

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: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал-шестерня» редуктору механізму подрібнення ливарних сумішей за допомогою CAD/CAM систем

Виконав: здобувач групи ПМ-21
Куліш Є.І.

Керівник випускної роботи:
професор, д.т.н., Кіяновський М.В.

Кривий Ріг
2025 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Вал-шестерня» редуктору механізму подрібнення ливарних
сумішей за допомогою CAD/CAM систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Євгеній КУЛІШ

Керівник КБР

(підпис)

Микола КІЯНОВСЬКИЙ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

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., Рязанцев А.О.

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувача групи ПМ-21 Куліша Євгенія Ігоровича

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал-шестерня» редуктору механізму подрібнення ливарних сумішей за допомогою CAD/CAM систем

Керівник проєкту: проф., д.т.н. Кіяновський М.В..

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2025 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «__» _____ 2025 р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Проектування технологічного процесу обробки деталі. 4. Проектування технологічного оснащення. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Вал-шестерня. 2. Редуктор. 3. Заготовка (поковка штампована). 4. Ескізи операцій. 5. Верстатне пристосування. 6. Контрольне пристосування. 7. Верстатно-інструментальне налагодження

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	25.02.2025
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2025
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2025
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2025
5.	Креслення деталі (А1-А4).	18.03.2025
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.2025
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2025
8.	Технологічна підготовка виробництва виробу	12.04.2025
9.	Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	19.04.2025
10.	Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	25.04.2025
11.	Конструкторська підготовка виробництва	01.05.2025
12.	Проектування технологічного оснащення	04.05.2025
13.	Креслення верстатного та контрольного пристосування	08.05.2025
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального налагодження (А1-А2)	12.05.2025
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.2025
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2025
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2025
18.	Висновки	01.06.2025
19.	Оформлення РПЗ	07.06.2025
20.	Попередній захист	15.06.2025

Дата видачі завдання: «_____» _____ 2025 р.

Завдання видав керівник КБР _____ / Кіяновський М.В./

Завдання отримав
здобувач освіти _____ / Куліш Є.І./

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
						Документація				
		A4		1	КНУ.КБР.131.25.1-12.ПЗ	Пояснювальна записка	57			
						Креслення				
		A3		2	КНУ.КБР.131.25.1-12.РСК	Редуктор (складальне креслення)	1			
		A2		3	КНУ.КБР.131.25.1-12.ВШ	Вал-шестірня	1			
		A3		4	КНУ.КБР.131.25.1-12.ВШПШ	Вал-шестірня	1			
						(поковка штампована)				
		A1		5	КНУ.КБР.131.25.1-12.ЕО	Ескізи операцій	1			
		A1		6	КНУ.КБР.131.25.1-12.ВП	Верстатне пристосування	1			
		A1		7	КНУ.КБР.131.25.1-12.КП	Контрольне пристосування	1			
		A1		8	КНУ.КБР.131.25.1-12.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1			
Подп. и дата	Инв. № дфл	Взам. инв. №	Подп. и дата							
Инв. № подл.										
				КНУ.КБР.131.25.1-12.ВМКБР						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Відомість матеріалів КБР			Лит.	Лист	Листов
Разрад.	Куліш							Н		1
Пров.	Кіяновський									
Н.контр.	Нечаєв									
Утв.	Рязанцев							Кафедра ТМ гр. ПМ-21		

Копировал

Формат A4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 57 стор., 18 рисунок, 25 таблиць, 5 листів графічної частини.

Метою кваліфікаційної бакалаврської роботи є розробка ефективної конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «вал-шестерня» із застосуванням CAD/CAM систем з урахуванням особливостей функціонування редуктора механізму подрібнення ливарних сумішей.

Об'єктом дослідження є процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Вал-шестерня» для редуктора механізму подрібнення ливарних сумішей.

Предметом дослідження виступають методи проектування, моделювання та технологічної підготовки виробництва із застосуванням CAD/CAM систем, а також розробка технологічного процесу та програмного забезпечення для обробки деталі на сучасному обладнанні.

У сучасному машинобудуванні ефективність виробничих процесів значною мірою залежить від рівня конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПВ). Одним із ключових етапів у цьому процесі є проектування деталей та їх технологічне забезпечення з використанням сучасних цифрових інструментів. У даній роботі розглядається КТПВ деталі типу «Вал-шестерня», що є елементом редуктора механізму подрібнення ливарних сумішей. Особливу увагу приділено використанню CAD/CAM систем для автоматизації та оптимізації процесів проектування, моделювання та підготовки виробництва.

Розвиток ливарного виробництва передбачає застосування ефективного механічного обладнання, яке забезпечує підвищення якості сумішей, зниження енергозатрат і підвищення продуктивності. Одним із важливих елементів такого обладнання є редуктор, до складу якого входить деталь «вал-шестерня». Забезпечення її надійності, точності виготовлення та відповідності експлуатаційним вимогам є критично важливим для стабільної роботи усього механізму.

Використання сучасних CAD/CAM систем у процесі КТПВ дає змогу значно скоротити час проектування, зменшити кількість помилок, підвищити точність обробки та уніфікувати технологічну документацію. Це відповідає поточним тенденціям цифрової трансформації у промисловості та впровадженню концепцій «Індустрії 4.0».

ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, РЕДУКТОР, CAD/CAM СИСТЕМИ, МОДЕЛЮВАННЯ, СОБІВАРТІСТЬ, КТПВ.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-12.P</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Килиш</i>			<i>Реферат</i>			
<i>Перевір.</i>		<i>Кіянóвський</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркшів</i>	
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>			

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 57 pages, 18 figures, 25 tables, 5 sheets of the graphic part.

The aim of the bachelor's qualification work is to develop an effective design and technological preparation process for the production of the "shaft-gear" component using CAD/CAM systems, taking into account the specific operational features of the gearbox in the foundry sand mixing mechanism.

The object of the study is the process of design and technological preparation for manufacturing the "shaft-gear" component for the gearbox of the sand mixing mechanism.

The subject of the study includes methods of design, modelling, and technological preparation using CAD/CAM systems, as well as the development of the technological process and software for machining the part on modern equipment.

In modern mechanical engineering, the efficiency of manufacturing processes largely depends on the level of design and technological preparation of production (DTPP). One of the key stages in this process is the design of components and their technological support using advanced digital tools. This work considers the DTPP for a component of the "shaft-gear" type, which is an element of the gearbox in the sand mixing mechanism. Special attention is given to the use of CAD/CAM systems for the automation and optimisation of the design, modelling, and production preparation processes.

The development of foundry production involves the application of efficient mechanical equipment that ensures improved mixture quality, reduced energy consumption, and increased productivity. One of the key components of such equipment is the gearbox, which includes the "shaft-gear" part. Ensuring its reliability, manufacturing accuracy, and compliance with operational requirements is critically important for the stable performance of the entire mechanism.

The use of modern CAD/CAM systems in the DTPP process makes it possible to significantly reduce design time, minimise errors, increase machining accuracy, and standardise technological documentation. This aligns with current trends in digital transformation within industry and the implementation of "Industry 4.0" concepts.

SHAFT-GEAR, GEARBOX, CAD/CAM SYSTEMS, MODELLING, PRODUCTION COST, DTPP.

					КНУ.КБР.131.25.1-12.Р	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Розрахунок розмірних ланцюгів – розмірний аналіз вузла	11
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	15
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	15
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	16
2.3 Технічний контроль робочого креслення	17
2.4 Аналіз технологічності деталі	17
2.5 Вибір діючого заводського технологічного процесу. Задачі проектування	20
3 Проектування технологічного процесу обробки деталі	22
3.1 Вибір, техніко – економічне обґрунтування та проектування заготовки	22
3.2 Вибір і обґрунтування баз	26
3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь	26
3.4 Розробка маршруту обробки деталі	28
3.5 Розробка технологічної операції	30
3.6 Розрахунок міжопераційних припусків розмірів і припусків на обробку	33
3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	34
4 Проектування технологічного оснащення	38
4.1 Аналіз вихідних даних. Вибір способу обробки і типу верстату	38
4.2 Силовий розрахунок пристосування	39
4.3 Розрахунок пристрою на точність	40
4.4 Проектування контрольного пристрою	41
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	43
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	43
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	44
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	48
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	48
6.2 Екологія виробництва та охорона праці при зубофрезерних операціях	53
Висновки	56
Список використаних джерел	57

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-12.3</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Куліш</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Кіяндовський</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>		

ВСТУП

Машинобудування – це найважливіша галузь, яка визначає рівень розвитку суспільства.

Технологія машинобудування – це наука про виготовлення деталей визначеної кількості, заданої якості і з найменшими затратами. Поява технології машинобудування як наукової дисципліни дозволило створити широку мережу проектних інститутів і організацій, які займаються проектуванням нових і реконструкцією діючих машинобудівних підприємств.

Комплексна механізація і автоматизація виробничих процесів, переобладнання машинобудівних підприємств сучасними металорізальними верстатами, типізація і стандартизація технологічних процесів, місцеве впровадження в практику технологічного проектування електронно обчислювальних машин призвели до переоцінки існуючих методів проектування. В сучасний час технологічне проектування – це комплексна система взаємодії засобів і методів, які обумовлюють створення високоякісної технологічної документації на основі широкого застосування стандартних технологічних рішень. Засвоєння машинобудівними підприємствами нової технологічної документації і впровадження єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ) створили можливості для розробки і впровадження автоматичних систем управління виробничими процесами в цілому.

Оскільки матеріал для виконання дипломного проекту підбирається під час конструкторсько-технологічної практики на підприємстві, проект має ціллю вдосконалення діючого заводського технологічного процесу – це реальна розробка, що може бути впроваджена у виробництво для підвищення його ефективності.

Вихідні дані проекту: складальне креслення машини (корпус редуктора), креслення деталі типу (корпус), серійний тип виробництва, технічні вимоги, програма випуску 2000 штук. Даний виріб випускається і відновлюється в РМЦ 1 «АМКР».

					КНУ.КБР.131.25.1-12.В				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Куліш				Вступ	Літ.	Арк.	Архцив	
Перевір.	Кіяндовський								
Реценз.									
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-21			
Зав. каф.	Рязанцев								

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи на тему: «Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал-шестерня» редуктору механізму подрібнення ливарних сумішей за допомогою CAD/CAM систем», було використано креслення деталі «Вал-шестерня» та річну програму її виготовлення, яка передбачає випуск 2000 одиниць продукції. На рисунку 1.1 наведено тривимірну модель цієї деталі.

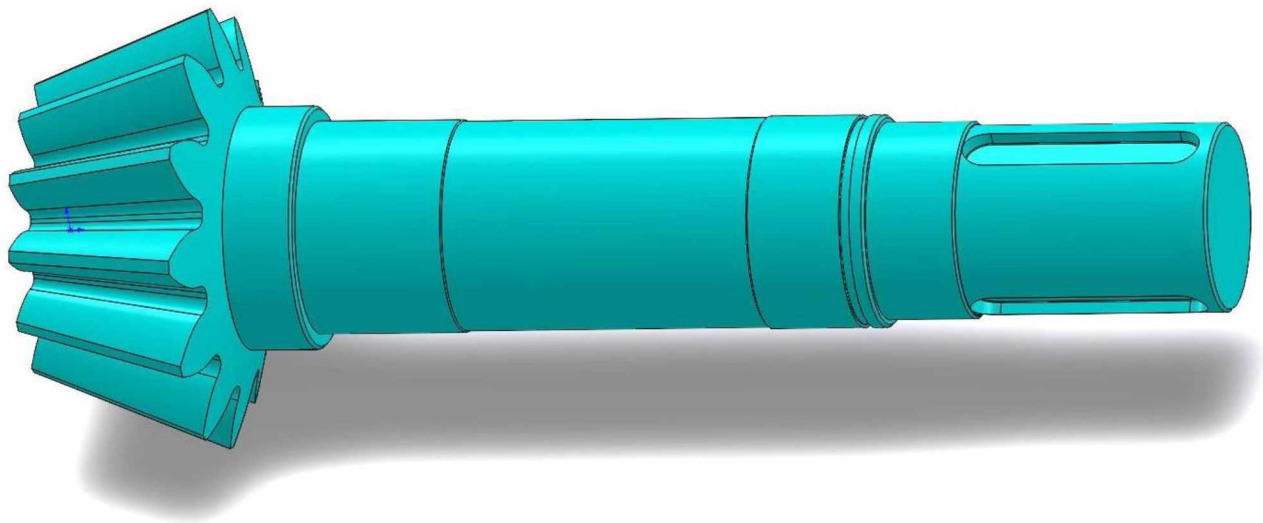


Рисунок 1.1 – 3D модель деталі «Вал-шестерня»

У процесі дослідження сформульовано технічне завдання на розроблення раціонального технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня», що використовується у редукторі механізму подрібнення ливарних сумішей.

Основними завданнями дослідження є:

- провести аналіз функціонального призначення деталі та умов її експлуатації;
- розробити 3D-модель деталі у CAD-системі;
- розробити технологічний процес виготовлення деталі з урахуванням сучасних методів обробки;
- сформувати керуючі програми для верстатів з ЧПК за допомогою САМ-систем;
- оцінити ефективність запропонованих рішень у порівнянні з традиційними методами КТПВ.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-12.01.АСПМ</i>		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Килиш				Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі		
Перевір.	Кіяндовський						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Архив
					Каф. ТМ, гр. ПМ-21		

1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини

Вал – шестірня є однією з основних деталей редуктора . Редуктор служить для зменшення числа оборотів і збільшення крутних моментів і складається з ряду послідовно з'єднаних зубчатих передач, зібраних в окремому корпусі .

Розміщення передач в корпусі дає можливість розташовувати опори валів з суворо витриманою співвісністю та точною міжцентровою відстанню, запобігти від попадання бруду на передачі та створювати умови для ефективного змащення.

Редуктор служить для передачі обертання між валами, які перехрещуються, тобто редуктор – конічний.

