
5	Прохідний різець	Чорнова - UE6105 П/ч - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$ $\varepsilon = 60^\circ$
6	Прохідний різець	Чорнова - UE6105 П/ч - UE6105 Чистова - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$ $\varepsilon = 60^\circ$ $\varepsilon = 55^\circ$
8,13	Підрізний різець		Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
9	Прохідний різець	Чорнова - UE6105 П/ч - UE6105 Чистова - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$ $\varepsilon = 60^\circ$ $\varepsilon = 55^\circ$
10	Прохідний різець	Чорнова - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
11,12	Підрізний різець	Чорнова - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
13	Прохідний різець	Чорнова - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
14	Прохідний різець	Чорнова - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
17	Прохідний різець	Чорнова - UE6105 П/ч - UE6105 Чистова - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$ $\varepsilon = 60^\circ$ $\varepsilon = 55^\circ$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ</i>					

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
19	Підрізний різець	Чорнова - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
20	Прохідний різець	Чорнова - UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
16	Кінцева фреза	Чорнова - UWC Чистова - UWC	У10	-
13	Шпонкова фреза	Чорнова - UWC Чистова - UWC	У10	-
17	Свердло	Чорнова - PVD: TiAlN	У10	-
17	Свердло Цековка Мітчик	Чорнове – TiAlN + TiN Цекування – Наріз. різьби – TiAlN	У10	-
18	Свердло Цековка Мітчик	Чорнове – TiAlN + TiN Цекування – Наріз. різьби – TiAlN	У10	-

4.3 Вибір типорозміру різальних інструментів

З урахуванням виду обробки, типу інструмента, параметрів різальної частини і габаритів, визначених за умовою міцності, призначаються типорозміри металорізальних інструментів, які виготовлені вітчизняними та іноземними виробниками. Приводимо ескіз вибраного ріжучого інструменту відповідно до оброблюваної поверхні. Дані занесено в таблицю 2.3.

					<i>КНУКБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 - Вибір типорозміру різальних інструментів

№ пов.	Тип інструменту і пластини	Основні розміри інструменту, пластини	Матеріал різальної частини інструменту	Шифр інструменту (державки, пластини) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5
3,4,6,7,8,9,10,11,	Прохідний різець для зовнішнього точіння	H1=25мм, B=25мм. L1=150мм, L2=31мм, H2=25мм, F1=32мм, F2=24мм. та D1=12,7мм, S1=4,76мм, Re=1,6мм, D2=5,16мм.	Чорнова - UE6105	Державка PSSNR2525M12 Пластина SNMG120416-GH
3,5,6,9,	Прохідний різець для зовнішнього точіння	H1=25мм, B=25мм. L1=150мм, L2=25мм, H2=25мм, F1=32мм, та D1=12,7мм, S1=4,76мм Re=0,8мм, D2=3,81мм.	Пів чистова- UE6105	Державка DTGNR2525M16 Пластина TNMG160408-MP
3,5,6,9,	Прохідний різець для зовнішнього точіння	H1=25мм, B=25мм. L1=150мм, L2=25мм, H2=25мм, F1=32мм, та D1=9,525мм, S1=3,97мм Re=0,8мм, D2=4,4мм.	Чистова - UE6105	Державка SDJCR2525M11 Пластина DCMT11T308-SV

					КНУ.КБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
3,8,10	Канавковий різець	H1=25мм, B=25мм, L1=170мм, L2=47мм, H2=32мм, F1=28мм, S3=7мм, ar=25мм, D1=50мм та W3=8мм, Re=0,8мм, L2=30мм	Точіння канавок - VP10RT	Державка GYPR2525M00- K25 Пластина 0800K080N-MM
16	Торцева фреза	D1=20мм, ar=38мм, L1=100мм, D4=20мм, 4 зуба та D1=20мм, ar=45мм, L1=110мм, D4=20мм, 4 зуба	Чорнове фрезерування - VF Чистове фрезерування - MS	Чорнове – Фреза VFSFPRD2000 та Чистове – Фреза MSMHVD2000E
13	Шпонкова фреза	D1=16мм, ar=32мм, L1=90мм, D4=16мм, 4 зуба та D1=20мм, ar=36мм, L1=100мм, D4=20мм, 8 зубів	Чорнове фрезерування - VF Чистове фрезерування - MS	Чорнове – Фреза MS4MCD1600E Чистове – Фреза MS8MHD2000E
17	Свердло	l2=129,5мм, l1s=73,5мм lc=56мм, l3s=53,5мм Dсby=21,5мм, dmm=25мм, D5m=31мм, Dc=22мм. та D=22 мм, a=15,2 мм.	Чорнове свердління- PVD: TiAlN	Свердло SD101-22.00-40- 25R7 Накінецьник SD100-22.00-P

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ

Арк.

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
17	Свердло Мітчик	l4=38мм,l2=107мм l1=62мм,lс=45мм l6=60мм, dmmh6=14мм,Dc=14мм; та TDZ=M16,Шаг=2 мм, THLGTH=25мм, DMM=12мм, LU=68мм,LF=110мм, CZC=12.00×9.00мм.	Чорнове свердління- TiAlN + TiN Нарізання різьби- TiAlN	Свердло SD203- 14.0-37-14R5 Мітчик MTH- M16X2.00ISO6 H-BC-P002
18	Свердло Мітчик	l4=25мм,l2=79мм l1=43мм,lс=36мм l6=34мм, dmmh6=8мм,Dc=6,8мм; та TDZ=M8,Шаг=1,25 мм, THLGTH=20мм, DMM=10мм, LU=20мм,LF=100мм, CZC=10.00×8.00мм.	Чорнове свердління- TiAlN + TiN Нарізання різьби- TiAlN	Свердло SD203A-6.8-25- 8R5 Мітчик MTH- M8X1.25ISO6H -BC-P001

$$P_{\text{жорс}} = \frac{3fEj}{l^3} = \frac{3 * 0,1 * 10^{-3} * 2 * 10^{11} * 3,25 * 10^{-8}}{(65 * 10^{-3})^3} = 7100 \text{ Н} \quad (4.1)$$

Де: $f=0,1$ – допустима стріла прогину при чорновому точінні;

$E = 2 * 10^{11}$ Па – модуль пружності матеріалу державок;

J – момент інерції прямокутного перетину державки;

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 * 25^3}{12} = 32500 \text{ Н.}$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

$$P_{\text{доп}} > P_z < P_{\text{жорс}} \quad (4.2)$$

$$8000 > 3540 < 7100$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ						

4.4. Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Враховуючи параметри поверхонь посадочних місць верстата під Різальний інструмент та параметри поверхонь посадочних місць різальних інструментів, призначаємо типи допоміжних інструментів за міжнародними стандартами до кожного обраного різального інструменту. Дані занесемо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 - Вибір типу допоміжного інструменту

№ пов	Металорізальний верстат (тип, модель)	Параметри Посадочного місця верстата під інструмент	Тип різучого інструменту (Шифр інструменту)	Параметри посадочного місця різучого інструменту, мм	Допоміжний інструмент (Шифр інструменту) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5	6
3,4,6,7, 8,9,10, 11,15	16K20	VDI40	PSSNR 2525M12	b=25; h=25	Різцетримач осьовий короткий, тип C1: T.C1-40X25X85
3,5,6, 9, 12,15, 17,20	16K20Ф3	VDI40	PSSNR 2525M12	b=25; h=25	Різцетримач осьовий короткий, тип C1: T.C1-40X25X85
3,5,6, 9,17	16K20Ф3	VDI40	DTGNR 2525M16	b=25; h=25	Різцетримач осьовий короткий, тип C1: T.C1-40X25X85
3,5,6, 9,17	16K20Ф3	VDI40	SDJCR 2525M11	b=25; h=25	Різцетримач осьовий короткий, тип C1: T.C1-40X25X85

					<i>КНУКБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4	5	6
4,7,14	16K20Ф3	VDI40	GYPR 2525M00-K25	b=25; h=25	Різцетримач осьовий короткий, тип С1: Т.С1-40X25X85
17	HAAS UMC-1000	BT 40 ISO	MSMHVD2000E	Ø20	Гідропластовий патрон E341458342090
23	6Б76ПФ2	BT 40 ISO	MS4MCD1600E	Ø16	Гідропластовий патрон E341458341690
12	6Б76ПФ2	BT 40 ISO	MS8MHD2000E	Ø20	Гідропластовий патрон E341458342090
13	HAAS UMC-1000	BT 40 ISO	SD101-22.00-40- 25R7	Ø25	Weldon – DIN 1835 E34145842590
16	HAAS UMC-1000	BT 40 ISO	SD203-14.0-37- 14R5	Ø14	Гідропластовий патрон E341458341490
17	2M614	BT 40 ISO	MTH- M16X2.00ISO6H- BC-P002	DMM=12	Мітч. патрон E4041586725130 та Цанги ER 25 393.14- 25D120X090
18	2M614	BT 40 ISO	SD203A-6.8-25- 8R5	Ø8	Гідропластовий патрон E341458340890
18	2M614	BT 40 ISO	MTH- M8X1.25ISO6H- BC-P001	DMM=10	Мітч. патрон E4041586725130 та Цанги ER 25 393.14- 25D100X080

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ

Арк.

4.5 Проектування пристрою для шпонково-фрезерної операції

Розрахуємо похибку базування [12]:

$$\varepsilon_1 = 1,21T_d = 1,21 \cdot 0,022 = 0,02662 \text{ мм.}$$

Сила різання P_z буде дорівнювати:

$$P_z = 60037 \cdot N_{\text{рез}} \quad (4.3)$$

$$P_z = 60037 \cdot \frac{1,1}{22,6} = 2022 \text{ Н;}$$

$$P_H = (1,1 \dots 1,2) \cdot P_z = 1,1 \cdot 2022 = 2224 \text{ Н;}$$

$$P_V = (0,2 \dots 0,3) \cdot P_z = 0,25 \cdot 2022 = 506 \text{ Н;}$$

Враховуємо сили, які діють на вал від затиску:

$$F_{\text{затиску}} - 2 \cdot R \cdot \cos 45^\circ = 0,$$

Отже:

$$R = \frac{F_{\text{затиску}}}{2 \cos 45^\circ} = 0,707 \cdot F_{\text{затиску}};$$

Знаходимо коефіцієнти надійності і закріплення за таблицями 19.1 і 19.2 [12]:

$$K = 1,5 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (4.4)$$

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34;$$

З'ясовуємо силу затиску, приймаючи при цьому умови надійності:

$$K \cdot P_H = 0,6 \cdot F_{\text{затиску}}^H \quad (4.5)$$

$$K \cdot P_V \cdot l_2 = F_{\text{затиску}}^V \cdot l_1 \quad (4.6)$$

Звідки:

$$F_{\text{затиску}} = F_{\text{затиску}}^H + F_{\text{затиску}}^V = 1,1 \cdot K \cdot P_z / 0,6 + 0,25 \cdot P_z \cdot K \cdot l_2 / l_1 \quad (4.6)$$

$$F_{\text{затиску}} = 2022 \cdot 2,34 \left(\frac{1,1}{0,6} + 0,25 \cdot 2,34 \cdot \frac{470}{285} \right) = 13240 \text{ Н}$$

Обираємо гайку для затискача:

$$W_r = \frac{F_{\text{затиску}} b}{a \eta} = \frac{13240 \cdot 2}{0,95} = 27,8 \text{ кН}$$

Обираємо гайку [12]

					КНУ.КБР.131.24.1-06.04.ВРТДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

5.1 Розрахунок геометричних параметрів спеціального інструменту

На основі аналізу методів обробки поверхонь та вибраних типів ріжучих інструментів виконуємо розрахунок спеціального ріжучого інструменту – дискова-модульна фреза

Вихідні дані:

$m=4$ мм;

кут зачеплення $\alpha_d = 20^\circ$;

кількість зубців нарізованого колеса $z=32$;

коефіцієнт зміщення вихідного контура $\varepsilon=0,04$;

припуск під наступну операцію $\Delta S=0,22$ мм;

ступінь точності 7-С;

клас точності А;

матеріал: сталь 40Х;

твердість 261-269 НВ;

Порядок розрахунку:

5.1.1 Визначення радіуса [13] основного кола колеса:

$$r_b = \frac{mz}{2} \cos \alpha_d = \frac{4 \cdot 32}{2} \cos 20^\circ = 60,14 \text{ мм.} \quad (5.1)$$