Даний редуктор одноступінчастий, виконаний як окремий вузол, який встановлюється на загальну раму з двигуном, для чого в лапах редуктора передбачені отвори (рис. 1.2).

Редуктор у своєму складі має дві складальні одиниці:

- 1 – корпус редуктора;
- 2 – кришка редуктора.

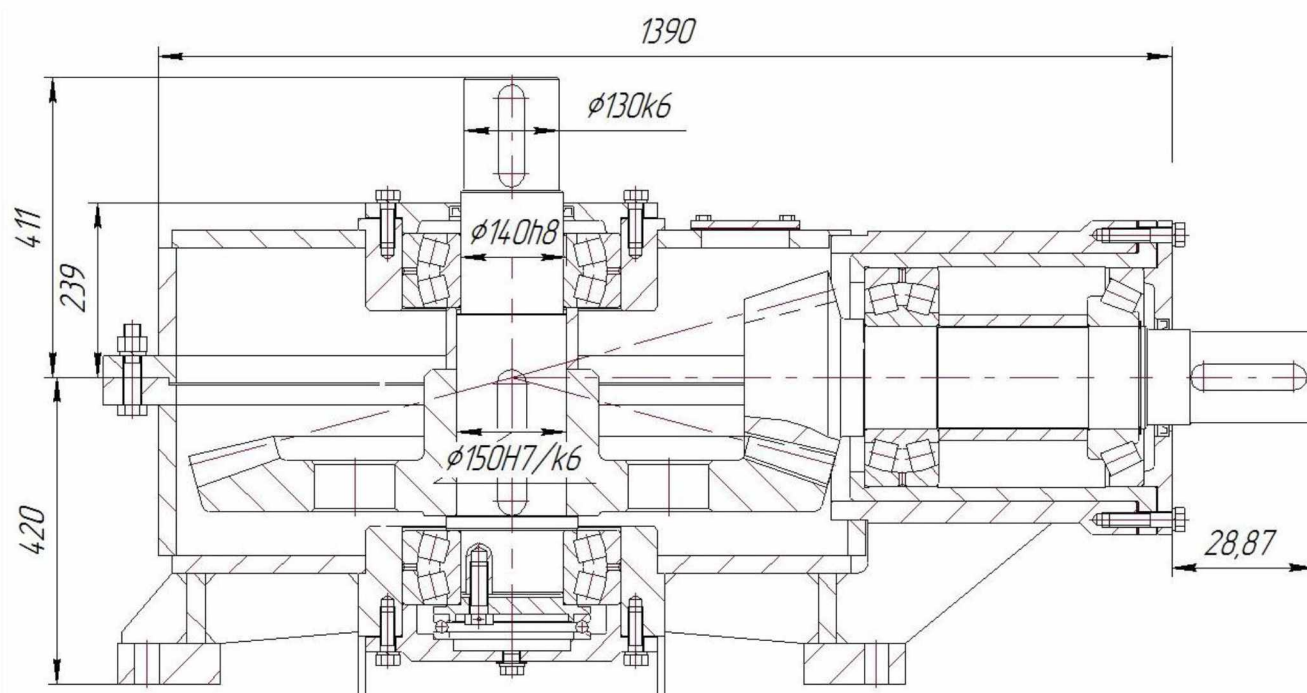


Рисунок 1.2 – Редуктор механізму подрібнення ливарних сумішей

Корпус редуктора складається з декількох частин, дві з них служать для встановлення в них деталі валу веденого, на точні шийки якого насаджуються підшипники двохрядні роликові, закриті зверху і знизу кришками, які з'єднуються з корпусом за допомогою болтів. Там же передбачені прокладки. На поверхні Ø150k6 насаджено конічне зубчасте колесо, між колесом і підшипником розміщена втулка розпорна. Зубчасте колесо знаходиться в зачепленні з ведучою вал-

					КНУ.КБР.131.25.1-12.01.АСПМ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

шестірнею, на опорних шийках якої розташовані підшипники, між якими знаходиться втулка розпорна.

До корпусу приєднується кришка люка за допомогою болтів. Ведуча вал-шестірня має вільний кінець Ø125k6, який з'єднується з валом двигуна.

В цілому редуктор складається з уніфікованих вузлів, що значно спрощує і складання і обслуговування даної складальної одиниці.

1.3 Розрахунок розмірних ланцюгів – розмірний аналіз вузла

Побудуємо лінійний розмірний ланцюг А, який зображено в табл. 1.1.

На всі ланки розмірного ланцюга призначаємо технологічно досяжні допуски і заповнюємо таблицю 1.1. На всі ланки призначаємо граничні відхилення і проставляємо середні значення полів допусків, які визначаємо за виразом:

$$\Delta C_i = \frac{es_i + si_i}{2}, \quad (1.1)$$

де es_i , ei_i – відповідно верхнє і нижнє граничні відхилення ланки.

$$\Delta C_1 = \frac{0,31 + (-0,31)}{2} = 0 \text{ мм},$$

$$\Delta C_{2,4} = \frac{0 + (-0,18)}{2} = -0,09 \text{ мм},$$

$$\Delta C_3 = \frac{0,15 + (-0,15)}{2} = 0 \text{ мм},$$

$$\Delta C_5 = \frac{0,18 + (-0,18)}{2} = 0 \text{ мм},$$

$$\Delta C_6 = \frac{0,20 + (-0,20)}{2} = 0 \text{ мм}.$$

Визначаємо допуск замикаючої ланки за виразом:

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

$$T_\Sigma = 0,62 + 0,18 + 0,18 + 0,30 + 0,36 = 1,64 \text{ мм}.$$

Визначаємо величину компенсації:

$$T_\kappa = T_\Sigma - [T_\Sigma], \quad (1.3)$$

$$T_\kappa = 1,64 - 1,2 = 0,44 \text{ мм}$$

Розмір прокладки вибираємо із умови:

$$A_{\text{комп}} \leq [T_\Sigma], \quad (1.4)$$

де $A_{\text{комп}}$ - номінальне значення ланки компенсатора.

Як прокладки використовуємо металевий лист, товщина якого S рівна:

$$S = A_{\text{комп}} = [T_\Sigma] = 1,2 \pm 0,1 \text{ мм}.$$

Приймаємо допуск на товщину листа $T_{\text{комп}} = 0,2 \text{ мм}$, тобто $\Delta C_{\text{комп}} = 0 \text{ мм}$.

Попереднє число прокладок в наборі визначаємо за формулою:

$$Z = \frac{T_\kappa}{[T_\Sigma]}, \quad (1.5)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-12.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$Z = \frac{0,44}{1,2} = 0,37$$

Приймаємо 1 прокладку.

Будуємо новий розмірний ланцюг на складальному вузлі (рисунок 1.3). Нова ланка позначена A_6 і вона є збільшуючою. Декілька зміниться положення ланки A_5 , що також показана на схемі розмірного ланцюгу.

Величину компенсатора, що складається з Z прокладок визначаємо за формулою:

$$A_6 = Z \cdot A_{\text{комп}} = Z \cdot [T_{\Sigma}], \quad (1.6)$$

$$A_6 = 2 \cdot (1,2 \pm 0,1) = 2,4 \pm 0,2 \text{ мм}, \quad T_{A_6} = 0,4, \quad \Delta C_{A_6} = 0.$$

Номінальний розмір замикаючої ланки нового розмірного ланцюгу визначаємо за формулою:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_{j=1}^m \vec{A}_j, \quad (1.7)$$

де A_i , A_j - відповідно розміри збільшуючої і зменшуючої ланок.

$$A_{\Sigma} = (45 + 2,4) - (15 \cdot 2 + 5 + 10) = 2,4 \text{ мм}.$$

Допуск замикаючої ланки нового розміру визначаємо за формулою:

$$T'_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_{A_i}, \quad (1.8)$$

$$T'_{\Sigma} = 0,62 + 0,18 + 0,18 + 0,30 + 0,36 + 0,4 = 2,04 \text{ мм}.$$

Координату середини поля допуску визначаємо за формулою:

$$C'_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta \vec{C}_i - \sum_{j=1}^m \Delta \vec{C}_j, \quad (1.9)$$

$$C'_{\Sigma} = (0 + 0) - (-0,09 + 0 + 0) = 0,09 \text{ мм}.$$

Визначаємо величину компенсації за формулою:

$$T'_{\kappa} = T'_{\Sigma} - [T_{\Sigma}], \quad (1.10)$$

$$T'_{\kappa} = 2,04 - 1,2 = 0,84 \text{ мм}.$$

Остаточну кількість прокладок визначаємо по формулі:

$$Z' = \frac{T'_{\kappa}}{[T_{\kappa}]} + 1, \quad (1.11)$$

$$Z' = \frac{0,84}{1,2} + 1 = 1,3.$$

Остаточню приймаємо 1 прокладку.

Як залежна ланка вибираємо ланку A_5 величину поправки визначаємо за виразом:

$$\vec{\Delta}' = [\Delta C_{\Sigma}] - \Delta C'_{\Sigma} + \frac{T'_{\Sigma}}{2} - \Delta C_{\text{комп } A_5} - A_{\text{комп}}, \quad (1.12)$$

$$\vec{\Delta}' = 0,65 - 0,09 + \frac{2,04}{2} - 0 - 1,2 = 0,38 \text{ мм}.$$

Нову координату середини поля допуску залежної ланки визначаємо за виразом:

					КНУ.КБР.131.25.1-12.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$\Delta C'_{A_5} = \Delta C_{A_5} + \overset{\leftarrow}{\Delta}, \quad (1.13)$$

$$\Delta C'_{A_6} = 0 + 0,38 = 0,38 \text{ мм}.$$

Граничні відхилення залежної ланки визначаємо за виразом:

$$\begin{cases} es_{A_5} = 0,38 + 0,5 \cdot 0,36 = 0,56 \text{ мм}, \\ ei_{A_5} = 0,38 - 0,5 \cdot 0,36 = 0,20 \text{ мм}. \end{cases}$$

$$A_5 = 10^{+0,56}_{+0,20} \text{ мм}.$$

Перевірка правильності проведених розрахунків.

Середній розмір всіх прокладок визначаємо за формулою:

$$\bar{A}_{C_{A_6}} = \bar{A}_{\text{компл}} + \Delta C_{\text{компл}} - \Delta C'_{\Sigma} + [\Delta C_{\Sigma}], \quad (1.14)$$

$$\bar{A}_{C_{A_6}} = 1,2 + 0 + 0,65 - 0,09 = 1,76 \text{ мм}.$$

$$A_{6 \max} = A_{C_{A_6}} + \frac{T'_{\kappa}}{2}, \quad (1.15)$$

$$A_{6 \min} = A_{C_{A_6}} - \frac{T'_{\kappa}}{2}, \quad (1.16)$$

$$A_{6 \max} = 1,76 + \frac{0,84}{2} = 2,18 \text{ мм},$$

$$A_{6 \min} = 1,76 - \frac{0,84}{2} = 1,34 \text{ мм}.$$

Максимальну кількість прокладок визначаємо за формулою:

$$Z_{\max} = \frac{A_{6 \max}}{[T_{\Sigma}]}, \quad (1.17)$$

$$Z_{\max} = \frac{2,18}{1,2} = 1,81.$$

Приймаємо $Z_{\max} = 2$ прокладки.

Мінімальна кількість прокладок в наборі:

$$Z_{\min} = \frac{A_{6 \min}}{[T_{\Sigma}]}, \quad (1.18)$$

$$Z_{\min} = \frac{1,34}{1,2} = 1,1.$$

Приймаємо $Z_{\min} = 1$ прокладку.

Визначимо кількість прокладок в наборі:

$$Z = Z_{\max} - Z_{\min}, \quad (1.19)$$

$$Z = 2 - 1 = 1.$$

Розрахунок проведений правильно.

					КНУ.КБР.131.25.1-12.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Розрахунок лінійного розмірного ланцюга А методом регулювання (прокладки)

Призначення розмірного ланцюга	Ланцюг А – забезпечення зазору між кришкою і підшипником	Значення вихідного ланцюга			$[A_{\Sigma} = 0^{+1,25}_{+0,05} \text{ мм}], [T_{\Sigma} = 1,2 \text{ мм}], [\Delta C_{\Sigma} = +0,65 \text{ мм}]$			
Схема розмірного ланцюга		Вихідні дані			Розрахункові величини			
		Позначення ланки	Номінальний розмір	i	Квалітет ІТ	Допуск Т	Розміри з відхиленням	ΔC_i
		$\vec{A}_1$	45		14	0,62	$45 \pm 0,31$	0
		$\overleftarrow{A}_2 = \overleftarrow{A}_4$	15		ст.	0,18	$15_{-0,18}$	-0,09
		$\overleftarrow{A}_3$	5		14	0,30	$5 \pm 0,15$	0
		$\overleftarrow{A}_5$	10		14	0,36	$10 \pm 0,18$	0
		$\vec{A}_6$	2			0,4	$2 \pm 0,2$	0
Найменування ланок розмірного ланцюга		Розрахунок розмірного ланцюга						
$\vec{A}_1$ - відстань між торцями кришки $\overleftarrow{A}_2, \overleftarrow{A}_4$ - ширина підшипника $\overleftarrow{A}_3$ - відстань між підшипниками $\overleftarrow{A}_5$ - висота ніжки кришки $\vec{A}_6$ - товщина прокладки		$T_{\Sigma} = 0,62 + 0,18 + 0,18 + 0,30 + 0,36 = 1,64 \text{ мм} . C'_{\Sigma} = (0 + 0) - (-0,09 + 0 + 0) = 0,09 \text{ мм} .$ $T_{\kappa} = 1,64 - 1,2 = 0,44 \text{ мм} . S = A_{\text{комп}} = [T_{\Sigma}] = 1,2 \pm 0,1 \text{ мм} . T_{\text{комп}} = 0,2 \text{ мм} . \Delta C_{\text{комп}} = 0 \text{ мм} .$ $Z = \frac{0,44}{1,2} = 0,37 . T'_{\Sigma} = 0,62 + 0,18 + 0,18 + 0,30 + 0,36 + 0,4 = 2,04 \text{ мм} . T'_{\kappa} = 2,04 - 1,2 = 0,84 \text{ мм} .$ $Z' = \frac{0,84}{1,2} + 1 = 1,3 . \bar{\Delta}' = 0,65 - 0,09 + \frac{2,04}{2} - 0 - 1,2 = 0,38 \text{ мм} . \Delta C'_{A_6} = 0 + 0,38 = 0,38 \text{ мм} .$ $es_{A_6} = 0,38 + 0,5 \cdot 0,36 = 0,56 \text{ мм} . ei_{A_6} = 0,38 - 0,5 \cdot 0,36 = 0,20 \text{ мм} .$ $\bar{A}_{C_{A_6}} = 1,2 + 0 + 0,65 - 0,09 = 1,76 \text{ мм} . A_{6 \text{ max}} = 1,76 + \frac{0,84}{2} = 2,18 \text{ мм} .$ $A_{6 \text{ min}} = 1,76 - \frac{0,84}{2} = 1,34 \text{ мм} . Z_{\text{max}} = \frac{2,18}{1,2} = 1,81 . Z_{\text{min}} = \frac{1,34}{1,2} = 1,1 .$						

КНУ.КБР.131.25.1-12.01.АСПМ

Арк.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни

Деталь вал-шестірна входить у редуктор, який служить для зменшення числа оборотів і збільшення потужності. Вал – шестірна служить для передачі обертового моменту. Аналізуючи компоновку редуктора, можна зробити висновок, що вал-шестірна знаходиться в зачепленні з конічним колесом зубчастим, яке передає рух на вихідний вал, а проектувана деталь отримує рух від електродвигуна для передачі крутного моменту.

Основними опорними поверхнями вал-шестірни є поверхні $\varnothing 125k6$ та $\varnothing 140k6$. В процесі експлуатації вал-шестірна зазнає на собі дію окружної сили, радіальної і нормальної, а підшипники, напресовані на поверхні $\varnothing 140k6$ сприймають одночасно радіальні та осеві навантаження, передаючи їх на вал-шестірню. Таким чином, вал-шестірна є важко навантаженою деталлю, і тому наскільки точно і згідно з вимогами креслення буде виготовлена вал-шестірна, значно залежатиме характеристика зачеплення та якість роботи редуктора і його довговічність.

Деталь вал-шестірна відноситься до загально машинобудівних деталей, уявляє собою тіло обертання, що виготовляється за допомогою механічної обробки. Деталь має довжину $L=781$ мм та найбільший діаметр $d=292,87$ мм, тобто $L>2d$.

Кресленням передбачено виготовлення деталі вал-шестірна з легованої конструкційної сталі 40ХН ДСТУ 7806:2015. Використовуючи таблиці [3] знаходимо хімічний склад та механічні властивості сталі. Дані зводимо до таблиці 2.1 та 2.2. Там же знаходимо, що оброблюваність різанням даної сталі задовільна, а зварюваність погана. Це говорить про те, що виконувати ремонт даної деталі методом зварювання не допускається.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40ХН ДСТУ 7806:2015

Вміст елементів у %						
Вуглець	Кремній	Марганець	Хром	Нікель	Фосфор	Сірка
			Не більше			
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,25	0,04	0,04	

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 40ХН ДСТУ 7806:2015

Твердість за Бринелем	Межа міцності, δ , МПа	Межа текучості, δ , МПа	Відносне подовження, Ψ , %	Відносне звуження, Δ , %
207	700	470	17	56

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-12.02.ТПВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.	Килиш				<i>Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту</i>		
Перевір.	Кіянiвський						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Лит.	Арк.	Аркциф
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>		

Замінники сталі: 35Х, 45Х. Використовуючи [3] знаходимо, що основною областю застосування сталі 40ХН є деталі з високою міцністю і підвищеною пластичністю, що працюють при високих питомих тисках і ударних навантаженнях (шестірні, кулачкові муфти, черв'яки).

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Пронумеруємо всі поверхні деталі.

Основні поверхні – це поверхні, за допомогою яких деталь базується у вузлі.

Для заданої деталі вал – шестірня основними поверхнями є опорні шийки Ø140k6; на поверхні Ø140k6 у вузлі встановлені підшипники.

Допоміжні поверхні – це поверхні деталі, відносно яких базуються інші деталі. У даної деталі це поверхні Ø135h, пов.Ø160 та зубчата поверхня. Поверхні 12,35 є вільними. Визначаємо норми точності для усіх поверхонь та їх взаємозв'язок. Дані заносимо у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Аналіз якості поверхонь

№ пов.	Номинальний розмір	Квалітет ІТ	Допуск Т, мм	Шорсткість Ra, мкм	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
12	Торець 781	14	0,97	6,3	
7	Торець 120	12	0,4	6,3	
19	Ø292,87	12	0,52	6,3	
18	R5	14	0,3	6,3	
14	Торець 51,2	14	0,74	6,3	
33	Торець 170	12	0,4	6,3	
37	R5	14	0,25	6,3	
36	R1	14	0,25	6,3	
1,2	Шпонковий паз b=36	9	0,062	3,2	
3	Канавка в=3,5	12	0,3	6,3	
5	Ø135	12	0,4	6,3	
17	Ø160	12	0,4	6,3	
20, 27	Ø140	6	0,025	0,8	Радіальне биття 0.015мм
23	Ø138	12	0,4	6,3	
29	Ø130	6	0,025	0,8	
31	Ø125	6	0,025	1,6	Радіальне биття 0.015мм
25	Торець 80	12	0,3	6,3	
38	Торець 230	12	0,46	6,3	
15	Торець 484	14	1,55	6,3	
13	Торець 432,79	14	1,55	6,3	

Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-12.02.ТПВД	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі вал-шестірна виконано на форматі А2 відповідно до стандарту, графі основного напису заповнені вірно і мають усі необхідні підписи. Креслення деталі представлено головним видом та розрізом А-А, виконаним по ступені Ø125k6, що має шпонковий паз та виносним елементом Б. Такі зображення дають повне уявлення про конструкцію деталі, однозначно визначають конфігурацію складових її елементів. На кресленні проставлені усі необхідні розміри, що визначають геометричні параметри елементів деталі, граничні відхилення та квалітети точності з полями допусків, а також параметри шорсткості оброблюваних поверхонь, що визначають класи шорсткості. На кресленні вказані технічні вимоги до взаємного розташування деяких поверхонь відносно відповідних баз (А та Б). Креслення не регламентує відхилення елементів деталі від правильних геометричних форм. На кресленні маються відомості про матеріал деталі, термічну обробку її. Відсутність вказівок говорить про те, що поверхні деталі не підлягають захисним покриттям. Креслення має таблицю з параметрами, що характеризують зубчастий вінець. У відповідній графі вказана маса деталі.

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Виконаємо технологічний аналіз деталі вал-шестірна виходячи з умов середньосерійного типу її виробництва.

В якості базових поверхонь можна використовувати центрові отвори, торці деталі і циліндричні зовнішні поверхні Ø140k6 та Ø125k6.

Марка матеріалу і конфігурація деталі дозволяють отримати заготовку раціональної форми - штамповку. Рішення про спосіб отримання заготовки приймемо остаточно після відповідних техніко-економічних розрахунків.

Діаметральні розміри ступенів вал-шестірни зменшуються до кінців деталі, що полегшує обробку деталі.

Закриті шпонкові пази $v=36$ мм на ступені Ø125k6 не можуть бути заміненими напіввідкритим. Виконати їх відкритими з двох боків неможливо.

Виконаємо перевірку деталі на жорсткість з умови:

$$\frac{L}{d_{сеп}} \leq 10 \dots 12 \quad (2.1)$$

$$d_{сеп} = \frac{d_1 \cdot \ell_1 + d_2 \cdot \ell_2 + d_3 \cdot \ell_{3+...} + d_n \cdot \ell_n}{L} \quad (2.2)$$

У нашому випадку

$$d_{сеп} = \frac{292 \cdot 113,8 + 160 \cdot 51,2 + 140 \cdot 100 + 138 \cdot 206 + 140 \cdot 80 + 130 \cdot 60 + 125 \cdot 170}{781} =$$

$$\frac{33229,6 + 8192 + 14000 + 28424 + 11200 + 7800 + 21250}{781} = 158,9_{мм}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-12.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

$$\frac{781}{158,9} = 4,9 < 10$$

Отже, деталь жорстка.

Враховуючи все вищесказане, приходимо до висновку, що деталь технологічна і не викликає труднощів в процесі обробки.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Виконаємо аналіз технологічності деталі за кількісними показниками:

1) трудомісткістю виготовлення виробу

$$K_{ум} = \frac{T_n}{T_{бн}} \quad (2.3)$$

де T_n – проектна трудомісткість виготовлення деталі;

$T_{бн}$ – трудомісткість на базовому підприємстві.

$$K_{ум} = \frac{121,34}{217,5} = 0,56$$

2) технологічна собівартість

$$K_{ус} = \frac{C_n}{C_{бн}} \quad (2.4)$$

де C_n – проектна собівартість деталі;

$C_{бн}$ – собівартість на базовому підприємстві.

$$K_{ус} = \frac{688,41}{1076,5} = 0,64$$

3) коефіцієнту точності обробки

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{A_{сер}} \quad (2.5)$$

де $A_{сер}$ – середній квалітет точності

$$A_{сер} = \frac{1 \cdot n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}}{\sum_{i=1}^{19} n_i} \quad (2.6)$$

де n_i – число поверхонь деталі відповідної точності.

Таблиця 2.4 - Точність поверхонь деталі

IT _i	n _i	IT·n _i
1	2	3
14	19	266
12	15	180
9	3	27
7	-	
6	4	24
	41	497

					КНУ.КБР.131.25.1-12.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

$$A_{сер} = \frac{497}{41} = 12,12$$

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{12,12} = 1 - 0,08 = 0,92$$

$K_{тч} > 0,8$ – деталь технологічна

4) коефіцієнту шорсткості поверхонь

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{сер}} \quad (2.7)$$

де $B_{сер}$ – середня шорсткість поверхонь, яка визначається в значеннях параметра R_a , мм

$$B_{сер} = \frac{50 \cdot n_1 + 25 \cdot n_2 + 12,5 \cdot n_3 + \dots + 0,0125 \cdot n_{14}}{\sum_{i=1}^{14} n_i} \quad (2.8)$$

де n_i – число поверхонь деталі відповідної чистоти.

Таблиця 2.5 – Шорсткість поверхонь деталі

Ші	n_i	$Ш_i \cdot n_i$
1	2	3
6,3	21	132,3
3,2	5	16
1,6	1	1,6
0,8	3	2,4
	30	152,3

$$B_{сер} = \frac{152,3}{30} = 5,07 \quad (2.9)$$

$$K_{ш} = \frac{1}{5,07} = 0,197$$

$$K_{ш} < 0,2$$

Отже, за цим показником деталь технологічна.

5) коефіцієнту уніфікації конструктивних елементів

$$K_{у.е} = \frac{Q_{у.е}}{Q_e} \quad (2.10)$$

де $Q_{у.е}$ – число уніфікованих типорозмірів конструктивних елементів;
 Q_e – число конструктивних елементів у деталі.

$$K_{у.е} = \frac{26}{39} = 0,66$$

$K_{у.е} > 0,6$; отже, деталь технологічна і за цим показником.

					КНУ.КБР.131.25.1-12.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 - Конструктивні елементи деталі

Назва поверхонь	Кількість конструктивних елементів	Кількість уніфікованих типорозмірів
Фаски	3	3
Кути	6	2
Пази	2	2
Зубчасті поверхні	1	1
Канавки	1	-
Лінійні розміри	13	7
Радіуси	5	5
Циліндричні	8	6
Всього	39	26

Технічними вимогами передбачено:

1) термообробка HB 235...277 – ця вимога передбачає підвищення твердості та стійкості поверхонь деталі з метою підвищення експлуатаційних властивостей, що призведе до збільшення довговічності деталі;

2) незазначені граничні відхилення H14, h14; IT14/2 - отже, поверхні з такими відхиленнями підлягають тільки чорновій обробці.

2.5 Вибір діючого заводського технологічного процесу. Задачі проектування

Деталь вал – шестірня в умовах базового підприємства виготовлялася в умовах малосерійного типу виробництва.

Таблиця 2.7 – Заводський технологічний процес

№ опер.	Назва операції, зміст операції	Обладнання	Оснастка
1	2	3	4
000	Заготовча		
001	Розмічальна		
005	Фрезерно-центрувальна Фрезерувати торці в розмір 781 і центрувати з двох сторін одночасно	Двохсторонній фрезерно- центрувальний напівавтомат МР -73М	Пристрій при верстаті
010	Токарна Обточити пов. Ø125, Ø130, Ø138, Ø140, Ø160, точити фаски, проточити канавки в=3.5мм начисто Обточити пов. Ø125, Ø130, Ø140, точити фаски начисто	Токарно – гвинторізний верстат 16К20	Центр обертовий Патрон повідковий 7160-0002

					КНУ.КБР.131.25.1-12.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4
015	Токарна Точити пов.конуса попередньо, витримуючи розміри $\varnothing 292,887$; $\ell=165$, $\ell=51,2$; $\angle=74^{\circ}45'$, $\angle=19^{\circ}12'$, $\ell=120$	Токарно – гвинторізний верстат 16K20	Центр обертовий Патрон повідковий 7160-0002
020	Термообробка		
025	Зубофрезерна Фрезерувати зуб'я $m=20$, $z=12$ попередньо	Фрезерний в-т моделі 5K324A	Пристрій
030	Зубостругальна Стругати зуб'я $m=20$, $z=12$	Зубостругальний верстат мод. 5282	Пристрій
035	Слюсарна Зачистити задирки	Механізований верстак	
040	Контрольна		
045	Шпонково- фрезерна Фрезерувати шпонковий паз $v=36$ начисто	Вертикально – фрезерний верстат мод. 6P13	Лещата самоцентруючі МН5790-80
050	Круглошліфувальна Шліфувати поверхні $\varnothing 125k6$, $\varnothing 130h6$, $\varnothing 140k6$	Круглошліфувальний верстат 3T160	Центри, поводок
055	Контрольна		

Розроблений на базовому підприємстві технологічний процес відповідає типу виробництва базового підприємства. В дипломному проекті передбачимо більш економічний метод отримання заготовки, використовуватимемо сучасне технологічне оснащення, яке дозволить підвищити продуктивність виготовлення деталі вал – шестірня і знизити її собівартість.