5.1.2 Визначення кута тиску [13] в будь-якій точці профілю: найвища точка профілю знаходиться на радіусі виступів, тобто

$$r_{12} = r_a = r_o + h_a = \frac{mz}{2} + (h_a + \varepsilon) = \frac{4 \cdot 32}{2} + (1 + 0,04) \cdot 4 = 68,16 \text{ мм;}$$

$$\cos \alpha_x = \frac{r_b}{r_x}; \quad (5.2)$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{60,14}{60,14} = 1 \quad \alpha_1 = \arccos 1 = 0^\circ;$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{60,14}{60,809} = 0,989 \quad \alpha_2 = \arccos 0,989 = 8,5^\circ$$

5.1.3) Визначення половини кутової ширини западини [13] на ділильному колі:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.05.ПСІ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Жирабель</i>			<i>Проектування спеціального інструменту</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Цидида</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						

$$\delta_d = \frac{\pi}{2z} - \frac{2\varepsilon \cdot \operatorname{tg}\alpha_d}{z} + \frac{\Delta S_d}{mz} = \frac{\pi}{2 \cdot 32} - \frac{2 \cdot 0,03 \cdot \operatorname{tg}20^\circ}{32} + \frac{0,22}{4 \cdot 32} = 0,0494 \text{ рад}; \quad (5.3)$$

ΔS_d – потоншення зубців колеса чи потовщення зубців інструмента для утворення бокового проміжку

5.1.4 Визначення половини кутової ширини западини [13] на колі радіуса r_x :

$$\delta_x = (\delta_d + \operatorname{inv}\alpha_x - \operatorname{inv}\alpha_d) \cdot 57,29578, \text{ град.}; \quad \operatorname{inv}20^\circ = 0,014904 \quad (5.4)$$

$$\delta_1 = (0,0494 + \operatorname{inv}0^\circ - \operatorname{inv}20^\circ) \cdot 57,29578 = 1,978^\circ;$$

5.1.5 Визначення координат [13] профільних точок інструменту:

$$\begin{aligned} \text{абциса } x_x &= r_x \sin \delta_x; \\ \text{ордината } y_x &= r_x \cos \delta_x; \end{aligned} \quad (5.5)$$

$$\begin{aligned} x_1 &= 60,14 \cdot \sin 1,978^\circ = 2,07 \text{ мм.}; & y_1 &= 60,14 \cos 1,978^\circ = 60,1 \text{ мм.}; \\ x_2 &= 60,809 \cdot \sin 2,04101^\circ = 2,16; & y_2 &= 60,14 \cos 2,04101^\circ = 60,77 \text{ мм.}; \end{aligned}$$

5.1.6 Ширина западин [13] колеса $S = 2x$:

$$\begin{aligned} S_1 &= 2 \cdot 2,07584 = 4,15168 \text{ мм.}; \\ S_2 &= 2 \cdot 2,165692 = 4,331384 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (5.6)$$

5.1.7 Висота профілю [13] зубця:

$$h = y - r_f; \quad (5.7)$$

r_f – радіус кола западин;

$$r_f = \frac{mz}{2} - (h_f + C - \varepsilon) \cdot m = \frac{4 \cdot 32}{2} - (1 + 0,25 - 0,04) \cdot 4 = 59,16 \text{ мм.}; \quad (5.8)$$

$$\begin{aligned} h_1 &= 60,10449 - 59,16 = 0,9444 \text{ мм.}; \\ h_2 &= 60,77006 - 59,16 = 1,61 \text{ мм.} \end{aligned}$$

5.1.8 Визначення ширини [13] фрези:

$$B = (1 + 0,01b) \cdot S_{\max} = (1 + 0,01 \cdot 21) \cdot 9,814 = 11,88 \text{ мм.}; \quad (5.9)$$

Приймаємо $B = 13 \text{ мм.}$

					КНУ.КБР.131.24.1-06.05.ПСІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.9 Задній вершинний кут $\alpha_B = 10^\circ$:

Приймаємо $\alpha_B = 10^\circ$;

5.1.10) Визначення [12] величини затилування для шліфованої ділянки:

$$K_{\text{ш}} = \frac{\pi \cdot D}{z} \cdot \operatorname{tg} \alpha_B = \frac{\pi \cdot 90}{12} \cdot \operatorname{tg} 10^\circ = 4,15 \text{ мм}; \quad (5.10)$$

Де D – діаметр фрези; z - кількість зубців фрези; D і z приймають із стандартного ряду значень

5.1.11 Визначення [13] величини затилування нешліфованої ділянки:

$$K_{\text{нш}} = (1,2 \dots 1,35) K_{\text{ш}} = (1,25 \dots 1,35) \cdot 4,15 = 4,98 - 5,6 \text{ мм}; \quad (5.11)$$

Приймаємо $K_{\text{нш}} = 5,4 \text{ мм}$.

5.1.12 Визначення [13] глибини остружкових рівців:

$$H = h_{\text{max}} + (3 \dots 5) = 8,15 + (3 \dots 5) = 11,15 - 13,15 \text{ мм} \quad (5.13)$$

5.1.13 Визначення розмірів шпонкового рівця з допусками за стандартом

Для $d=27\text{H}5(+0,004) \text{ мм}$;

$$b=7\text{H}9(+0,09); \quad d+t=29,8\text{H}12(+0,21) \text{ мм}; \quad r=0,9+0,3 \text{ мм}.$$

5.1.14 Вибір матеріалу для виготовлення фрези.

Приймаємо швидкорізальну сталь P18, HRC 62-65

Всі розрахунки зводимо до таблиць 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 та 5.7

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.05.ПСІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1

$\cos\alpha_1$	1
$\cos\alpha_2$	0,98901
$\cos\alpha_3$	0,97826
$\cos\alpha_4$	0,96774
$\cos\alpha_5$	0,95744
$\cos\alpha_6$	0,94736
$\cos\alpha_7$	0,93749
$\cos\alpha_8$	0,92783
$\cos\alpha_9$	0,91836
$\cos\alpha_{10}$	0,90908
$\cos\alpha_{11}$	0,89999
$\cos\alpha_{12}$	0,89108

Таблиця 5.2

α_1	0°
α_2	8,502394°
α_3	11,96945°
α_4	14,5934°
α_5	16,77571°
α_6	18,67279°
α_7	20,36529°
α_8	21,90142°
α_9	23,31275°
α_{10}	24,62134°
α_{11}	25,84335°
α_{12}	26,99105°

Таблиця 5.3

δ_1	1,97805°
δ_2	2,04101°
δ_3	2,15527°
δ_4	2,30203°
δ_5	2,47445°
δ_6	2,66849°
δ_7	2,88137°
δ_8	3,11103°
δ_9	3,35588°
δ_{10}	3,61458°
δ_{11}	3,88606°
δ_{12}	4,16938°

Таблиця 5.4

x_1	2,07584 мм.
x_2	2,165692 мм.
x_3	2,312001 мм.
x_4	2,496204 мм.
x_5	2,711909 мм.
x_6	2,955528 мм.
x_7	3,224709 мм.
x_8	3,51777 мм.
x_9	3,833438 мм.
x_{10}	4,170716 мм.
x_{11}	4,528793 мм.
x_{12}	4,907 мм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-06.05.ПСІ

Арк.

Таблиця 5.5

y ₁	60,10449 мм.
y ₂	60,77006 мм.
y ₃	61,43345 мм.
y ₄	62,09509 мм.
y ₅	62,75498 мм.
y ₆	63,41302 мм.
y ₇	64,06906 мм.
y ₈	64,72294 мм.
y ₉	65,37448 мм.
y ₁₀	66,02348 мм.
y ₁₁	66,66975 мм.
y ₁₂	67,31308 мм.

Таблиця 5.6

S ₁	4,15168 мм.
S ₂	4,331384 мм.
S ₃	4,624002 мм.
S ₄	4,992408 мм.
S ₅	5,423818 мм.
S ₆	5,911056 мм.
S ₇	6,449418 мм.
S ₈	7,035539 мм.
S ₉	7,666876 мм.
S ₁₀	8,341431 мм.
S ₁₁	9,057586 мм.
S ₁₂	9,814 мм.

Таблиця 5.7

h ₁	0,944492 мм
h ₂	1,610056 мм
h ₃	2,27345 мм
h ₄	2,935093 мм
h ₅	3,594983 мм
h ₆	4,25302 мм
h ₇	4,909063 мм
h ₈	5,562943 мм
h ₉	6,21448 мм
h ₁₀	6,86348 мм
h ₁₁	7,509747 мм
h ₁₂	8,153075 мм

Координати робочого профілю зубчатого колеса на рисунку 5.1, а креслення дискової модульної фрези – на рисунку 5.2

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.05.ПСІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

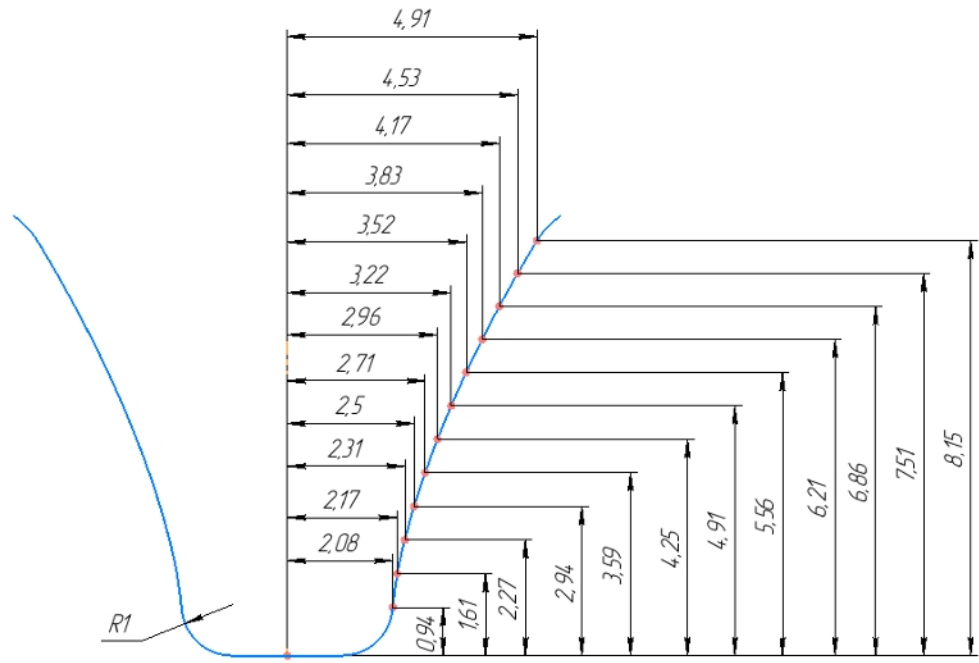


Рисунок 5.1 – Координати робочого профілю зубчатого колеса

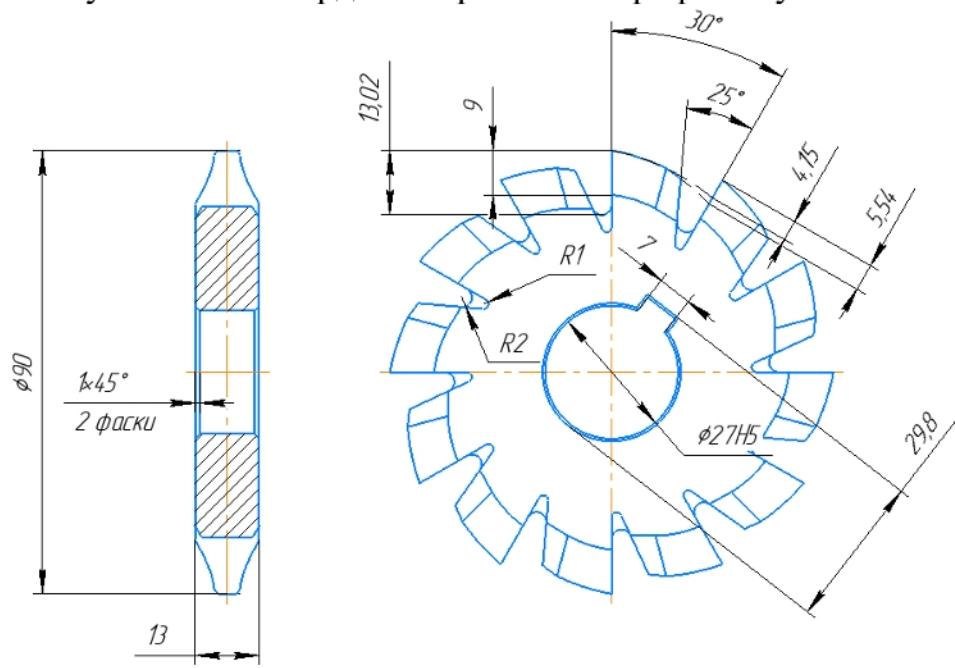


Рисунок 5.2 – Креслення дискової модульної фрези.