					КНУ.КБР.131.25.1-12.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

3.1 Вибір, техніко – економічне обґрунтування та проектування заготовки

3.1.1 Вибір та техніко-економічне обґрунтування заготовки

Для отримання деталі «Вал- шестірня» можна вибрати два види заготовок: поковка штампована та метод кування.

Одним із основних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечить їй максимальне наближення до готової деталі. В цьому випадку суттєво скорочуються витрати металу, об'єм механічної обробки і виробничий цикл виготовлення деталі.

Для вибору більш економічного та оптимального варіанту отримання заготовки заповнюємо матрицю впливу факторів.

Таблиця 3.1 – Матриця впливу факторів

Способи отримання заготовки	Фактори					
	Форми і розміри заготовки	Потрібна точність і якість поверхні	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма	Собівартість	Сума
Поківка штампована	+	–	+	+	+	4
Кування	–	+	+	+	–	3

Аналізуючи ступінь впливу розглянутих факторів, робимо висновок, що доцільно отримати заготовку – поковку штамповану.

Проводимо техніко – економічне обґрунтування вибору заготовки по вартості.

Собівартість штампованої поковки розраховуємо по формулі:

$$C_{з.д.} = \left(\frac{C_1 M + P_{m.e} \cdot C_{m.e} + t_{шт} (Z_{ч.р.} + C_{ч})}{60} \right) \cdot P_z + K C_{осн} \quad (3.1)$$

де C_1 – вартість 1кг матеріалу;

M – загальна маса матеріалу, який витрачається на одну заготовку;

$P_{m.e}$ – норма витрат технологічного палива або енергії на одну заготовку;

$C_{m.e}$ – вартість 1кг технологічного палива або 1кВт·год електроенергії;

$T_{шт}$ – норма штучно – калькуляційного часу, хв.;

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Килиш			Проектування технологічного процесу обробки деталі		Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		Кіянський							
Реценз.							Каф. ТМ, гр. ПМ-21		
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							

$C_{\text{ч}}$ – собівартість машино – часу роботи ливарного обладнання, р/ч;

$\Pi_{\text{г}}$ – річна програма, шт./год;

K - коефіцієнт амортизації і експлуатації оснастки ($K = 0,89$);

$C_{\text{осн}}$ – початкова вартість оснастки, грн.

$$C_{\text{з.д.}} = \left(\frac{C_1 M + P_{\text{м.е}} \cdot C_{\text{м.е}} + t_{\text{шт}} (3_{\text{ч.р.}} + C_{\text{ч}})}{60} \right) \cdot \Pi_{\text{г}} + K C_{\text{осн}} = 739,5 \text{ грн}$$

$$C_{\text{з.д.}} = \left(\frac{C_1 M + P_{\text{м.е}} \cdot C_{\text{м.е}} + t_{\text{шт}} (3_{\text{ч.р.}} + C_{\text{ч}})}{60} \right) \cdot \Pi_{\text{г}} + K C_{\text{осн}} = 688,41 \text{ грн}$$

З розрахунків видно, що вартість заготовки, отриманої методом штамповки менша ніж вартість заготовки отриманої куванням.

3.1.2 Проектування заготовок

Виконаємо розрахунки розмірів заготовки за обома методами.

I варіант – поковка

Таблиця 3.2 –Розміри поковки

Діаметр деталі або розмір перерізу L, В	Розміри деталі, на які призначаються припуски, мм	Величина припуску	Граничні відхилення	Розрахункові розміри заготовки	Прийняті розміри заготовки
250...300	Д=292,87	14	$\begin{smallmatrix} +4 \\ - \end{smallmatrix}$	306,87	$307 \begin{smallmatrix} +4 \\ - \end{smallmatrix}$
	d=160	11	$\begin{smallmatrix} +3 \\ - \end{smallmatrix}$	171	$171 \begin{smallmatrix} +3 \\ - \end{smallmatrix}$
	d ₁ =125	11	$\begin{smallmatrix} +3 \\ - \end{smallmatrix}$	136	$136 \begin{smallmatrix} +3 \\ - \end{smallmatrix}$
	L=781	30	$\begin{smallmatrix} +3,75 \\ - \end{smallmatrix}$	811	$811 \begin{smallmatrix} +3,75 \\ - \end{smallmatrix}$
	d ₂ =140	11	$\begin{smallmatrix} +3 \\ - \end{smallmatrix}$	151	$151 \begin{smallmatrix} +3 \\ - \end{smallmatrix}$

Визначаємо масу заготовки за формулою

$$G_{\text{з}} = \rho \cdot V, \text{ кг} \quad (3.2)$$

де V – об'єм заготовки, м^3

ρ - щільність матеріалу, $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$

Об'єм заготовки

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \quad (3.3)$$

$$V_1 = 3,14 \cdot 153,2^2 \cdot 145 = 10727892,425 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = 3,14 \cdot 85,5^2 \cdot 41 = 941121,585 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = 3,14 \cdot 75,5^2 \cdot 440 = 7875465,4 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = 3,14 \cdot 68^2 \cdot 185 = 2686081,6 \text{ мм}^3$$

$$V = 22230561,01 \text{ мм}^3$$

$$G = 7850 \cdot 0,0022 = 173 \text{ кг}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Заготовка – Штампована поковка

Штамповочне обладнання – гарячештамповочний автомат

1. Вихідні дані по деталі.

Матеріал деталі – сталь 40ХН (ДСТУ 7806:2015) : 0,17-0,37%Si;
0,5-0,8% Mn; 0,8-1,1% Cr

Маса деталі – 108 кг

2. Вихідні дані для розрахунків

Маса поковки (розрахункова) – $K_p=1,5$

$$108 \cdot 1,5 = 162 \text{ кг}$$

Клас точності – Т4

Група сталі – М2

Середня масова доля вуглецю в сталі 40ХН : 0,4% С, а сумарна масова доля легуючих елементів – 1,87% (0,27%Si, 0,65%Mn, 0,95% Cr).

Ступінь складності – С2

Розміри описуючої поковки фігури (циліндр), мм:

$$292,87 \cdot 1,05 = 307,5 \text{ мм}$$

$$781 \cdot 1,05 = 820 \text{ мм}$$

$$G_{\phi} = 7850 \cdot \frac{3,14 \cdot 307,5^2}{4} \cdot 820 = 478,9 \text{ кг}$$

$$\frac{162}{478,9} = 0,33$$

Конфігурація поверхні роз'єму штампа – П (плоска)

Вихідний індекс – 18

1 Розміри заготовки

Додаткові припуски, які враховують :

- зміщення по поверхні роз'єму штампа – 0,7 мм
- зігнутість, відхилення від площинності, прямолінійності – 1,0 мм [3] с.14, т.4.5

Таблиця 3.3 - Розміри поковки

Припуски	№ пов.	Розмір деталі: діаметр, довжина	Шорсткість поверхні, мм	Розміри поковки (розрахункові), мм	Допуски	Розміри поковки (прийняті), мм
1	2	3	4	5	6	7
3,5	31	Ø125k6	0,8	$125+(3,5+1,0+0,7) \times 2 = 125+10,4=135,4$	+3,3 -1,7	135,0 ^{+3,3} -1,7
3,5	29	Ø130h6	0,8	$130+(3,5+1,0+0,7) \times 2 = 140,4$	+3,3 -1,7	140,0 ^{+3,3} -1,7
3,5	20,27	Ø140k6	0,8	$140+(3,5+1,0+0,7) \times 2 = 150,4$	+3,3 -1,7	150 ^{+3,3} -1,7
2,6	23	Ø138	6,3	$138+(2,6+1,0+0,7) \times 2 = 146,6$	+3,3 -1,7	146,5 ^{+3,3} -1,7
2,8	17	Ø160	6,3	$160+(2,8+1,0+0,07) \times 2 = 169$	+3,3 -1,9	169 ^{+3,3} -1,9
3,0	15	292,87	6,3	$292,87+(3+1,0+0,7) \times 2 = 302,72$	+4,2 -2,1	302 ^{+4,2} -2,1

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7
3,4	11	165	6,3	165+(3,4+1,0+0,7)x2-	+4,2	170 ^{+4,2}
2,4	14			(3,7+1,0+0,7)=169,8	-2,1	-2,1
		51,2	6,3	51,2+(2,4+1,0+0,7)x2=553	+3,0	55 ^{+3,0}
2,8	21	206	6,3	206+(2,8+1,0+0,7)x2-	-1,5	-1,5
				(2,8+1,9+0,7)=234,9	+3,7	211 ^{+3,7}
2,4	25	80	6,3	80+(2,4+1,0+0,7)x2-	-1,9	-1,9
				(2,4+1,0+0,7)=234,9	+3,0	83 ^{+3,0}
2,8	34	230	6,3	230=(2,8+1,0+0,7)x2-	-1,5	-1,5
				(2,4+1,0+0,7)=234,9	+3,7	235 ^{+3,7}
2,8	33	170	6,3	170+(2,8+1,0+0,7)-	-1,9	-1,9
				(3,7+1,0+0,7)=169	+3,7	169 ^{+3,7}
3,7	35	781	6,3	781+(3,7+1,0+0,7)x2=791,8	-1,9	-1,9
					+5,3	792 ^{+5,3}
					-2,7	-2,7

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_1 = \pi R_1^2 \cdot h_1 = 3,14 \cdot 151^2 \cdot 125 = 8949392,5 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \pi R_2^2 \cdot h_2 = 3,14 \cdot 84,5^2 \cdot 45 = 1008917,3 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \pi R_3^2 \cdot h_3 = 3,14 \cdot 75^2 \cdot 453 = 8001112,5 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = \pi R_4^2 \cdot h_4 = 3,14 \cdot 67,5^2 \cdot 169 = 2417819,6 \text{ мм}^3$$

$$V = 20377241,925 \text{ мм}^3$$

$$Gm_2 = 7850 \cdot 0,02037 = 159,9 \text{ кг}$$

$$K_{BM_2} = \frac{108}{159,9} = 0,67$$

Таблиця 3.4 – Порівняльна таблиця методів отримання заготовки

Вид заготовки	Коефіцієнт використання матеріалу	Собівартість, грн
1	2	3
Метод вільного кування	0,6	739,5
Штампована поковка	0,67	688,41

Радіус закруглення зовнішніх кутів – 15° [5] с.15, т.7

Штамповочний уклін – 7° [5], с.26, т.18

Незазначені граничні відхилення розмірів – 1,5T(±)

Незазначені допуски радіусів закруглення – 0,5 мм [5] с.26, т.17

Допустима висота задилок в площині роз'єму матриць – 6 мм

Допустима висота торцевих задилок в площині роз'єму матриць – 5 мм

Допустимі відхилення :

- від площинності і від прямолінійності – 0,8 мм

- від зігнутості – 1,0 мм

допустима величина зміщення по поверхні роз'єму штампа – 1,0 мм [5] с.20, т.9

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Річна економія матеріалу

$$E = (m_{31} - m_{32}) \cdot N = (173 - 159,9) \cdot 1000 = 13100 \text{ кг}$$

Отже, виконані розрахунки показують, що коефіцієнт використання матеріалу для заготовки штампованої поковки становить 0,67 і тому більш економічною буде штампована поковка.

3.2 Вибір і обґрунтування баз

1. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежить:

- фактична точність виконання розмірів;
- правильність взаємного розташування поверхонь;
- ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів;
- загальна продуктивність обробки.

Вихідними даними при виборі баз є:

- робоче креслення деталі;
- технічні умови на її виготовлення;
- вид заготовки та стан її поверхонь.

Деталь вал-шестірна належить до класу одновінцевих зубчастих коліс з зовнішньою основною базою, тип – конічна шестірна з прямими зубцями.

На першій технологічній операції основним завданням є встановлення взаємозв'язків, що визначають відстані між оброблюваними поверхнями та тими, що залишаються необробленими. Також необхідно забезпечити рівномірний розподіл фактичних припусків між відповідними поверхнями.

Перед вибором установчих баз на першій операції виконується аналіз поверхонь, які будуть використовуватися як базові у наступних технологічних переходах. Як правило, такими є основні бази, від яких задаються більшість координованих розмірів, що визначають розташування відповідальних елементів деталі.

Враховуючи все вищесказане, для першої операції при обробці вал-шестірни технологічними базами будуть основні опорні шийки деталі $\varnothing 140^{+0,028}_{+0,003}$, а точніше заготовки $\varnothing 150^{+3,3}_{-1,7}$ та торець поверхні $\varnothing 169^{+3,3}_{-1,7}$. Це буде фрезерно – центрувальна операція, на якій оброблюємо торці заготовки в розмір 781 та centruємо торці, що дозволить отримати паралельність торців за забезпечить співвісність центрових отворів. Центрові отвори будуть технологічними базами для подальшої обробки, а також основні опорні поверхні деталі. Отже, при обробці деталі вал-шестірна будемо дотримуватися принципу сталості баз та суміщення баз, що позитивно впливатиме на точність оброблюваних поверхонь, тобто на точність виготовлення деталі.