					КНУ.КБР.131.24.1-06.05.ПС1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 РОЗРАХУНОК СПЕЦІАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА В САЕ СИСТЕМІ SOLIDWORKS

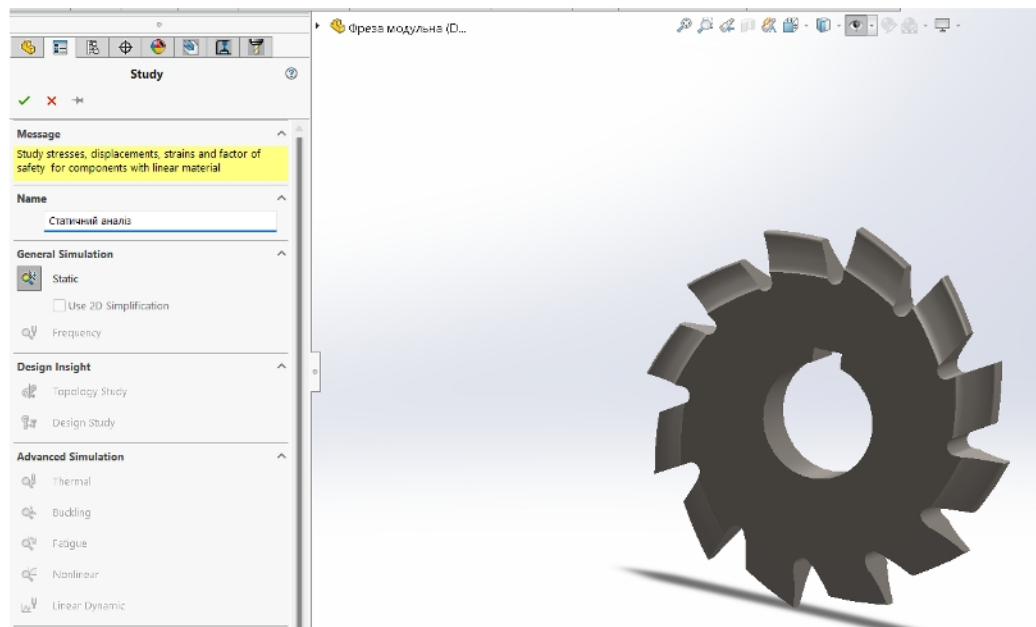


Рисунок 6.1 – Обираємо статичний аналіз [14]

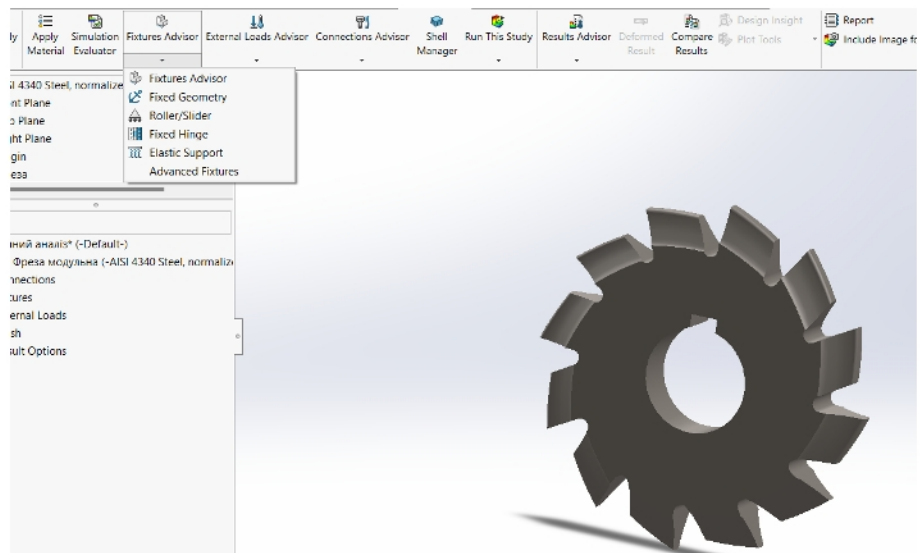


Рисунок 6.2 – Переходимо у вкладку «Фіксована геометрія» [14]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.06.РСІСАЕ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Розрахунок спеціального інструменту в САЕ</i>					
Розроб.		<i>Жирабель</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Цидінда</i>								
Реценз.								<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>								
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>								

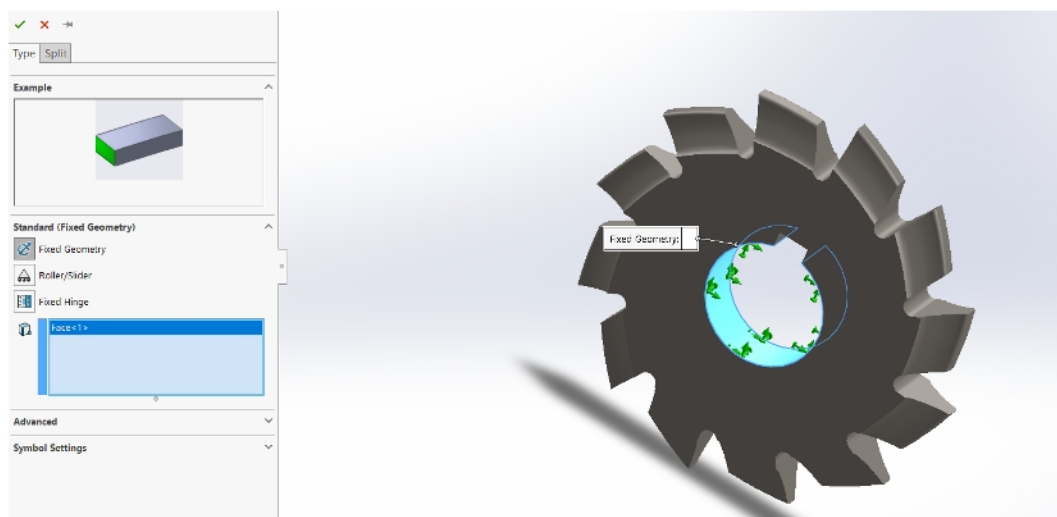


Рисунок 6.3 – Фіксуємо фрезу за посадкове місце [14]

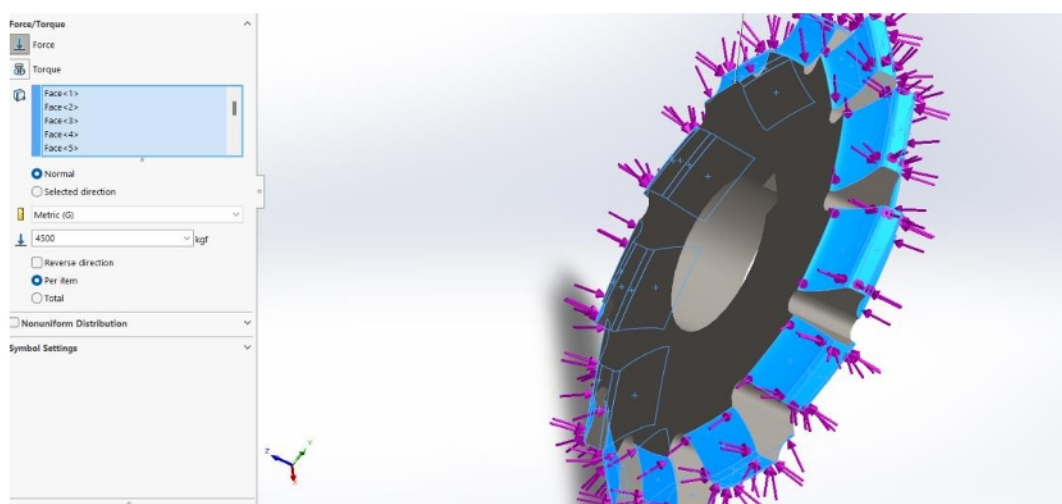


Рисунок 6.4 – Надаємо на кожен зуб зусилля [14]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.06.РСІСАЕ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

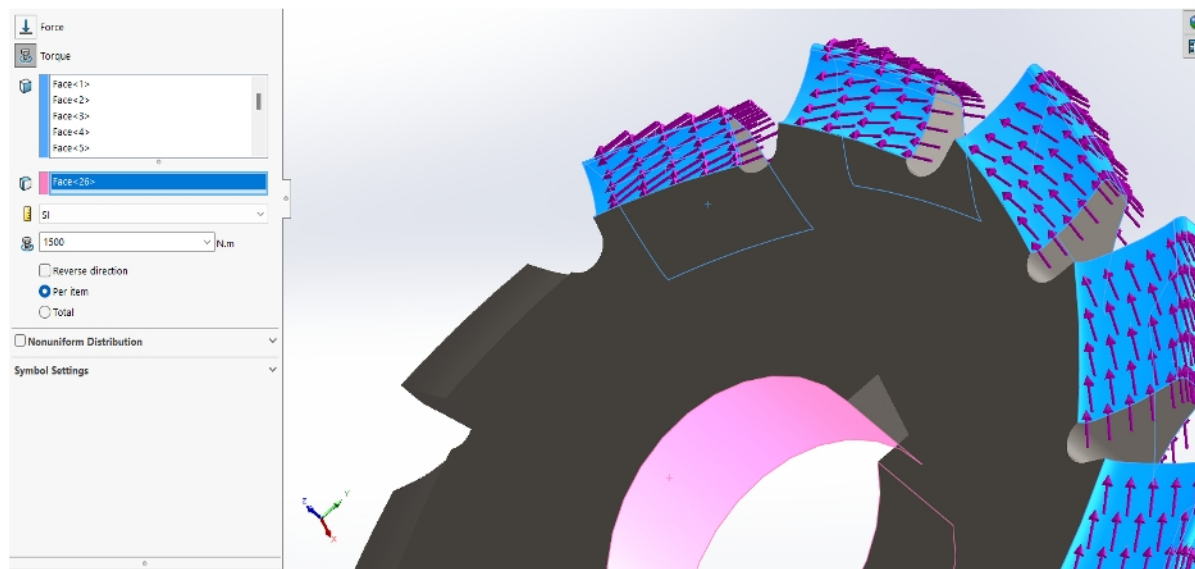


Рисунок 6.5 – Задаємо момент і також застосовуємо до кожного зуба фрези [14]

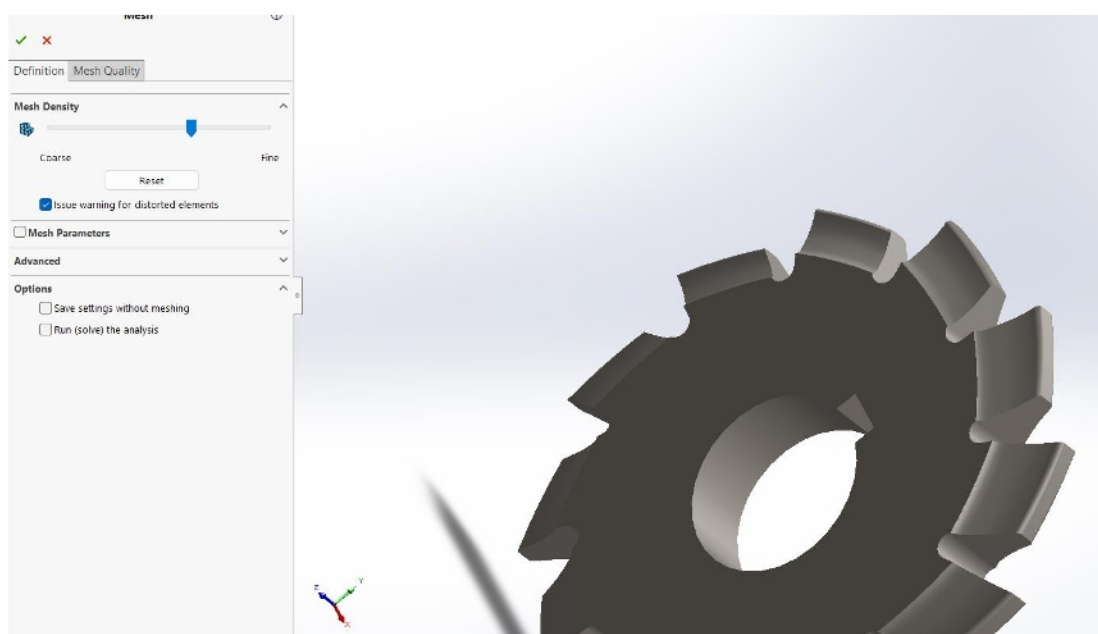


Рисунок 6.6 – Переходимо на вкладку створення сітки [14]