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

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

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Послідовність обробки поверхонь деталі

Назва та розмір поверхні	Найменування переходів	Досягаєма шорсткість, Ra, мкм	Досягаємий квалітет точності	Точність IT
Зовнішня циліндрична пов.31 $\varnothing 125^{+0,028}_{+0,003}$	Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування попереднє Шліфування остаточне	12,5 6,3 3,2 1,6	12 9 7 6	0,4 0,1 0,040 0.025
Зовнішня циліндрична пов.29 $\varnothing 130_{-0,025}$	Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування попереднє Шліфування остаточне	12,5 6,3 1,6 0,8	12 9 7 6	0,4 0.1 0,004 0.025
Зовнішня циліндрична пов.20,27, $\varnothing 140^{+0,028}_{+0,003}$	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування попереднє Шліфування остаточне	12,5 6,3 1,6 0.8	12 9 7 6	0,4 0,1 0,040 0.025
Зовнішня циліндрична пов. 23 $\varnothing 138$	Точіння попереднє Точіння остаточне	12,5 6,3	12 9	0,4 0.1
Зовнішня циліндрична пов.17 $\varnothing 160$	Точіння одноразове	6,3	12	0,4
Торцеві поверхні 12,33 781	Фрезерування одноразове	6,3	12	
Лінійний розмір 28 $378,1^{+0,1}$	Підрізання одноразове	6,3	12	
Розмір пазів 1, 2 36 $^{+0,062}$	Фрезерування одноразове	3,2	9	0,062

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

3.4 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового та типового технологічних процесів та задач проектування розробляємо технологічну послідовність обробки деталі і заповнюємо таблиці 3.6 та 3.7.

Таблиця 3.6 – Технологічний маршрут обробки вал-шестірні

№ опер.	Методи обробки поверхонь деталі	Обґрунтування вибору базування деталі
1	2	3
000	Заготовча	
005	Фрезерно-центрувальна 1.Фрезерувати торці, витримуючи розмір 12 (781) 2. Свердлити центрові отвори з двох сторін одночасно. Форма Е	За чорнову базу на першій операції використовуємо дві зовнішні циліндричні пов. $23,31 \text{ } \varnothing 135 \frac{+3,7}{-1,7}$, $\varnothing 150 \frac{+3,7}{-1,7}$ та торець 14
010	Токарна з ЧПК Установ А. 1. Точити за програмою поверхні попередньо, витримуючи розміри 31, 29,27, 13,20,17,19 2. Точити за програмою поверхні остаточно, витримуючи розміри 33, 29, 34, 27, 25, 23, 21, 20, 17, 14,19,16	Технологічні бази – центрові отвори, лівий та правий торець деталі
015	Токарна з ЧПК Установ А. 3.Точити поверхні за програмою напівчисто, витримуючи розміри 7,8,9,10,12,13,6 4.Точити за програмою поверхні начисто, витримуючи розміри 6,8,7,9,11,16,12	Технологічні бази – центрові отвори, лівий та правий торець деталі
020	Термообробка	
025	Зубофрезерна Фрезерувати зуб'я попередньо $m=20$, $z=12$	Технологічні бази - зовнішня циліндрична пов.20, торець 15
030	Зубостругальна Стругати зуб'я $m=20$, $z=12$	Технологічні бази - зовнішня циліндрична пов.20, торець 15
035	Зубостругальна Стругати зуб'я $m=20$, $z=12$ остаточно	Технологічні бази - зовнішня циліндрична пов.20, торець 15

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.6

1	2	3
040	Мийна	
045	Контрольна Перевірити пляму контакта	
050	Круглошліфувальна Шліфувати нитки пов.20,27,29,31 попередньо	Технологічні бази - центрові отвори
055	Шпонково-фрезерна Фрезерувати шпонковий паз 8 36Н9, витримуючи розміри 22.23	Технологічні бази - зовнішні циліндричні пов.20,27, торець 15
060	Круглошліфувальна Шліфувати за програмою поверхні остаточно, витримуючи розміри 31.33.29,38,27,25,20,28	Технологічні бази - центрові отвори
065	Контрольна	

Таблиця 3.7 – Маршрут обробки деталі

№ опер.	Найменування опер-ї	№ оброб-ої пов-ї	№ базової пов-ї	Тип, модель верстата
005	Фрезерно- центрувальна	12,35	23	Фрезерно- центрувальний н/а мод. 2Г942
010	Токарна з ЧПК	31.33,37,27,2 9,23,20,17,14	Центрові отвори12	Токарний верстат з ЧПК MAST ML SH8
015	Токарна з ЧПК	7	Центрові отвори 35,31	Токарний верстат з ЧПК MAST ML SH8
020	Термічна			
025	Зубофрезерна	19,6,7,8,9,10	23,19	Зубофрезерний н/а мод.5С277П
030	Зубостругальна	19,6,7,8,9,10	23,19	Зубостругальний н/а 5Е283
035	Зубостругальна	19,6,7,8,9,10	13,19	Зубостругальний н/а 5Е283
050	Круглошліфувальна з ЧПК	31,29,27.20	Центрові отвори 19	Круглошліфувальний 3М151Ф2
055	Фрезерна з ЧПК	1,2,30,32	23,29	Фрезерний з ЧПК 6Р13Ф3-01
060	Круглошліфувальна	31,29,27,20	Центрові отвори 19	Круглошліфувальний 3М151Ф2
065	Контрольна			

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

3.5 Розробка технологічної операції

Таблиця 3.8– Вибір обладнання та верстатних пристроїв

№ оп.	Назва операції	Назва та модель верстата	Технічна характеристика верстата	Пристрій
1	2	3	4	5
005	Фрезерно – центрувальна	Фрезерно-центрувальний н/а мод. 2Г942	Діаметр встановлююмого виробу в лещатах, мм - 20..160 Довжина встановлююмого виробу, мм 100-1000 Діаметр встановлююемых комбінованих центровочних свердл: 3,45...12 Найбільший діаметр підрізаного торця, мм -40 підрізаємої кільцевої поверхні, мм 100 Обточка шийок 100 Розточуваних отворів 100 Частота обертання фрезерного шпинделя , хв⁻¹ 125,199,149,258,497,71 Подачі, мм/хв: - при фрезеруванні 20...2000 - при центруванні 20...2000 Частота обертання центрувальних шпинделів, хв⁻¹: 2900...2900 Потужність головного руху, кВт: - фрезерних головок 11х2 - свердлильних головок 4х2 Габаритні розміри верстата, мм 4650х4810х2100 Маса верстата, кг 6500	Лещата з само-центруючими губками призматичної форми
010 015	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК MAST ML 500х1000 SH8 Система ЧПК – Siemens Sinumerik 808D	Потужність двигуна – 7,5 кВт Конус задньої бабки – MT6 Ширина станіни – 400 мм Діапазон швидкостей шпинделя – 200-1600 об/хв Вага – 2000 кг Габаритні розміри верстата – 2450х1450х1750 мм Діаметр обточка над станіною – Ø 500 мм Діаметр обточка над супортом – Ø 290 мм Кількість інструментів – 8 шт Точність позиціонування – 0,005/ 0,003 мм Відстань між центрами – 1000 мм Отвір шпинделя – Ø 75/82 мм Максимальна подача пінолі задньої бабки	Патрон само-центрівний, центр обертний

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

			- 120 мм	
--	--	--	----------	--

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5
025	Зубо-фрезерна	Зубо-фрезерний н/а мод.5С277П	Найбільший діаметр оброблюємої заготовки,мм -500 Найбільші розміри нарізованих коліс,мм: - модуль - 12 - довжина зуба - 125 Найбільший Ø встановлюємих Фрез,мм - 450 Частота обертання, хв ⁻¹ -25-56 Число зубів оброблюваного виробу –10-150 Потужність, кВт: 5,5 Габаритні розміри,мм 3235х2530х2200	
030 035	Зубо-стругальна	Зубо-стругальний верстат мод. 5Е283	Найбільший діаметр оброблюємого виробу, мм -1600 Найбільший зовнішній окружний модуль, мм - 30 Найбільша ширина зубчатого вінця,мм -270 Найбільша зовнішня конусна відстань, мм -400 Частота руху, дв.хід/хв -34-167 Довжина циклу,с - 12-300 Потужність електродвигуна головного руху.кВт -7,5 Габаритні розміри,мм - довжина - 3235 -ширина -2180 - висота -2470	
050, 060	Кругло-шліфувальна	Круглошліфу-вальний верстат мод.3М151Ф 2	Найбільші розміри встановлюємої заготовки,мм: - діаметр -280 - довжина -1000 Рекомендуємий діаметр шліфування,мм -60 Висота центрів над столом,мм -125 Частота обертання,хв. ⁻¹ шпинделя заготовки з безступінчастим регулюванням 50-500 Найбільші розміри шліфувального круга,мм -зовнішній Ø600 - висота - 100 Частота обертання шпинделя шліфувального круга,хв. ⁻¹ -1590 Швидкість врізної подачі шліфувальної бабки,мм/хв. 0,1-4,0 Потужність, кВт - 15,2	Центри, хомутик для шліфувальних робіт

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5
055	Фрезерна з ЧПК	Вертикально – фрезерний верстат з ЧПК 6Р13Ф3-01	Розміри робочої поверхні столу (ширина х довжину) -400x1600 Найбільше переміщення столу: - повздовжнє - 1000 - поперечне - 400 - вертикальне - 380 Внутрішній конус шпинедля (конусність 7:24) - 50 Частота обертання шпинделя -40-2000 Подача столу, мм/хв - повздовжня, поперечна -10-1200 -вертикальна -10-1300 Потужність ,КВт - 7,5 Розміри,мм 3620x4150x2760	

Таблиця 3.9 - Вибір різального, допоміжного та вимірювального інструментів

№ оп.	Назва операції	Різальний інструмент	Допоміжний інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3	4	5
005	Фрезерно-центрувальна	Фреза 2214-0316 Д= 400; d = 50; L= 66; z=36 Фреза 2214-0161 Д= 250; d = 50; L= 47; z=24	Оправка для фрези, патрон втулка	Шаблон
010 015	Токарна з ЧПК	Різець Seco – DCLNR2525X12JETI; hxb= 25x25, L= 150 Матеріал – TP1501; Пластина: CCGT120408F-AL	Револьверна головка	Штангенциркуль ШЦ-1.0-160/0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 ШЦ-Ш 250-630/0.1
025	Зубофрезерна	Фреза дискова	Оправка	Зубомір Штангенціальний
030 035	Зубо-стругальна	Різець зубостругальний m=20 L 20° P6M5	Спецоправка	Штангензубомір ТО-034-773-79 Крокомір
050 060	Круглошліфувальна	Круг шліфувальний Пп600x63x305 22A16HC16K8	Оправка 7160-XXXX	Калібр – скоби 140k6, 130h6, 125k6
055	Фрезерна	Фреза шпонкова 2234-0001 L= 36; L = 157; l = 32	Втулка	Шаблон

КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД

Арк.

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

3.6 Розрахунок міжопераційних припусків розмірів і припусків на обробку

Таблиця 3.10 – Операційні розміри деталі вал-шестірни

Назва поверхні і технологічний маршрут її обробки	Параметр шорсткості Ra,мкм	Квалітет допуску розміру	Операційні припуски, мкм		Допуск, Т, мм	Операційні розміри, мм	Прийняті розміри, мм
			на сторону	на діаметр			
Зовнішня циліндрична пов. 31Ø125k6							
Розмір заготовки	50	16(h16)	5,0	10,0	5,0	135	135 ^{+3,3} _{-1,7}
Точіння попереднє	6,3	12(h12)	4,77	9,54	0,4	125,46	125,46 _{-0,4}
Точіння остаточне	3,2	9(h9)	0,15	0,3	0,100	125,16	125,16 _{-0,1}
Шліфування попереднє	1,6	7(h7)	0,05	0,1	0,040	125,06	125,06 _{-0,04}
Шліфування остаточне	1.6	6(k6)	0,03	0,06	0,025	125	125 ^{+0,028} _{+0.003}
Зовнішня циліндрична поверхня 23Ø138							
Розмір заготовки	50	16(h16)	6,0	12,0	5,0	150	150 ^{+3,3} _{-1,7}
Точіння	6.3	12(h12)	6,0	12,0	0,4	138	138 _{-0,4}
Зовнішня циліндрична поверхня 27 Ø140k6							
Розмір заготовки	50	16(h16)	5,0	10.0	5,0	150	150 ^{+3,3} _{-1,7}
Точіння чорнове	6,3	12(h12)	4,77	9.54	0,4	140,46	140,46 _{-0,4}
Точіння чистове	3,2	9(h9)	0,15	0,3	0,10	140,16	140,16 _{-0,1}
Шліфування попереднє	1,6	7(h7)	0,05	0,1	0,040	140,06	140,06 _{-0,04}
Шліфування остаточне	0,8	6(k6)	0,03	0,06	0,025	140,0	140 ^{+0,028} _{+0.003}
Торцева поверхня 12 - 781							
Розмір заготовки	50	16(h16)	11	-	8,0	792	792 ^{+5,3} _{-2,7}
Фрезерування	6,3	12(h12)	5,5	-	0,8	781	781 _{-0,8}
Зовнішня циліндрична поверхня 29 – Ø130h6							
Розмір заготовки	50	16(h16)	10,0	20,0	5,0	150	150 ^{+3,3} _{-2,7}
Точіння чорнове	6,3	12(h12)	9,77	19,54	0,4	130,46	130,46 _{-0,4}
Точіння чистове	3,2	9(h9)	0,15	0,3	0,1	130,16	130,16 _{-0,1}
Шліфування попереднє	1,6	7(h7)	0,05	0,1	0,04	130.06	130.06 _{-0,04}
Шліфування остаточне	0,8	6(h6)	0,03	0,06	0,025	130	130 _{-0,025}
Зовнішня циліндрична поверхня 17 – Ø160							
Розмір заготовки	50	16(h16)	4,5	9,0	5,6	169	169 ^{+3,3} _{-1,9}
Точіння чорнове	6,3	12(h12)	4,5	9,0	0,4	160	169 _{-0,4}

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Таблиця 3.11 – Режими різання

Елементи режиму різання	Стадії обробки							
	Чорнова					Чистова		
	№ поверхні							
	20,27	4	23	29	31	20,27	29	31
1.Глибина різання, t,мм	4,77	4,5	6.0	9,77	4,77	0,15	0,15	0,15
2. Таблична подача, S _{от} , мм/об	0,63	0,63	0,63	0.48	0,63	0,31	0,31	0,31
3. Прийнята подача. S _о , мм/об	0,6	0,6	0.6	0,45	0,6	0.22	0,22	0,22
4. Таблична швидкість різання, V _т , м/хв	118	118	118	95	118	395	395	395
5. Скоректована швидкість різання, V, м/хв	67,3	67,3	125	54,2	67,3	225,2	225,2	225,2
6. Фактичні обороти шпинделя, хв. ⁻¹	140	125	140	125	170	500	500	560
7. Фактична швидкість різання, V _ф ,м/хв	61,7	62,8	60,7	51,2	66.8	220	204,4	220
8. Таблична потужність різання. N _т , кВт	10	10	10	17	10	-	-	-
9. Фактична потужність різання. N, кВт	5,2	5.3	5,1	9,2	5,7	-	-	-
10. Хвилинна подача, S _{хв} , мм/хв	84	75	84	56,25	102	110	110	123,2

Норма штучного часу визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{тех} + T_{орг} + T_p \quad (3.4)$$

де T_o – основний час на операцію, хв.;

T_d – допоміжний час, хв.;

$T_{тех}$ – час технічного обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{орг}$ – час організаційного обслуговування робочого місця, хв.;

T_p – час перерв у роботі, хв.

Допоміжний час встановлюємо для кожного технологічного переходу за нормативами:

$$T_{оп} = T_o + T_d, \text{ хв.} \quad (3.5)$$

Час технічного, організаційного обслуговування та час перерв у роботі встановлюється в процентах від оперативного часу.

$$T_{шт} = (T_o + T_d) \cdot \left(1 + \frac{\alpha\beta\gamma}{100}\right), \text{ хв}$$

Операція 010 - Токарна з ЧПК

Норму штучного часу визначаємо за формулою:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_d) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{п}}{100}\right), \text{ хв} \quad (3.6)$$

де $T_{ца}$ – час автоматичної роботи верстата за програмою

$$T_{ца} = \sum T_o + \sum T_{мд} \quad (3.7)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.12 – Час автоматичної роботи верстата за програмою

Дільниця траєкторії або номера позиції інструментів попереднього і робочого положення	Координати, мм		Довжина і-тої дільниці траєкторії Li, мм	Хвилинна подача на і-тій дільниці S, мм/хв	Основний час, То, хв	Машинно- допоміж- ний час, Тмд, хв
	X	Z				
T1 0-1	150	150	212	2000		0,001
1-2	125,46	2	2	2000		
2-3	125,46	-170	170	102	1,66	
3-4	130,46	-170	2,5	56,25	0,04	
4-5	130,46	-230	60	56,25	1,07	
5-6	140,46	-230	5,0	84	0,06	
6-7	140,46	-310	80	84	0,95	
7-8	138	-312	1,23	84	0,014	
8-9	138	-518	206	84	2,45	
9-10	140,46	-518	1,23	84	0,014	
10-11	140,46	-616	100	84	1,19	
T2 0-1	150	150	212	2000		0,106
1-2	121,16	2	2	2000		0,001
2-3	125,16	-2	2	123,2	0,016	
3-4	125,16	-170	168	123,2	1,36	
4-5	130,16	-172	2	110	0,018	
5-6	130,16	-230	60	110	0,545	
6-7	140,16	-232	2,0	110	0,018	
7-8	140,16	-310	80	110	0,727	
8-9	140,16	-310	1,08	110	0,0098	
9-10	138	-518	206	2000		0,103
10-11	140,16	-520	2,0	110	0,018	
11-12	140,16	-616	100	110	0,9	
12-13	156	-616	7,92	110	0,072	
13-14	160	-618	2,0	110	0,072	
14-15	170	-618	5,0	2000		0,0025
15-16	250	150	212	2000		0,106
T3 0-1	150	150	212	2000		0,106
1-2	35,69	2	2	2000		
2-3	35,69	-23	23	264,6	0,0119	
3-4	42	-23	3,155	264,6	0,0119	
4-5	42	-30	7,0	264,6	0,0265	
5-6	65	-30	11,5	2000		0,00575
6-7	150	150	212	2000		0,106
T4 0-1	150	150	212	2000		0,106
1-2	33,232	2	2	2000		
2-3	35,232	-3	3	240	0,0125	
3-4	35,232	-23	20	240	0,083	
4-5	41	-23	2,884	240	0,0120	
5-6	42	-23,5	0,5	240	0,0265	
6-7	42	-30	7	264,6	0,0038	
7-8	51,84	-30,5	1,0	264,6	0,0038	
8-9	65	-30,5	6,53	2000		0,00327
9-10	150	150	212	2000		0,106
11-12	160	-616	9,77	84	0,116	
12-13	160	-666	50	75	0,66	
13-14	170	-666	50	2000		0,0025
14-15	150	150	212	2000		0,106

11,925 0,5365

Допоміжний час

$$T_d = T_{d.вст} + T_{доп} + T_{д.вим,хв.}$$

(3.8)

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Допоміжний час на установку і зняття деталі [42], ч.1, карта 7

$$T_{д.вст} = 3,5хв$$

Допоміжний час , пов'язаний з операцією

$$T_{доп} = 0,15 + 0,03 = 0,18хв$$

Допоміжний час на вимірювання складається з шести замірів граничною скобою, шести замірів штангенциркулем та трьох замірів фасонним шаблоном [42], карта 15.1

$$T_{д.вим} = (0,045 + 0,05 + 0,045 + 0,045 + 0,05 + 0,05) = 1,4хв$$

Сумарний допоміжний час

$$T_{д} = 3,5 + 0,18 + 1,4 = 1,95хв$$

Час на організаційне та технічне обслуговування, перерви складає 8% від оперативного.

Остаточна норма штучного часу:

$$T_{шт} = (11,925 + 0,5365 + 5,25) + (1 + 0,08) = 19,43хв$$

$$T_{пз} = 34,1 + t_{ц}$$

$$T_{шт. к} = 19,43 + \frac{34,1 + t_{ц}}{104} = 19,76хв$$

Таблиця 3.15– Підготовчо – заключний час

№ п/п	Зміст роботи	Карта, позиція, індекс	Час,хв
1.1	1. Організаційна підготовка	Карта 22, поз.1	4,0
	Отримати наряд, креслення, техдокументацію, програмоносій, різальний, вимірювальний, допоміжний інструмент	Поз.3	2,0
1.2	Ознайомитися з роботою, кресленням, техдокументацією	Поз.4	2,0
1.3	Інструктаж майстра		
	$T_{пз1}$		8.0
2.1	2. Наладку верстата, пристроїв, інструмента, програмних пристроїв	Карта 22 поз.8	0,3
2.2	Встановити вихідні режими роботи обробки	Поз.18	1,0
2.3	Встановити різальні інструменти в револьверній головці		
2.4	Набрати програму	Поз.24	0,4х1
2.5	Встановити вихідні координати X та Z	Поз.25	2,5
2.6	Налагодити пристрій для подачі МОР		
	$T_{пз2}$		14.6
	3 Пробна обробка	Карта 28	8,8+тц
	Деталь точна (має поверхню з допусками на діаметр вище (II квалітета)	Поз.6	
	$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пз3}$		34,1 + тц

Операція 055 -Фрезерна

Визначення часу циклу автоматичної роботи верстата за програмою.

$$T_{ца} = T_o + T_{мд}, хв$$

(3.9)

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ца}} = 4,12 + 0,52 = 4,64 \text{хв}$$

Визначення норми штучного часу.

Допоміжний час на установку і зняття деталі

$$T_{\text{уст}} = 1,1 \text{хв}$$

Час на закріплення і відкріплення деталі

$$T_{\text{дуст}} = 0,75 \text{хв}$$

Допоміжний час, пов'язаний з операцією

$$T_{\text{доп}} = 0,6 + 1,33 + 0,04 + 0,3 + 0,2 + 0,35 + 0,04 = 1,73 \text{хв}$$

Допоміжний час на контрольні вимірювання

$$T_{\text{д вим}} = 0,22 \text{хв}$$

Сумарний допоміжний час

$$T_{\text{д}} = 1,1 + 0,75 + 1,73 + 0,22 = 3,8 \text{хв}$$

Допоміжний час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок

$$\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{відп}} = 9\% \quad (3.10)$$

Остаточна норма штучного часу

$$T_{\text{шт}} = + (4,64 + 3,8) \cdot 1,09 = 9,2 \text{хв}$$

Підготовчо – заключний час

$$T_{\text{пз}} = 36,6 \text{хв}$$

Норма штучно – калькуляційного часу

$$T_{\text{штк}} = 9,2 + 36,3/104 = 9,45 \text{хв}$$

Таблиця 3.16– Підготовчо – заключний час

№ оп	Зміст роботи	Карта, позиція, індекс	Час,хв
1	Організаційна підготовка Тпз1	Карта 26, поз.1,3,4	4+2+2
2	Наладка верстата, пристосування, інструмента, програмних пристроїв		8,0
3	Переналагодження пристрою УСП на другу деталь	Карта 26 Поз. 17	3,0
4	Перемістити стіл в зону, зручну для налагодження	Поз.20	0,3
5	Встановити вихідні режими роботи верстата	Поз.21	0,2
6	Встановити інструментальні блоки в револьверній головці	Поз. 22	0,4
7	Встановити програмоносій	Поз.24	1,0
8	Перевірити працездатність лічильного пристрою	Поз.25	0,5
9	Встановити вихідні координати X,Y	Поз.28	3,0
	Встановити інструмент на довжину обробки (вісь Z) Тпз2	Поз.30	1,1
	Пробна обробка Фрезерування паза в=36Н9 lп=160мм	Карта 33 поз.10	9,5 18,8

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}} + T_{\text{пз3}} = 36,3 + t_{\text{ц}} \quad (3.11)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-12.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

4.1 Аналіз вихідних даних. Вибір способу обробки і типу верстату

4.1.1 Аналіз вихідних даних

Проектування спеціального верстатного пристрою.

Технічне завдання.

Розробка ескізу механічної обробки деталі на рисунку 4.1.

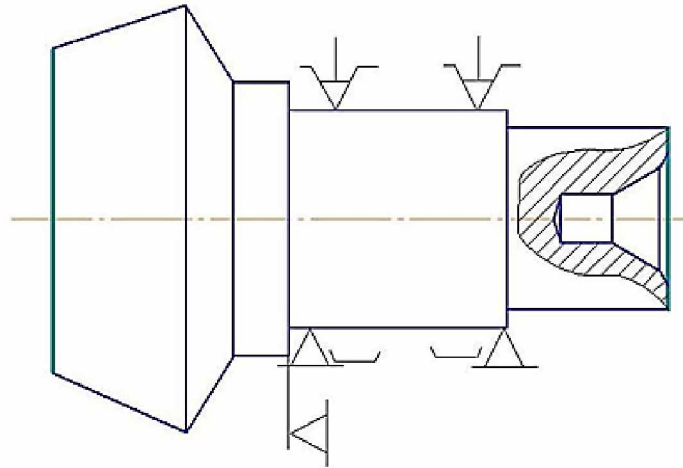


Рисунок 4.1 – Ескіз механічної обробки

4.1.2 Вибір способу обробки і типу верстата

Вибираємо металорізальний верстат. Фрезерно – центрувальний верстат мод.2Г942:

- найбільший діаметр встановлююмого виробу – 200мм;
- довжина встановлююмого виробу – 250...1000мм;
- потужність електродвигуна 7,5 - кВт.

4.1.3 Вибір схеми базування деталі

Для забезпечення необхідної точності обробки заготовці повинно бути надано визначене положення відповідно різального інструмента і в цьому положенні деталь повинна бути надійно закріплена.

Базування деталі вал-шестірна здійснюється по зовнішнім циліндричним поверхням.

Деталь встановлюється в призми, затискається механізованим приводом.

Установочні опорні призми - основні опори пристосувань для установки деталей зовнішніми циліндричними поверхнями.

					КНУ.КБР.131.25.1-12.04.ПІАРІ		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Проектування технологічного оснащення		
Розроб.	Килиш						
Перевір.	Кіянівський						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-21		

Вал – шестірня розташовується в пристосуванні за допомогою двох опорних шийок. У зв'язку з цим в якості подвійної напрямної бази виступає сукупність шийок вал- шестірні. Опорні точки розташовуються попарно в двох взаємоперпендикулярних позиціях. Положення вал-шестірні уздовж осі обмежено одним з внутрішніх торців деталі.

Розрахунок похибки базування.

Згідно аналізу схеми базування деталі, виконуємо розрахунок дійсного значення похибки базування.

Похибка базування у нашому випадку $\varepsilon_\delta = 0$

4.2 Силевий розрахунок пристосування

На підставі засобу базування деталі та розміщення устновочних елементів, визначаємо місце прикладання сил затиску деталі та здійснюємо розрахунок її величини.

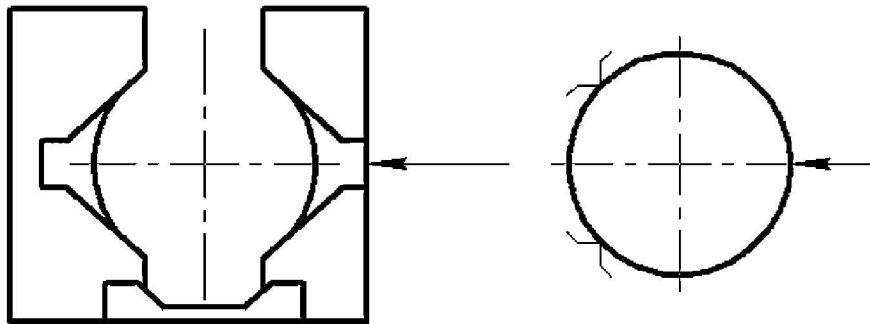


Рисунок 4.2 – Схема прикладання сил затиску

Згідно рішення задачі статички на рівновагу твердого тіла під дією всіх прикладених до нього сил і елементів, визначаємо величину від сил різання, моментів, сил тертя та інших.