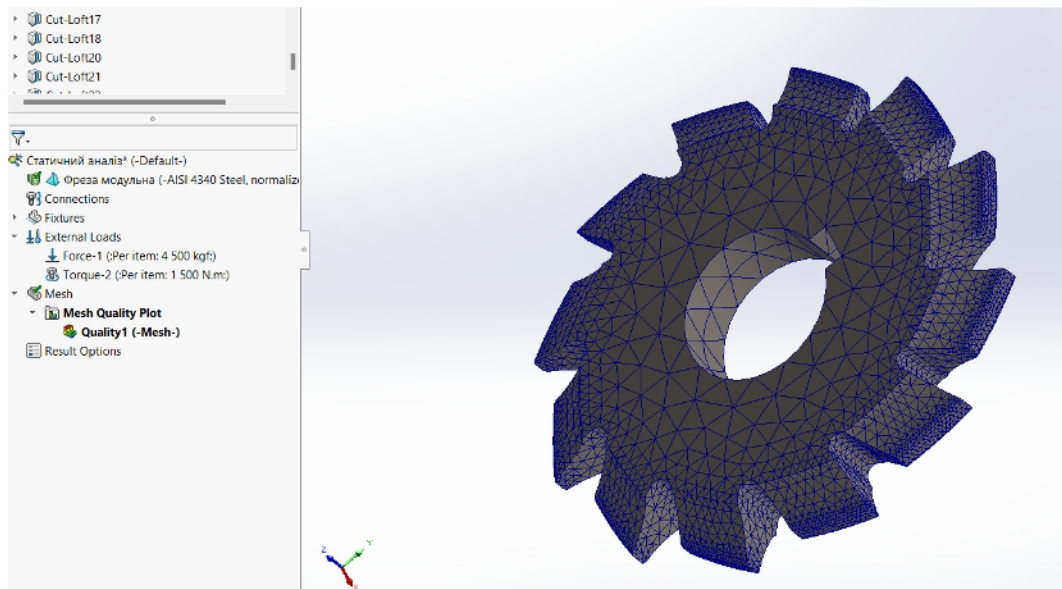


Рисунок 6.7 – Створюємо сітку та виконуємо розрахунок [14]

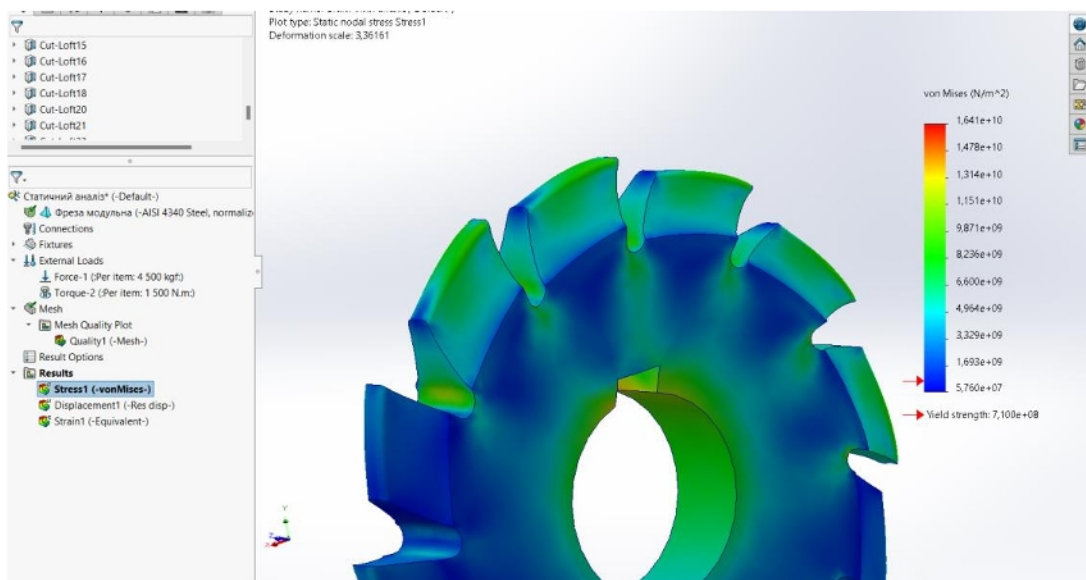


Рисунок 6.8 – Напруження фрези [14]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.06.РСІСАЕ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

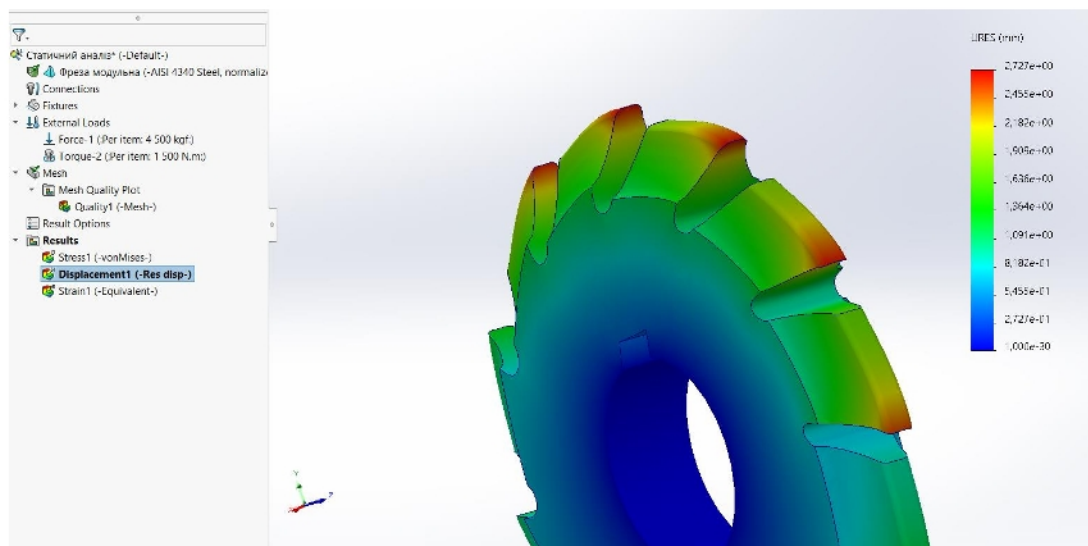


Рисунок 6.9 – Переміщення фрези [14]

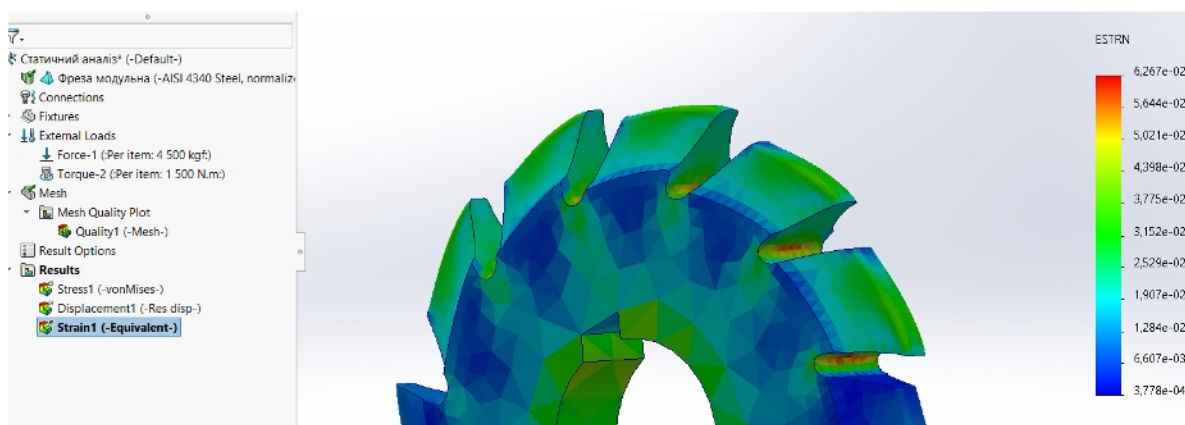


Рисунок 6.11 – Деформація фрези [14]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.06.РСІСАЕ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

7.1 Проектування чистої токарної операції

Обираємо FutureCAM для моделювання. Напишемо за допомогою нього, код для напівчистої і чистої токарної обробки.

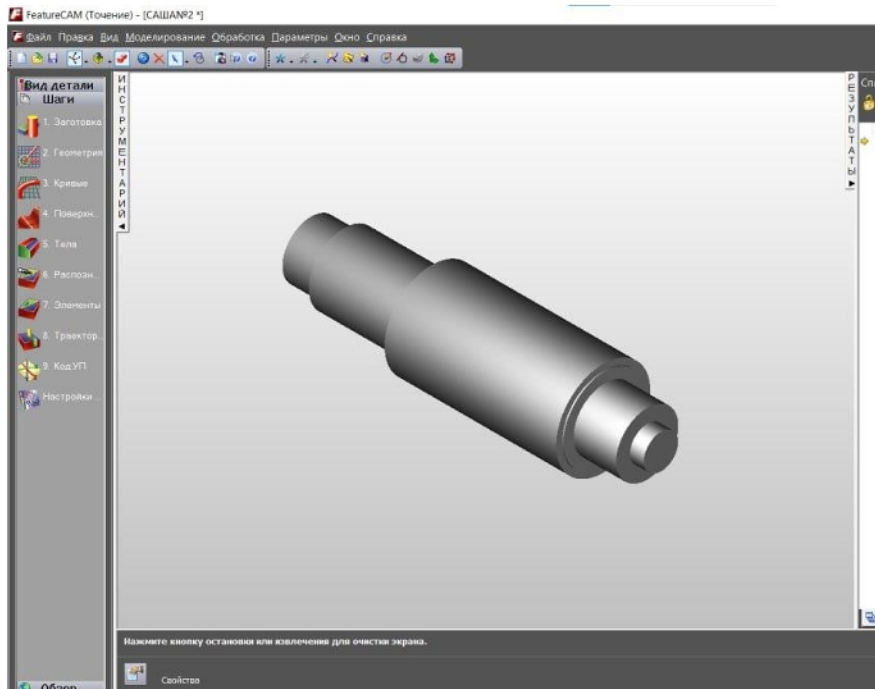


Рисунок 7.1 – Вал після чорнової токарної обробки

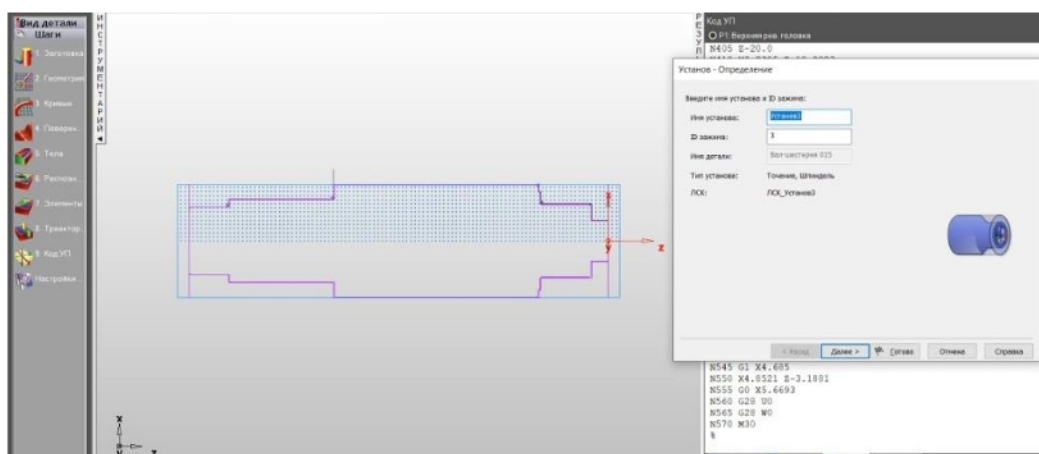


Рисунок 7.2 – Обираємо установ і креслимо контур обробки

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.07.МТПМО</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Жирабель</i>			<i>Моделювання та проектування операції механічної обробки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Цидида</i>						
Реценз.						<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						

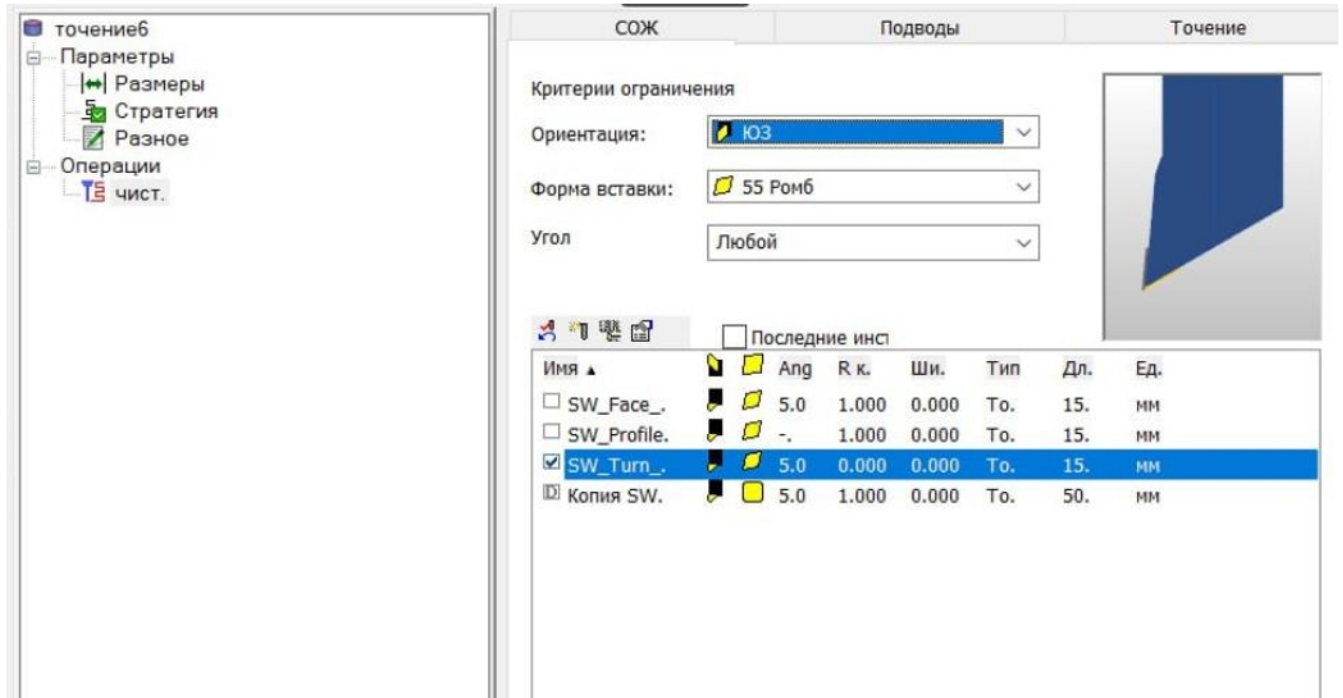


Рисунок 7.3 – Налаштовуємо параметри різця та режими обробки

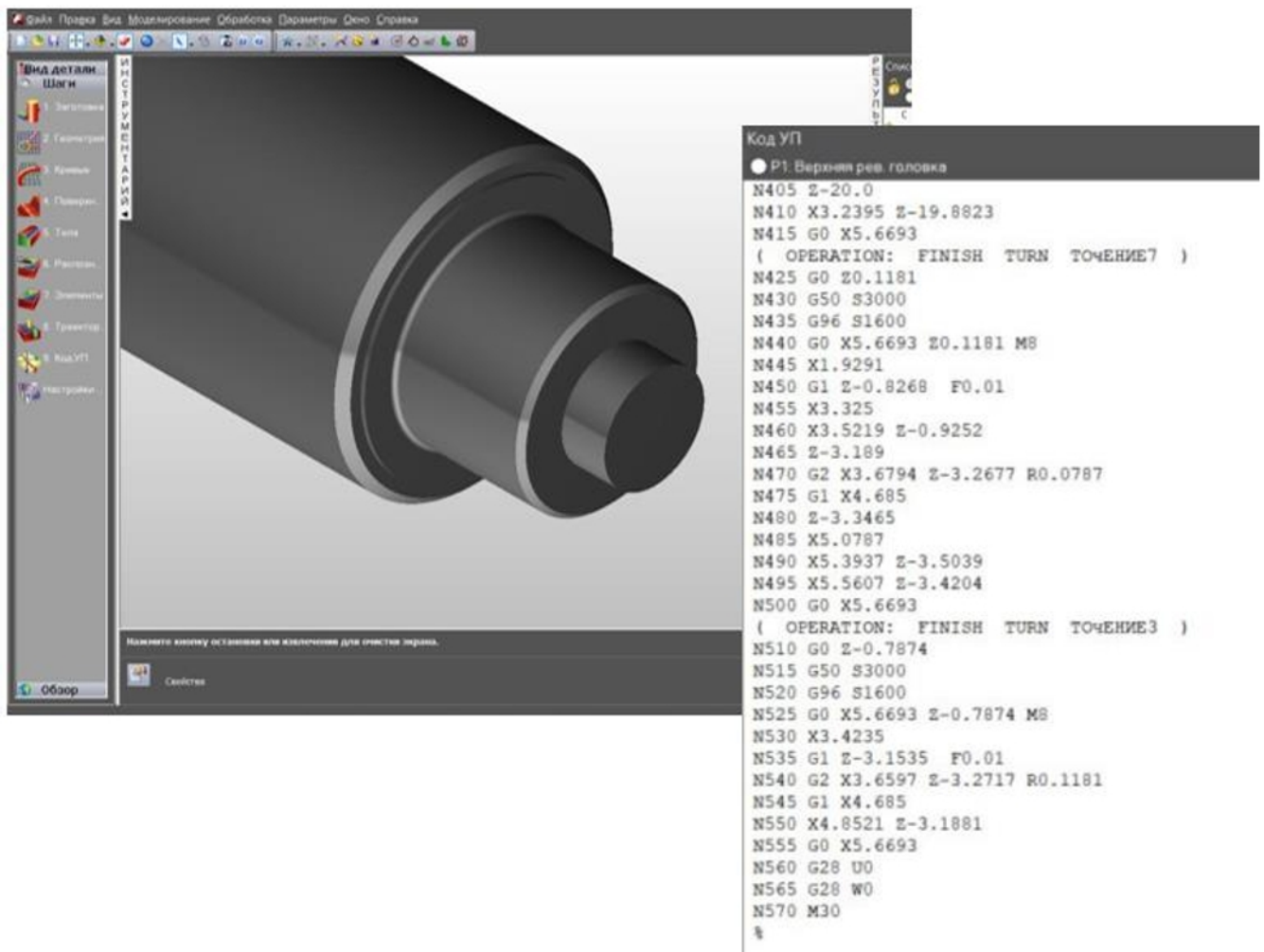


Рисунок 7.4 – Обработанный вал та код керуючої програми

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.07.МТПМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

8.1 Охорона праці та екологія виробництва

Засоби нормалізації складу та параметрів повітря робочої зони. Головними напрямками щодо нормалізації складу та параметрів мікроклімату в цехах необхідно вважати: використання технологічних процесів і обладнання, які виключають утворення і надходження в повітря робочої зони повітря робочої зони теплового і холодного повітря, шкідливих парів, газів, аерозолів; механізацію, автоматизацію виробничих процесів і застосування дистанційного керування (пульти керування, кабінки операторів) робочими процесами з метою зменшення або запобігання надходження шкідливих домішок, виділення вологи, теплового і холодного повітря робочої зони; застосування вентиляції, опалення, кондиціонування; використання засобів захисту від інфрачервоних (теплових) випромінювань (теплові екрани, сигналізація); застосування засобів захисту від високих і низьких температур навколишнього середовища, обладнання (теплоізоляція, огорожі, пристрої для обігріву або охолодження); застосування засобів індивідуального захисту (засоби захисту органів дихання, зору). Засобом забезпечення чистоти і допустимих

Ефективним засобом для забезпечення чистоти та допустимих параметрів повітря робочої зони є вентиляція, що полягає у видаленні з приміщень з приміщень забрудненого й нагрітого повітря та подачі в нього свіжого. За способом переміщення повітря вентиляцію поділяють на природну (привітрювання, аерація), механічну та комбіновану. Природна вентиляція проста в експлуатації, економічна, але має низку істотних недоліків; вона застосовується тільки у виробничих приміщеннях, у яких немає великих виділень шкідливих речовин, припливне повітря в приміщення надходить необробленим; не очищається від пилу та інших домішок, не підігрівається, не зволожується тощо.

За механічної вентиляції повітрообмін забезпечується напором, створюваним вентилятором: відцентровим, осьовим. За напрямком руху повітря вентиляцію ділять на припливну, витяжну та припливно-витяжну. витяжну, а за організацією повітрообміну - загальнообмінну та місцеву.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.08.0ЕПВ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Жирабель</i>				<i>Організаційно- економічна підготовка виробництва</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цибінда</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>					<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-20</i>		
<i>Зав. каф.</i>	<i>Нечасів</i>							

Природна вентиляція проста в експлуатації, економічна, але має суттєві недоліки; вона застосовується тільки у виробничих приміщеннях, у яких немає великих виділень шкідливих речовин, припливне повітря до приміщення надходить необробленим, не очищується від пилу та інших домішок, не підігрівається, не зволожується тощо.

За механічної вентиляції повітрообмін забезпечується напором, створюваним вентилятором: відцентровим, осьовим. За напрямком руху повітря вентиляцію поділяють на припливну, витяжну і припливно-витяжну, а за організацією повітрообміну - загальнообмінну і місцеву.

Розрахунок вентиляції виробничих приміщень складається з трьох етапів. На першому етапі проводиться визначення необхідної кількості повітря для вентиляції приміщень за тими чи іншими шкідливостями, які виділяються.

З другого краю проводиться вибір системи вентиляції та розрахунок її параметрів, тобто перетинів отворів повітря. На третьому етапі, який відноситься тільки до механічної вентиляції, проводиться визначення потужності та типу електродвигуна, а також місця встановлення вентиляційної системи в приміщенні

Тепловиділення працюючих машин, механізмів, електродвигунів, верстатів, електродвигунів.

Найбільш поширеним двигуном машин, механізмів та верстатів є електродвигун, на валу якого відбувається перетворення електричної енергії на механічну.

Якщо електродвигуни знаходяться в окремому приміщенні, то тепловиділення від них складатимуть:

$$Q = 3600,6 \cdot N_{\text{вст}} \cdot (1 - 0),$$

Де Q – кількість тепла від електродвигунів, Дж;

$N_{\text{вст}}$ – встановча або номінальна потужність електродвигуна, Вт;

0 – ККД електродвигуна.