В процесі виконання фрезерно – центрувальної операції:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y B^n \cdot Z}{D^q n^w} \cdot K_{mp}, H \quad (4.1)$$

де Z - число зубів фрези;

n – частота обертання фрези, $хв^2$;

$C_p = 825$

$x = 1,0$

$y = 0,75$

$n = 1,1$

$q = 1,3$

$W = 0,2$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 5,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 290^{1,1} \cdot 36}{400^{1,3} \cdot 40^{0,2}} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 825 \cdot 5,5 \cdot 0,178 \cdot 491,9 \cdot 36}{2413 \cdot 2,09} \cdot 0,96 = 27226 H$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma}{750} \right)^n = \left(\frac{700}{750} \right)^{0,3} = 0,96 \quad (4.2)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-12.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Визначаємо силу затиску

$$W = Pz \cdot K_{\text{зап}}, \text{ Н} \quad (4.3)$$

де $K_{\text{зап}}$ - коефіцієнт запаса

$$K_{\text{зап}} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (4.4)$$

$K_0 = 1.5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,2$

$K_2 = K_3 = K_4 = K_5 = K_6 = 1$

$K_{\text{зап}} = 1.5 \cdot 1,2 = 1,8$

Сила затиску

$$W = 27226 \cdot 1,8 = 49006,8 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр поршня гідроциліндра за формулою

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,01 \cdot 785}} \quad (4.5)$$

де F – площа поршня, см^2

$$F = \frac{Q}{100 \cdot \rho \cdot \eta} \quad (4.6)$$

де Q – зусилля затиску, $Q = 49006,8 \text{ Н}$

ρ – оптимальний тиск, $\rho = 18 \text{ Мпа}$;

η – кпд гідроциліндра, $\eta = 0,9$

$$F = \frac{Q}{100 \cdot 18 \cdot 0,9} = \frac{49006,8}{100 \cdot 18 \cdot 0,9} = 30,25 \text{ см}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{30,25}{0,01 \cdot 0,785}} = 62,07 \text{ мм}$$

Приймаємо за стандартом $D_{\text{ц}}$

$$D_{\text{ц}} = 65 \text{ мм}$$

За цим значенням вибираємо конструктивні розміри гідроциліндра, який є невід'ємною частиною гідравлічного затискного пристрою.

В якості базових елементів пристрою вибираємо призми, які є основними установочними елементами для деталей типу вал.

4.3 Розрахунок пристрою на точність

Для розрахунку точності пристрою використовуємо формулу:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T - K_T \sqrt{(K_{\kappa 1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{ni}^2 + \varepsilon_i^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2} \quad (4.7)$$

де T - допуск виконуваного розміру;

ε_{δ} , ε_3 , ε_y , ε_i , ε_{ni} – похибка базування, закріплення, установки, розташування через зношення установочних елементів та від перекосу інструмента;

ω – економічна точність обробки;

$K_T = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілення.

$K_{T1} = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на настроєних верстатах;

					КНУ.КБР.131.25.1-12.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

K_{T2} – коефіцієнт, який враховує долю похибки обробки в сумарній похибці, що виникає через фактори, які не залежать від пристрою.

Розрахунок пристрою на точність зводимо у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Розрахунок пристрою на точність

Точність	Розрахунок точності
Розрахунковий параметр	$781_{-0,97}$
Закріплення	$\varepsilon_3 = 0,08$
Установки	$\varepsilon_3 = \ell \cdot S / \ell_{\text{шп}} = \frac{32 \cdot 0,05}{300} = 0,0053$ $\ell = 32$ – довжина шпонкового пазу $S = 0,05$ – максимальний зазор між шпонкою пристрою та Т-подібним пазом верстата
Базування	$\varepsilon_8 = 0$
Зношення установочних елементів	$\varepsilon_{\text{и}} = U / \sin \alpha$ $U = U_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$ $U_0 = 0,115$ $k_1 = 0,97$ – для заготовок зі сталі $k_2 = 1,0$ – для універсального обладнання $k_3 = 0,94$ – для обробки з МОР $k_4 = 2,8$ – для $N = 1000$ $\varepsilon_{\text{и}} = 0,115 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 2,8 \cdot \frac{1000}{100 \cdot 103} = 0,0029$
Економічна точність обробки	$W = 0,036$ – для фрезерування по 9-му квалітету
Допустима виготовлення пристрою	$[\varepsilon]_{\text{пр}} = 0,97 - 1,2 \sqrt{0,0053^2 + 0,08^2 + 0,0029^2 + 0,036^2} =$ $= 0,97 - 1,2 \sqrt{0,000028 + 0,0064 + 0,0000084 + 0,001296} =$ $= 0,97 - 0,1056 = 0,86$

4.4 Проектування контрольного пристрою

Контрольно - вимірювальні пристрої призначені для перевірки розмірів, для геометричної форми та взаємного розташування поверхонь виготовлюваних виробів.

Контрольно – вимірювальні пристрої дають змогу підвищувати продуктивність праці, якість виробів, поліпшувати умови праці, знижувати вартість виробів, зменшувати кількість бракованих виробів.

Технічне завдання: розробити пристрій для контролю відхилення.

Виконуємо вибір або розробку схеми контролю відносно вимог по точності відхилення форми і розташування поверхонь деталі. При виборі схеми контролю слід поєднувати установочну базу з вимірювальною, тому що при невиконанні цих умов виникає похибка базування і вимірювання.

					КНУ.КБР.131.25.1-12.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

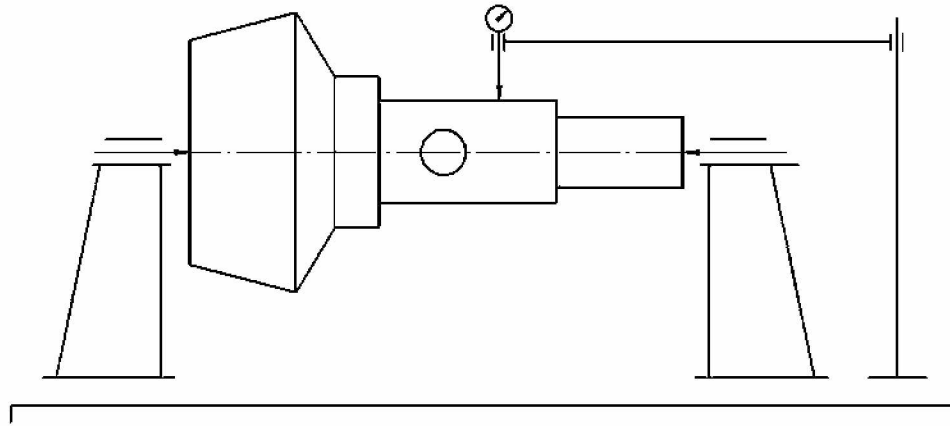


Рисунок 4.3 – Схема контрольного пристрою

Допустиму сумарну похибку вимірювання визначаємо за формулою:

$$\varepsilon = \varepsilon_y = \frac{1}{K_y} \sqrt{(K_\delta \cdot E_\delta)^2 + (K_z \cdot E_z)^2 + (K_{np} \cdot E_{np})^2} \quad (4.8)$$

де $\varepsilon_\delta, \varepsilon_z$ і ε_{np} – похибка відносно базування, закріплення виробів у пристроях та виготовлення самих пристроїв;

K_δ, K_z і K_{np} – коефіцієнти розсіювання перелічених похибок.

Враховуючи, що ε_{np} є величиною систематичною, а ε_z відсутня, формула має вид

$$\varepsilon = \varepsilon_\delta \leq \eta T; \quad (4.9)$$

де T – допуск деталі.

Визначаємо допустиму похибку контролю за наступною формулою :

$$[\Delta] = 0,3 \cdot 0,025 = 0,0075 \text{ мм}$$

$$0,0075 = \Delta_{ве} + \sqrt{0,00125^2 + 0,002^2}$$

$$\Delta_{ве} = 0,0075 - 0,0064$$

$$\Delta_{ве} = 0,0011 \text{ мм}$$

Похибка пристрою забезпечує вимірювання даного розміру із зазначеним допуском.

Похибка встановлення установочних елементів не перевищує 0,0011 мм.

					КНУ.КБР.131.25.1-12.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для реалізації токарної обробки було розроблено керуючу програму та змодельовано повний технологічний процес із використанням програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM. Обробка здійснюється на токарному верстаті з числовим програмним керуванням MAST ML 500x1000 SH8. Повні технічні характеристики цього верстата наведено в розділі 3, а його загальний вигляд представлено на рисунку 5.1.



Рисунок 5.1 – Загальний вигляд верстату MAST ML 500x1000 SH8

Верстат керується системою Siemens Sinumerik 808D:

Тип системи: Панельна система ЧПК "все-в-одному".

Апаратне забезпечення: компактна панель з вбудованим ПЛК, сервосистемою та інтерфейсами.

Програмне забезпечення: мова програмування – стандартна мова DIN 66025 (ISO-код), макropідпрограми.

Режими роботи: ручний (JOG); напівавтоматичний (MDI); автоматичний (AUTO); редагування (EDIT).

Функції ЧПК: лінійна та кругова інтерполяція.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-12.05.МПОМО</i>				
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.	Архивіш	
Розроб.		<i>Куліш</i>							
Перевір.		<i>Кіянiвський</i>							
Реценз.									
Н. контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>			
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>							

Функції корекції інструменту: підтримка G-кодів (G0, G1, G2, G3, G17–G19, G40–G49, G90–G91 тощо); обробка циклів (G81–G89 – свердління, розгортання, нарізання різьби).

Переваги SINUMERIK 808D:

- простота налаштування та обслуговування;
- низька ціна при великій функціональності;
- надійність завдяки індустріальному виконанню;
- швидке навчання операторів завдяки тренажеру;
- повна інтеграція з CAD/CAM через постпроцесори.

SINUMERIK 808D – це оптимальне рішення для базових верстатів із ЧПК, де необхідна надійність, точність, простота у користуванні та невисока вартість. Вона ідеально підходить для навчання, прототипування або невеликих серій виробництва.

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

У процесі створення керуючої програми для обробки деталі «Вал-шестірня» було виконано поетапне моделювання всього технологічного маршруту в середовищі FeatureCAM. З урахуванням технічних параметрів верстата MAST ML 500x1000 SH8 та характеристик металорізального інструменту (див. розділ 3) сформовано оптимальну послідовність обробних операцій. Також проведено перевірку прийнятих технологічних рішень на предмет їх коректності й доцільності.

На рисунках 5.2-5.9 подано ключові етапи симуляції обробки деталі «Вал-шестірня» та результати моделювання, які підтверджують відповідність розробленого технологічного процесу вимогам до точності та ефективності.