На кількість тепла, що виділяється, впливають спосіб охолодження верстатів, механізмів, електродвигунів, застосування емульсій для охолодження різців і т.д. Позначимо літерою, a коефіцієнт, що враховує вплив всіх перерахованих факторів на тепловиділення працюючих верстатів, механізмів, електродвигунів. Тоді кількість тепла, що виділяється від них у приміщення, буде дорівнює:

$$Q = 3600,6 \cdot a \cdot N_{\text{вст}}$$

Для механічних та механоскладальних цехів a приймається при середній потужності електродвигуна $8 \cdot 10^3$ Вт – 0,23

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.08.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$20 \cdot 10^3 \text{ Вт} - 0,23$. Для проміжних значень середніх потужностей a визначаємо за інтерполяцією

$$Q = 3600,6 \cdot 0,26 \cdot (4 + 7,5 + 11 + 2 + 10 + 1,89 + 11 + 13) = 56721 \text{ Дж}$$

8.2 Оцінка техніко-економічної ефективності виробництва

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	3 верстат	4-ий верстат	16К20Ф3
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей N , шт.	180				
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z , років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	16,5	16,5	0	0	13,24
Час наладки верстата, хв.	33	33	0	0	72,8
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	155				155
Вартість комплекту спеціальних пристосувань $K_{пр}$, грн	0	0	0	0	0
Оптова ціна на прокат одного УСП, грн	0	0	0	0	0
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0	4	0	0	0
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	0	0	90
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	0	0	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_r	0,083	0,083	0	0	0,2
Вартість розробки ПК $K_{пр}$, грн.	0	0	0	0	340

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	3 верстат	4-ий верстат	16К20Ф3
Працівники					
Сереньочасова заробітня плата, грн					
верстатника $H_{ст}$	33,6	33,6	0	0	30,1
наладчика $H_{нал}$	33,6	33,6	0	0	34,3
наладчика інструмента $H_{ін}$	31,1	31,1	0	0	0
контролера $H_{к}$	29,8				29,8
Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н	Н	0	А
Маса верстата, т	30	30	0	0	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R_m	51	51	0	0	100
електротехнічної частини R_e	43	43	0	0	99
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1	1	0	0	3
Оптова ціна верстата Π , грн.	16906	16906	0	0	42000
Коефіцієнт завантаження верстата η_v	0,75	0,75	0	0	0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	25,0	25,0	0,0	0	60,0

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.08.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	3 верстат	4-ий верстат	16К20Ф3
Площа пристрою ЧПК A_{γ} , м. кв.	0	0	0	0	0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H_m	401	401	0	0	272
електротехнічної частини H_e	86	86	0	0	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	0	0	0	0	11950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2,5	0	0	2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	0	0	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об. год}$	3975	3975	0	0	3850
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{м.л.д.}$, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі службово-побу-тових приміщень $\Pi_{сл. поб.}$, грн	1000				1000

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	3 верстат	4-ий верстат	16К20Ф3
Площа служб.-побут. приміщень, що приходяться на одного робочого A_6 , м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $H_{цх.}$, грн.	180	180	0	0	200
Додаткові дані					
Розряд	5				5
контролера					5
верстатника	3	3	3	0	2
наладчика	3	3	3	0	5
наладчика інструменту	0	0	0	0	4
Габарити верстата (довжина x ширина), м	5,495 x 4,55	5,495 x 4,55	0	0	9,4 x 6,4
Габарити пристрою ЧПК, м	0	0	0	0	0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК	0	0	0	0	FANUC 0iMF
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{вр.}$, років	7	7	0	0	15
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	0	0	50

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.08.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	3-ий верстат	4-ий верстат	16К20Ф3
Розрахунок допоміжних показників					
Трудомісткість обробки $T_{шт.}$ год	16,5	16,5	0	0	13,24
Час наладки верстата впродовж року $T_{н.}$ год	6,6	6,60	0	0	14,56
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін.}$ год	0	0,00	0	0	0
Час контролю деталей впродовж року $T_{к.}$ год	29,01	29,00	0,00	0,00	42,49
Кількість верстатників $P_{ст.}$ чол. (розр.)	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00
дійсна	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків верст. $P_{н.}$ чол. (розр.)	0,004	0,008	0,000	0,000	0,008
дійсна	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків інстр. $P_{н.ін.}$ чол. (розр.)	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
дійсна	0	1	0	0	0
Кількість контролерів $P_{к.}$ чол. (розр.)	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
дійсна			1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{доп.}$ чол	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03
дійсна	0	1	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	7				4
Частка завантаження верстата обробкою деталей в обсязі річного випуску β	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01

Капітальні вкладення споживача

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

де K_b – балансова вартість верстата, грн;

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

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

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

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

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

$$K_1 = K_b + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$$

$$K_1 = 115258 + 6780 + 63000 + 125700 + 0 + 2800 = 313538$$

$$K_2 = 286762 + 3740 + 28000 + 42980 + 0 + 5340 = 366821,56$$

Приведені витрати

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

Річний економічний ефект

E	=	Z_1	-	Z_2
43164		150973		107809

Строк окупності

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

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

КНУ.КБР.131.24.1-06.08.0ЕПВ

Арк.

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$C = I_3 + I_n + I_{ш} + I_{шк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k,$$

де I_3 – зарплатня верстатника; I_n – зарплатня за наладку верстата; $I_{ш}$ – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{шк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; $I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; $I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплатня контролера

C1 на деталь = 577,46

C2 на деталь = 293,25

	I_3	I_n	$I_{ш}$	$I_{шк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k	
C1 =	24490	+ 1298,15	+ 141,28	+ 933,33	+ 0	+ 0	+ 4610,34	+ 2440,70	+ 63000	+ 4906,7	+ 406,38	+ 1715,28	= 103942,19
C2 =	3543	+ 785,31	+ 0,00	+ 1780,00	+ 0	+ 0	+ 11470,48	+ 1495,88	+ 28000	+ 3702,6	+ 741,73	+ 1266,26	= 52785,36

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.08.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній бакалаврській роботі була здійснена конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення вал-шестерні вузлу поворотного механізму кар'єрного екскаватора ЕКГ - 4.6.

Мета була досягнута за рахунок автоматизації КТП CAD CAM CAE технологій. За рахунок прийнятих змін у заводському технологічному процесі виготовлення деталі, а саме, заміни універсальні верстати на верстати з ЧПК, був зменшений штучно-калькуляційний час на виготовлення деталі на 35%.

Також розроблений маршрут обробки, приведена послідовність технологічних операцій, приведені розрахунки міжопераційних припусків на обробку, пронормовані технологічні операції.

Спроектвана спеціальна фреза для фрезерування зубів та проведено її статичне дослідження.

Проведена конструкторсько-технологічна підготовка дала можливість застосувати програмні результати навчання за спеціальністю Прикладна механіка в повній мірі.(срок оупності)

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-06.В</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Жирабель</i>			<i>Висновки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Цидінда</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи взаємозамінності, стандартизації і технічні вимірювання. Навчальний посібник/ Железна А.М.–К.: Кондор, 2011.–796 с
2. 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
3. <http://aratta.dp.ua/upload/file/%D0%93%D0%BE%D1%81%D1%82%207829-70.pdf>
4. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=70418
5. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64466
6. Загальний каталог Mitsubishi, токарний інструмент, 2014-2015р.
7. Каталог SECO обробка отворів, 2008р.
8. Каталог нарізання різьби SECO, 2020р.
9. Різьбонарізний інструмент Gustav Stursberg GmbH, 2020
10. FATROL TOOLS Catalogue, 2020р
11. Каталог SECO «Оснащення та допоміжний інструмент», 2020р
12. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Посібник / Боженко Л.І.-Львів.Світ, 2001.-296 с.
13. Металорізальні інструменти. Проектування: Навч. посібник / Кукляк М.Л., Афтаназів І.С., Юрчишин І.І. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 556 с.
14. SolidWorks Simulation Student Guide-ENG.pdf
15. Боженко, Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні [Текст] / Л.І. Боженко. – К.: НМК ВО, 1990. – 264 с.
16. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ.вищ.закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
17. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навчальний посібник/ Руденко П.О. – К:Вища школа, 1993.-414 с.
18. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Посібник / Боженко Л.І.-Львів.Світ, 2001.-296 с.
19. Залого В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013
20. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
21. Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,- 860 с.
22. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768–1:1989)
23. ДСТУ ISO 129.1: 2007 Кресленики технічні. Проставлення розмірів і допусків.

					<i>КНУКБР.131.24.1-06.СВД</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>					
Розроб.		<i>Жирабель</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Цивінда</i>								
Реценз.								<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>								
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>								

Дубл.									
Взам.									
Пол.									
Розроб.	Журавель								
Перев.	Цивінда								
Согласов.									
Т. контр.									
Н. контр.									

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Листов

Лист

«Затверджую»

Зав. кафедрою технології машинобудування

(Нечаев В. П.)

«_____» _____ 2024 р.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Виготовлення деталі вал-шестерня

Узгоджено:

Керівник _____ Цивінда Н.І. _____ Розробник _____ Журавель О.Г. _____

Н.контроль _____ Рязанцев А.О. _____

ТШ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторська-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал-шестерня» редуктору екскаватора та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Журавель О.Г.

Керівник КБР

(підпис)

Цивінда. Н.І.

Нормоконтроль

(підпис)

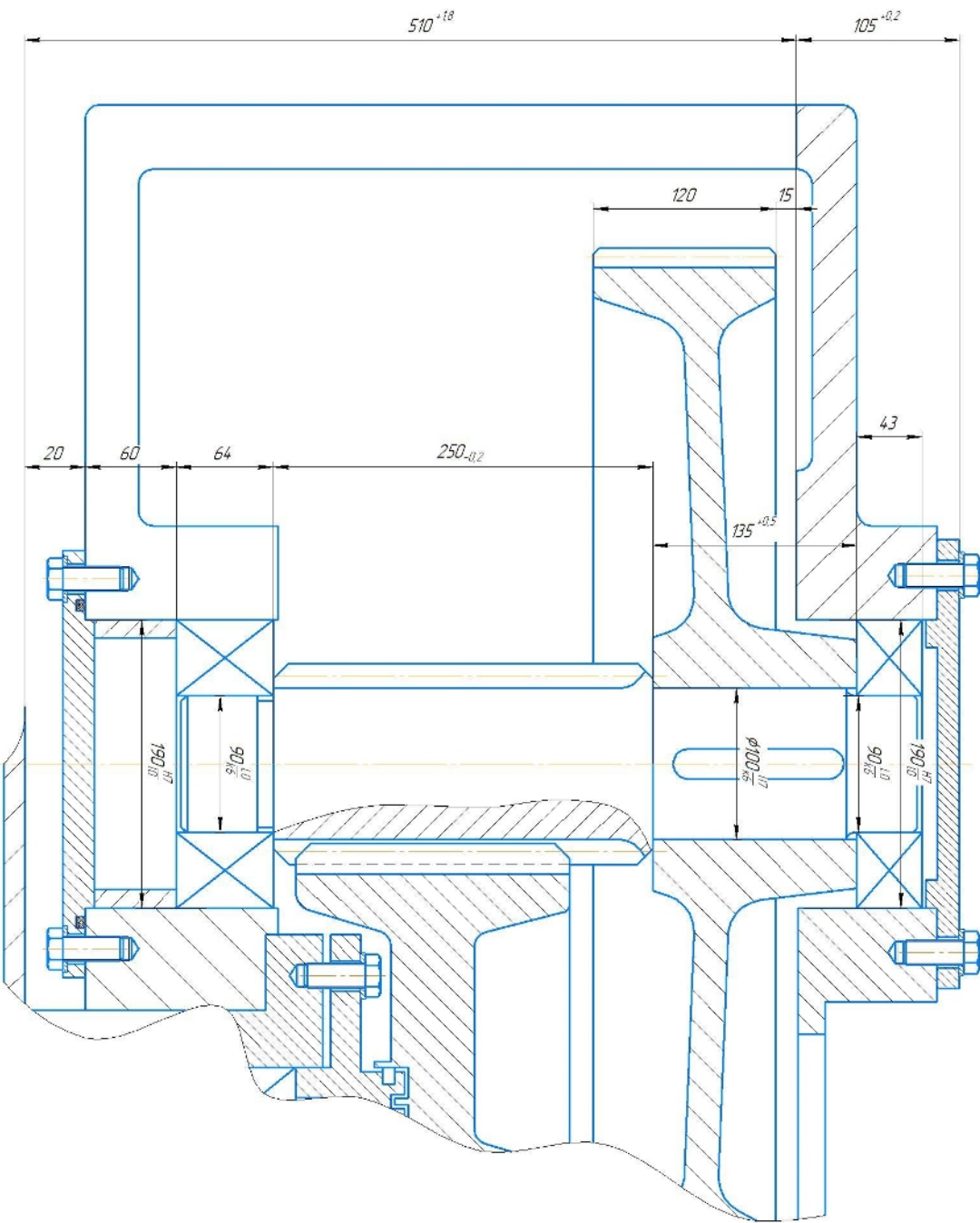
Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

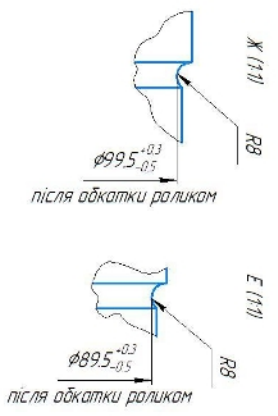
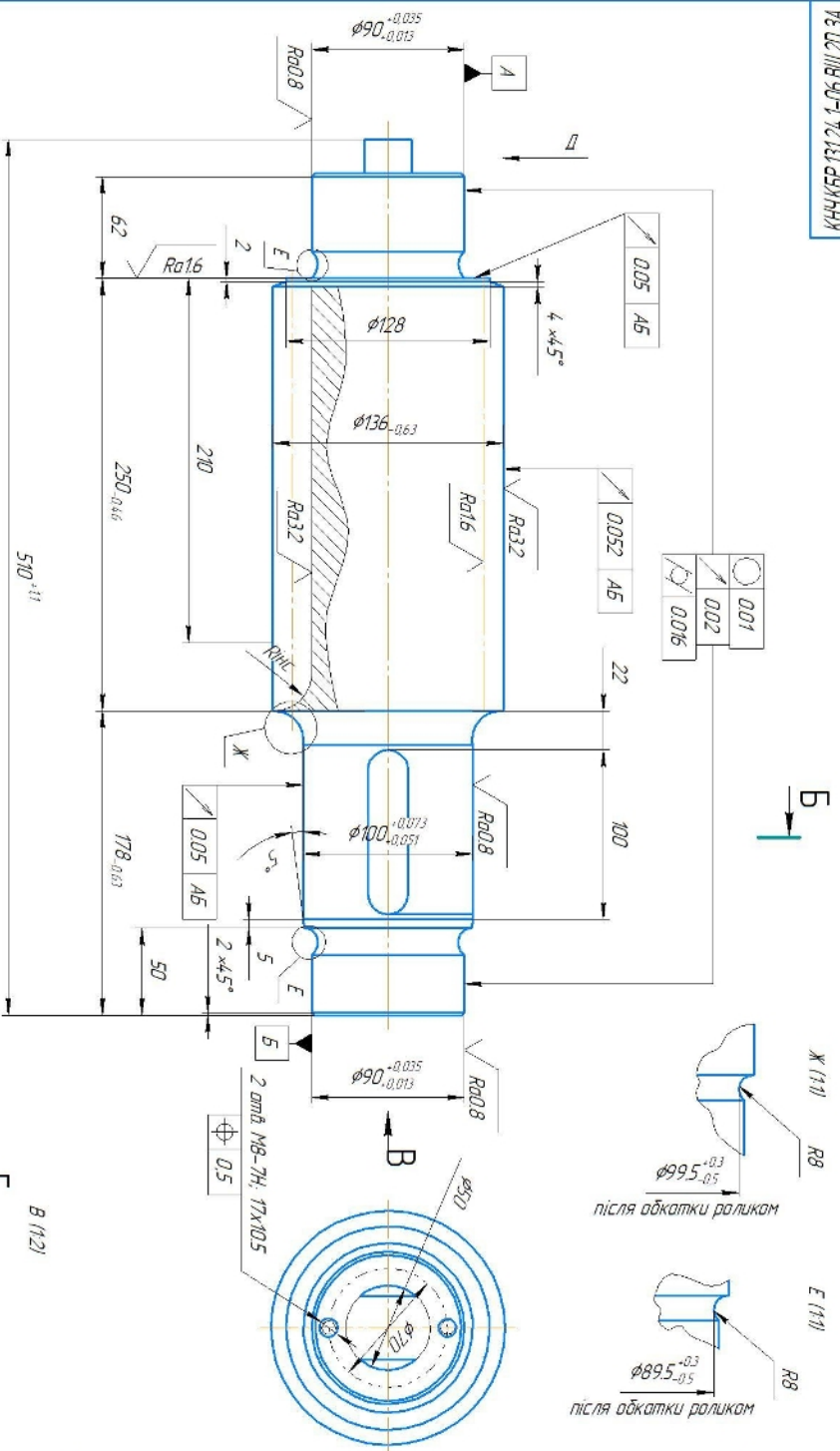
Нечаєв В.П.

КНУКБФ.13124.1-06.ФРП



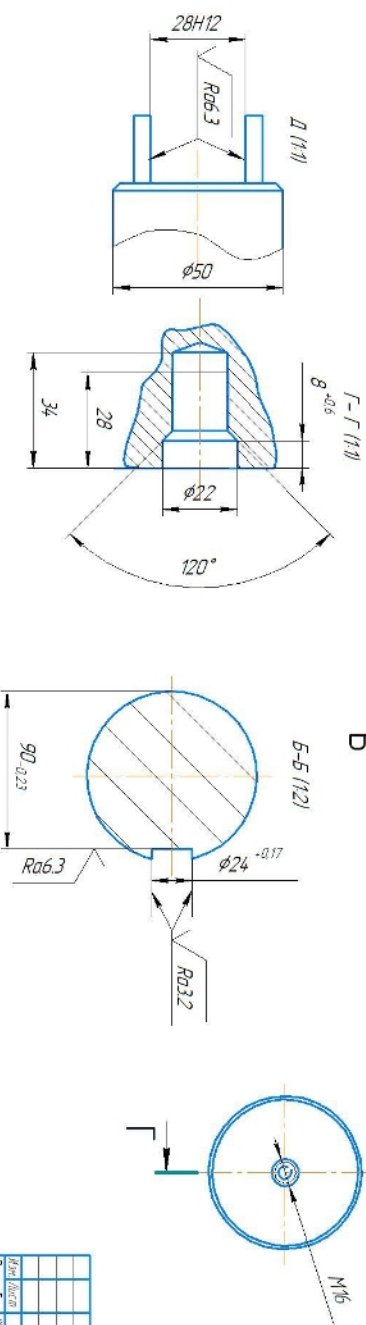
Инд. № подл.	Изд. и дата	Взам. инд. №	Инд. № дубл.	Изд. и дата	Стр. №	Перв. примеч.
--------------	-------------	--------------	--------------	-------------	--------	---------------

КНУКБФ.13124.1-06.ФРП		Фрагмент		Лист	№ листа	Кол-во листов
редуктор подворма		редуктор подворма		12	12	1
Кафедра ТМ		Кафедра ТМ		ТМ-20	1	1
Копировать		Копировать		42		



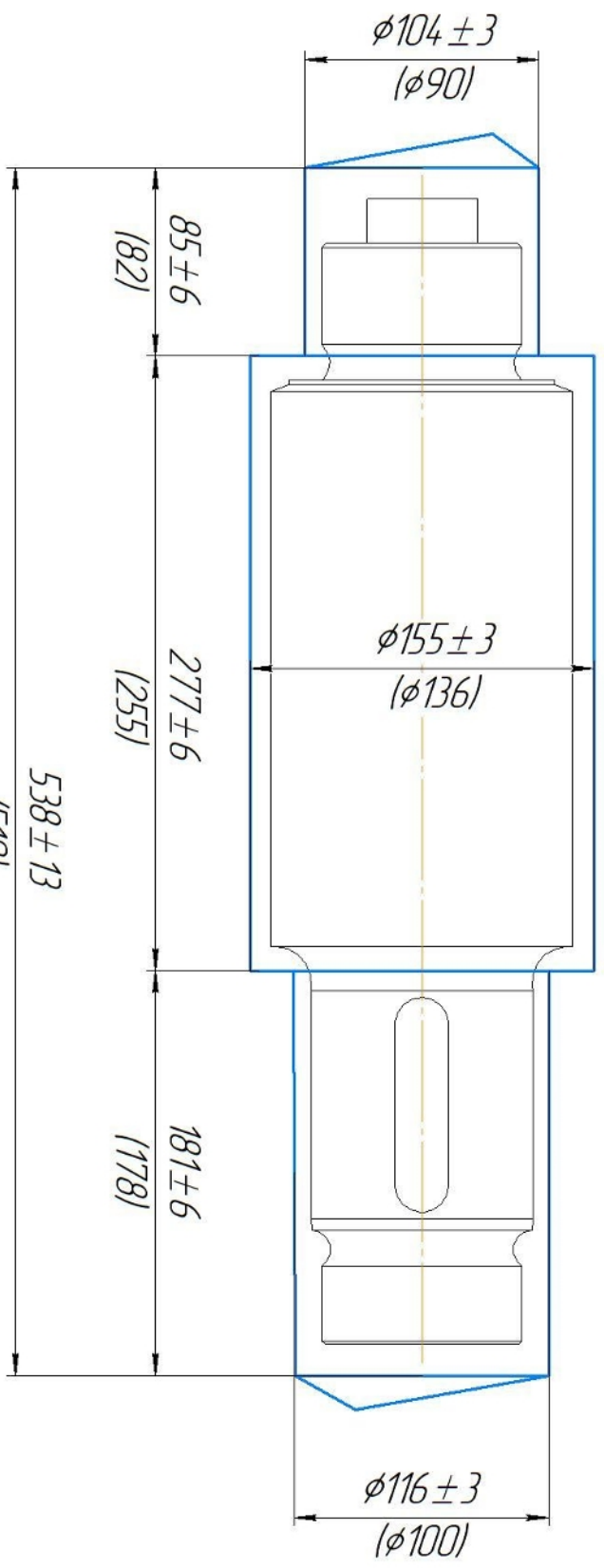
Модуль	m	4
Число зубів	z	32
Кут нахилу зубів	β_0	-
Напрямок зубів		-
Початковий контур		ГОСТ 1328-12006
Коефіцієнт зсуву початкового контуру	ξ	+0.3
Ступінь точності ДСТУ ISO 1328-12006		Ст 8-В
Довжина загальної нормалі	w	47.87 ^{+0.08}
Довжина на радіальне відстані зубчастого вінця	E_0	0.095
Довжина на колдованні двох загальної нормалі	δ_w	0.055
Довжина на різниці коло кромки	δ_f	0.038
Відхилення осевого кроку	Δf_a	+0.036
Довжина на напрямку збід	δ_b	0.036
Найменша товщина зубів по постійній хорді	S_{Fn}	15.799
Вимірвальна висота	h_n	10.125
Число охоплюваних зубів	x	2
Діаметр дільного кола	d_f	128

1. Гателі R8 обкатати роликом. Значення діаметрів шліск $\phi 99.5^{+0.3}$ та $\phi 89.5^{+0.3}$ дозволяється отримати обкатувальням.
2. Нехіжовані гранічні відхилення розмірів діаметрів 14Н, 17Н, всі інші по 14Т/14/21.



КНУКБР.13124.1-06.ВШ.20.3А	Діаг	Маса	Матеріал
Вал-шестерня		30	12
Сталь 40Х	Листів		
ДСТУ 7806-2015	Кафедра ТМ		ТМ-20
Ім'я	Президент		
Підп.	Начальн		
№ документа	№ документа		
Розроб	Вироб		
Діаг	Листів		

КНУ.КБР.13124.1-06.ВШП

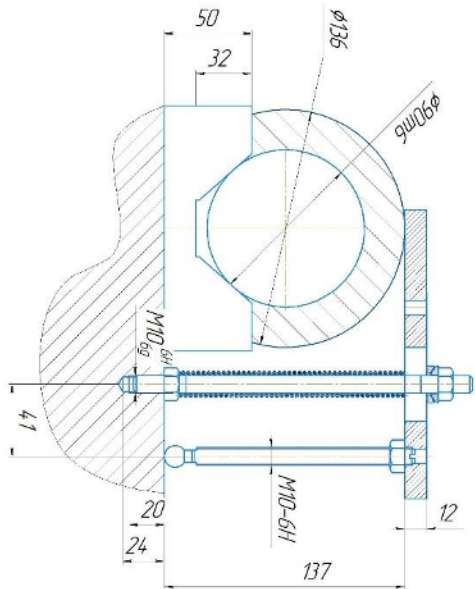
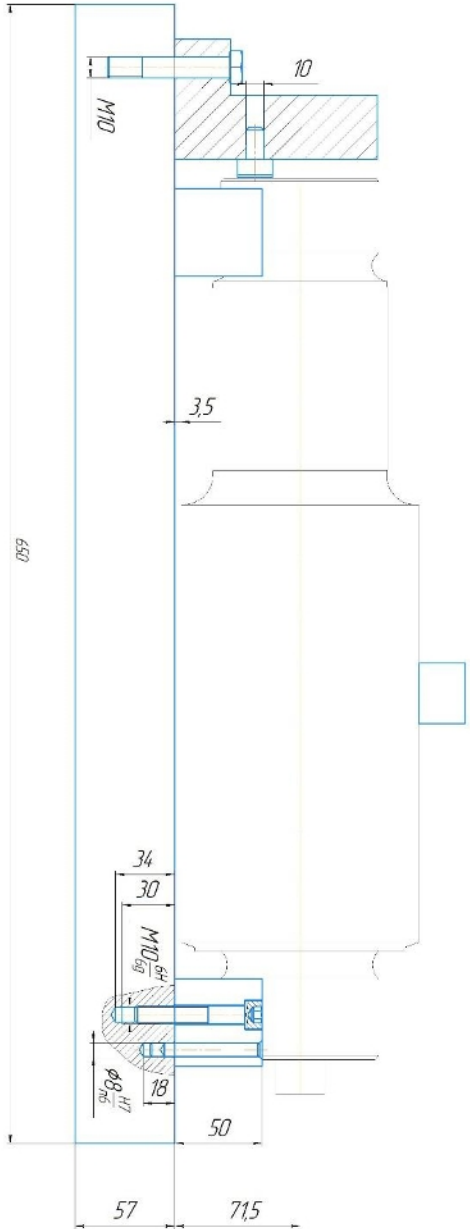
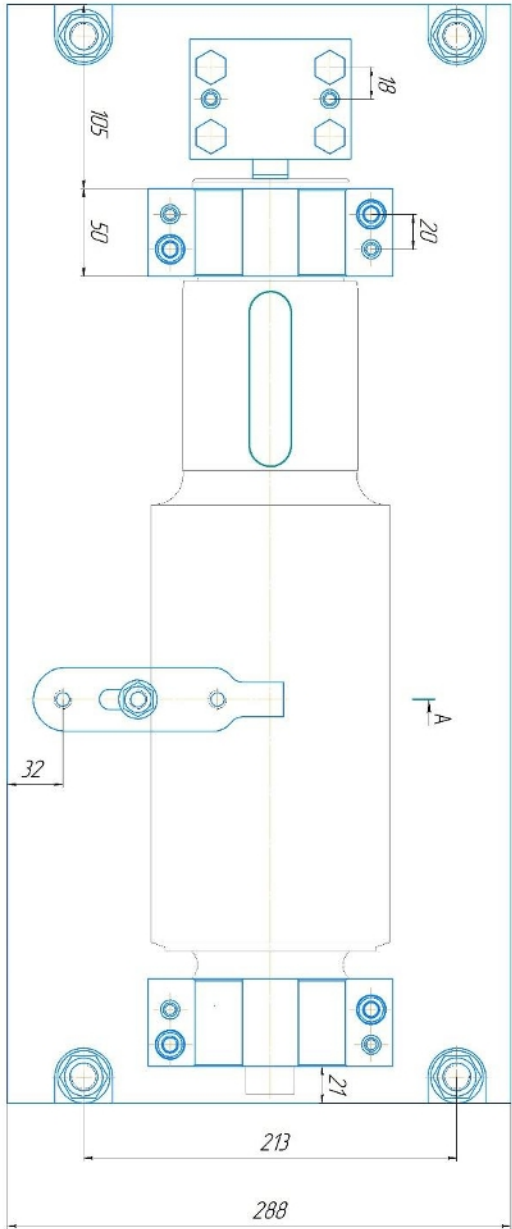


- 1 Віддалити до 235-285 НВ
- 2 ГРЗ ДСТУ 7806:2015
- 3 Лаковка не повинна мати флокенів, тріщин та усадочних раковин
- 4 Контролювати 50% деталей
- 5 Маркувати

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Справ. №	Перв. примен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------

КНУ.КБР.13124.1-06.ВШП		Лист		Листів	
Вал-шестерня (Покровка)		40		11	
Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015		Листів		Листів	
Контроль		Кафедра ТМ		Листів	
Не-час		ТМ-20		Листів	
Резонанс		1		Листів	
Чит.		1		Листів	

Не для комерційного використання



- 1) Долгик параллельности заготовки осі призми 7 відносно поверхні А різью 0,1 мм;
- 2) Долгик параллельності заготовки осі призми 7 відносно поверхні Б двох шпорок з різьб'ю 0,1 мм;
- 3) Задирки і задочки на робочих поверхнях не допускаються;
- 4) Нерівності поверхні окислювати.

ІНЖЕНЕР 31.24.1-06-01/010		ІНЖЕНЕР 31.24.1-06-01/010	
№	ІМЕНЕ	№	ІМЕНЕ
1	ІМЕНЕ	1	ІМЕНЕ
2	ІМЕНЕ	2	ІМЕНЕ
3	ІМЕНЕ	3	ІМЕНЕ
4	ІМЕНЕ	4	ІМЕНЕ
5	ІМЕНЕ	5	ІМЕНЕ
6	ІМЕНЕ	6	ІМЕНЕ
7	ІМЕНЕ	7	ІМЕНЕ
8	ІМЕНЕ	8	ІМЕНЕ
9	ІМЕНЕ	9	ІМЕНЕ
10	ІМЕНЕ	10	ІМЕНЕ
11	ІМЕНЕ	11	ІМЕНЕ
12	ІМЕНЕ	12	ІМЕНЕ
13	ІМЕНЕ	13	ІМЕНЕ
14	ІМЕНЕ	14	ІМЕНЕ
15	ІМЕНЕ	15	ІМЕНЕ
16	ІМЕНЕ	16	ІМЕНЕ
17	ІМЕНЕ	17	ІМЕНЕ
18	ІМЕНЕ	18	ІМЕНЕ
19	ІМЕНЕ	19	ІМЕНЕ
20	ІМЕНЕ	20	ІМЕНЕ
21	ІМЕНЕ	21	ІМЕНЕ
22	ІМЕНЕ	22	ІМЕНЕ
23	ІМЕНЕ	23	ІМЕНЕ
24	ІМЕНЕ	24	ІМЕНЕ
25	ІМЕНЕ	25	ІМЕНЕ
26	ІМЕНЕ	26	ІМЕНЕ
27	ІМЕНЕ	27	ІМЕНЕ
28	ІМЕНЕ	28	ІМЕНЕ
29	ІМЕНЕ	29	ІМЕНЕ
30	ІМЕНЕ	30	ІМЕНЕ
31	ІМЕНЕ	31	ІМЕНЕ
32	ІМЕНЕ	32	ІМЕНЕ
33	ІМЕНЕ	33	ІМЕНЕ
34	ІМЕНЕ	34	ІМЕНЕ
35	ІМЕНЕ	35	ІМЕНЕ
36	ІМЕНЕ	36	ІМЕНЕ
37	ІМЕНЕ	37	ІМЕНЕ
38	ІМЕНЕ	38	ІМЕНЕ
39	ІМЕНЕ	39	ІМЕНЕ
40	ІМЕНЕ	40	ІМЕНЕ
41	ІМЕНЕ	41	ІМЕНЕ
42	ІМЕНЕ	42	ІМЕНЕ
43	ІМЕНЕ	43	ІМЕНЕ
44	ІМЕНЕ	44	ІМЕНЕ
45	ІМЕНЕ	45	ІМЕНЕ
46	ІМЕНЕ	46	ІМЕНЕ
47	ІМЕНЕ	47	ІМЕНЕ
48	ІМЕНЕ	48	ІМЕНЕ
49	ІМЕНЕ	49	ІМЕНЕ
50	ІМЕНЕ	50	ІМЕНЕ

КНУ.КРБ.131.24.1-06.ДМФ

Перв. примен.

Справ. №

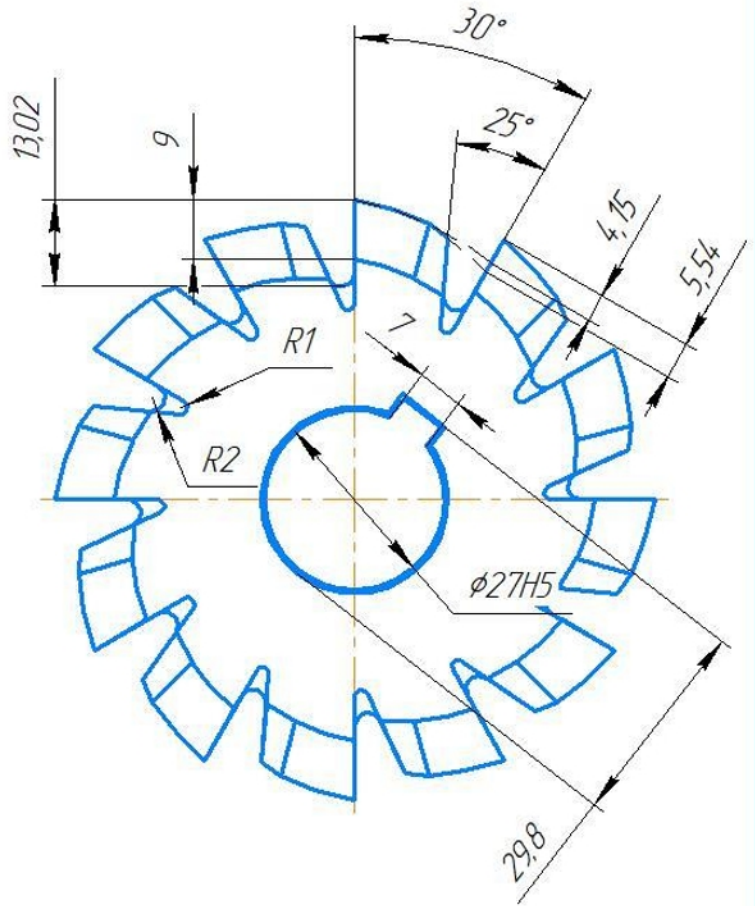
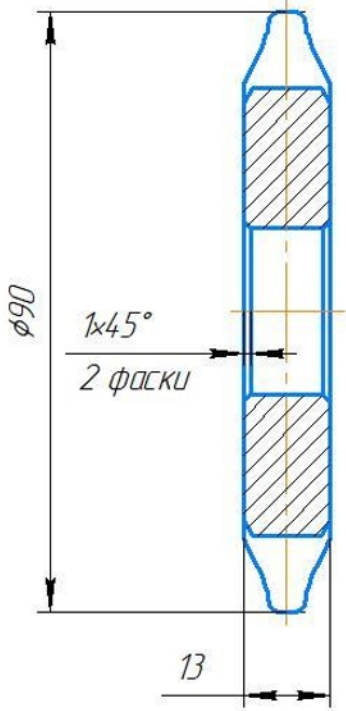
Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



КНУ.КРБ.131.24.1-06.ДМФ

Дискова-модульна
фреза

Сталь Р18
ДСТУ 3833-98

Лист Масса Масштаб

1:1

Лист Листов 1

Кафедра ТМ
гр. ПМ-20

Формат А4

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Журабель		
Проб.		Цивинда		
Т.контр.				
Н.контр.		Рязанцев		
Утв.		Нечаев		

Перв. примен.			Формат Зона Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание	
					<u>Документація</u>			
			A4	1 КНУ.КРБ.131.23.1-06.ПЗ	Пояснювальна записка	96		
					<u>Креслення</u>			
Справ. №			A2	2 КНУ.КБР.131.24.1-06.ВШ	Вал-шестерня	1		
			A2	3 КНУ.КРБ.131.24.1-06.ІН	Інструментальне налагодження	1		
			A4	4 КНУ.КРБ.131.24.1-06.ДМФ	Дискова-модульна фреза	1		
			A3	5 КНУ.КРБ.131.24.1-06.ПДФО	Пристосування для фрезерної операції	1		
			A3	6 КНУ.КБР.131.24.1-06.ВШП	Вал-шестерня (Поковка)	1		
			A1	7 КНУ.КБР.131.24.1-06.ЕО	Ескізи операцій	1		
Попл. и дата								
Инв. № дубл.								
Взам. инв. №								
Попл. и дата								
			КНУ.КРБ.131.24.1-06.ВМКРБ					
Инв. № подл.			Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
			Разраб.	Журавель				
			Пров.	Цивінда				
			Н.контр.	Рязанцев				
			Утв.	Нечасв				
			Відомість матеріалів КРБ			Лист	Лист	Листов
						Кафедра ТМ гр. ПМ-20		
			Не для коммерческого использования			Копировал		Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Инд. № инв.	Подп. и дата	Подп. и дата	Инд. № подл.	Изм. / лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов	
							№	дата														
				Креслення																		
A2		1	КНУ.КБР.131.24.1-06.ФРП	Фрагмент редуктора повороту	1																	
A2		2	КНУ.КБР.131.24.1-06.ВШ	Вал-шестерня	1																	
A2		3	КНУ.КРБ.131.24.1-06.ІН	Інструментальне налагодження	1																	
A4		4	КНУ.КРБ.131.24.1-06.ДМФ	Дискова-модульна фреза	1																	
A3		5	КНУ.КРБ.131.24.1-06.ПДФО	Пристосування для фрезерної операції	1 1																	
A3		6	КНУ.КБР.131.24.1-06.ВШП	Вал-шестерня (Поковка)	1																	
A1		7	КНУ.КБР.131.24.1-06.ЕО	Ескізи операцій	1																	
A2																						
A2																						

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4