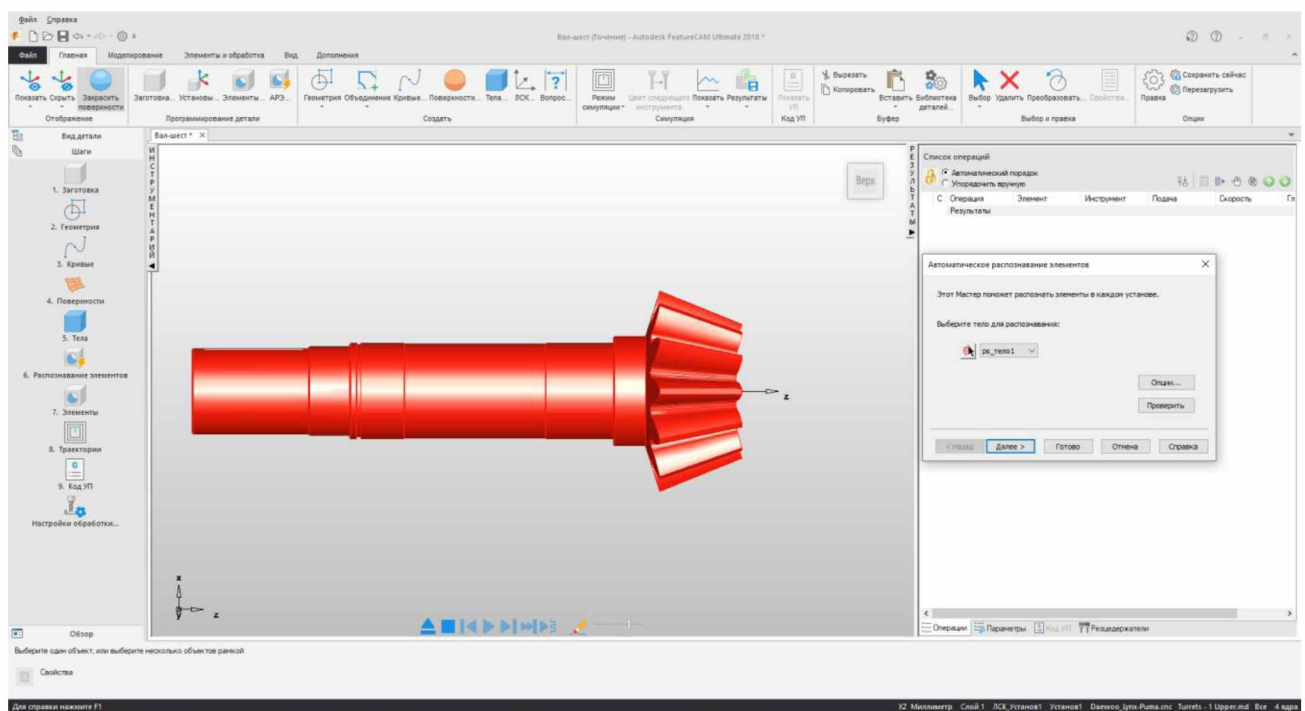


Рисунок 5.2 – Модель деталі «Вал-шестірня» у вікні FeatureCAM

					КНУ.КБР.131.25.1-12.05.МПОМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			

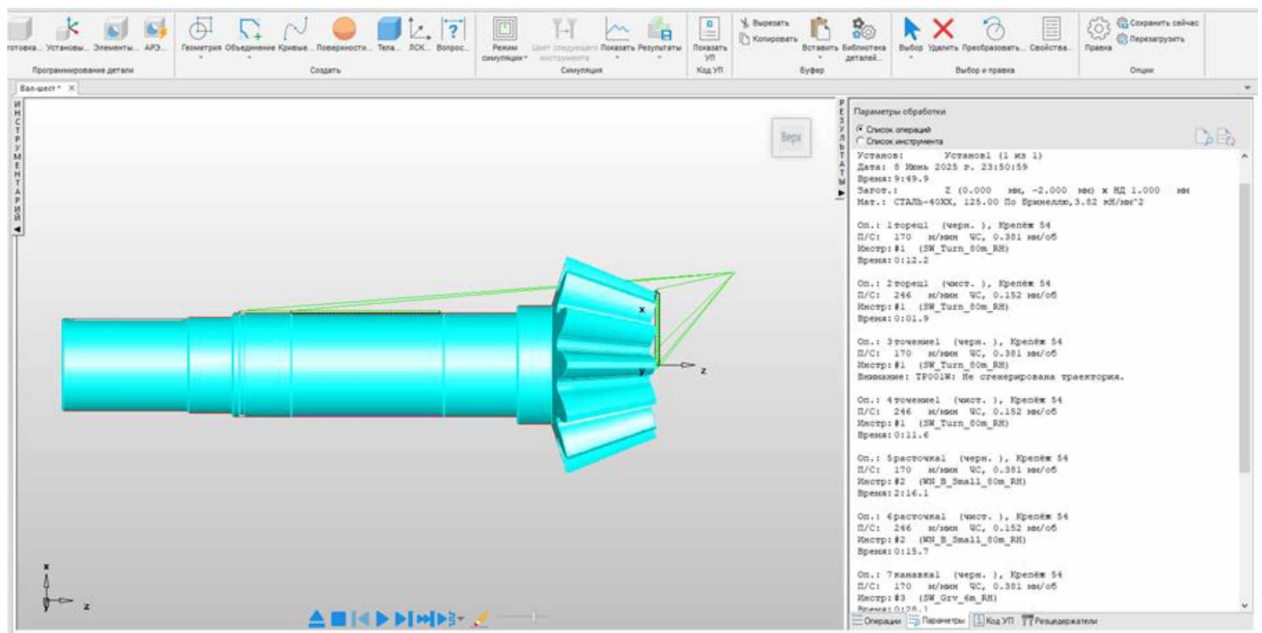


Рисунок 5.3 – Траектория ruchu інструмента та параметри обробки

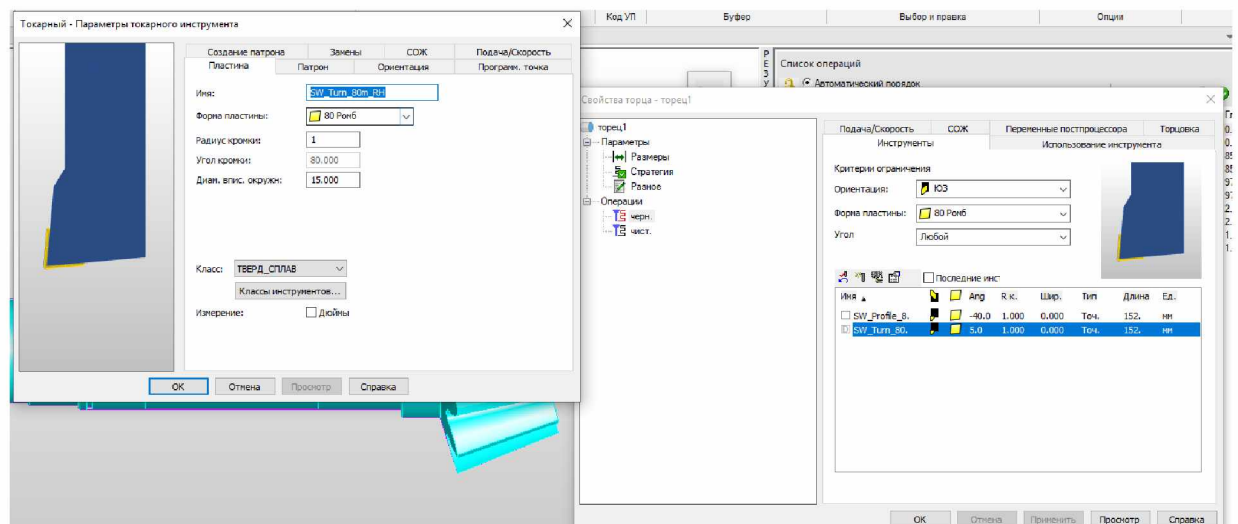


Рисунок 5.4 – Підбір різального інструменту у FeatureCAM – різець прохідний

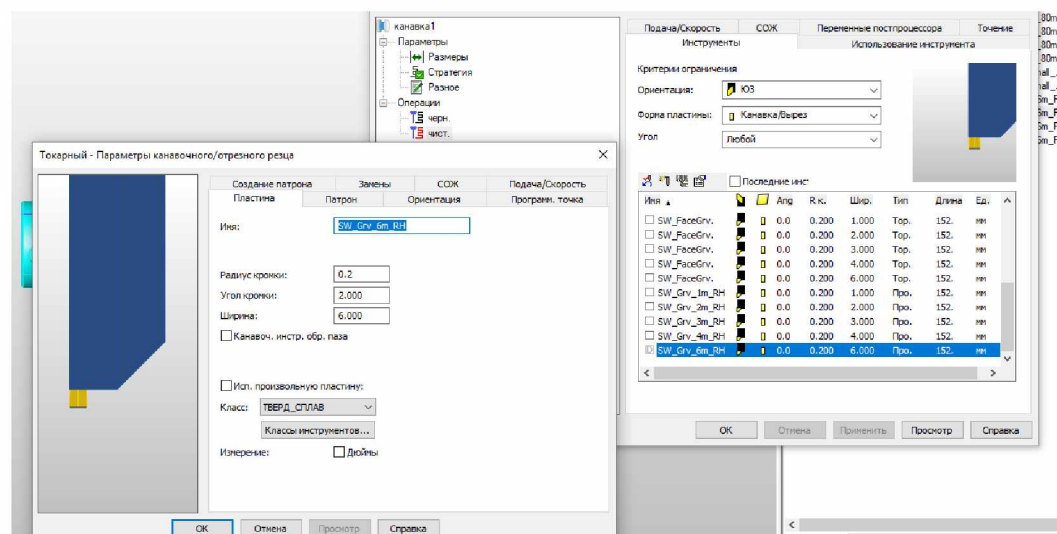


Рисунок 5.5 – Підбір різального інструменту в FeatureCAM – різець канавочний

					КНУ.КБР.131.25.1-12.05.МПОМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

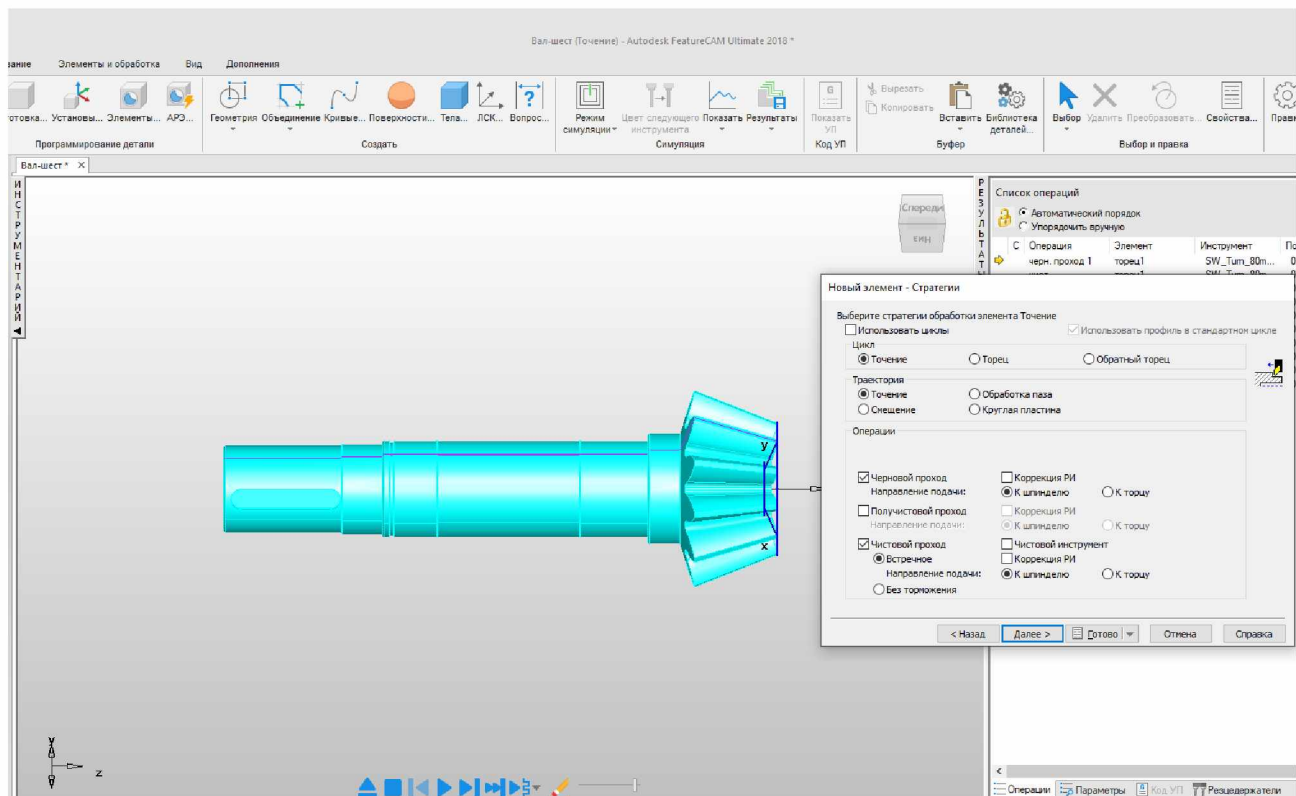


Рисунок 5.6 – Вибір стратегії обробки

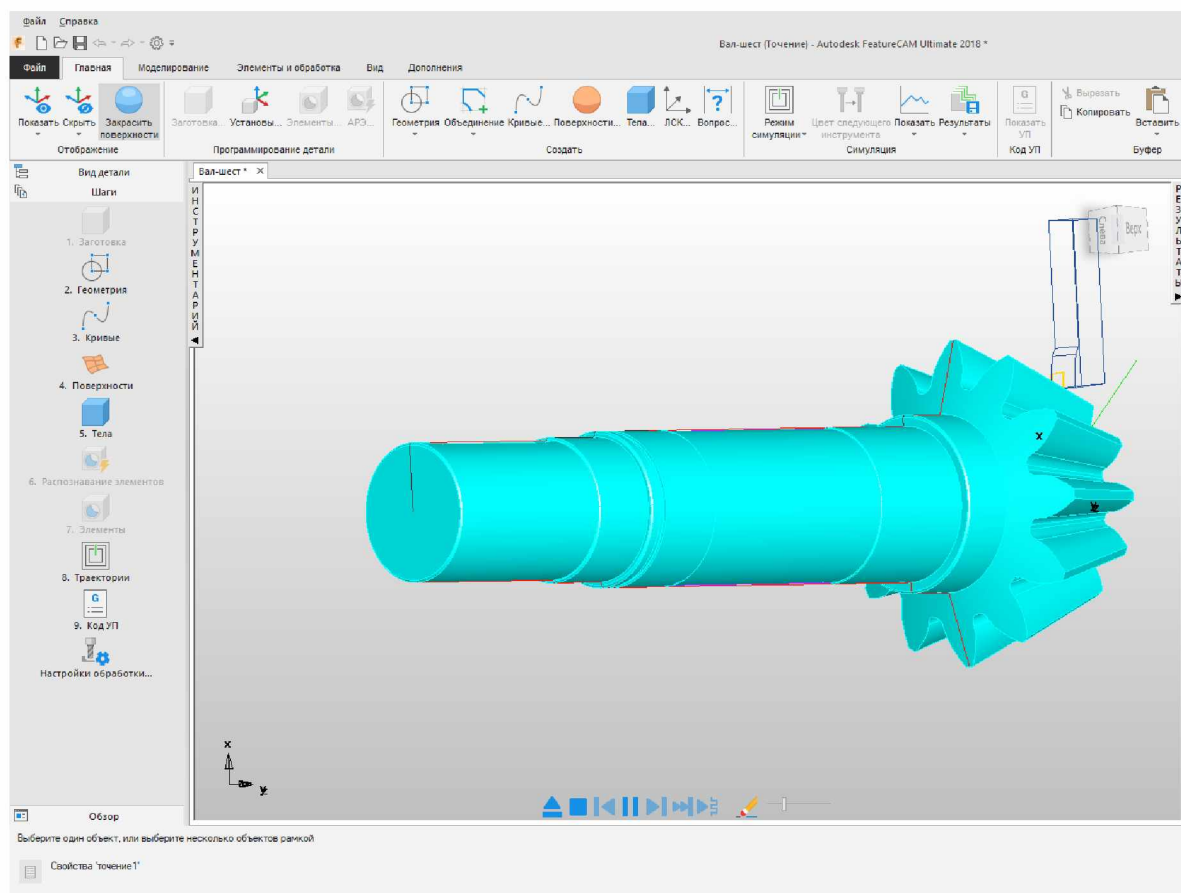


Рисунок 5.7 – Процес обробки деталі в FeatureCAM різцем прохідним

					КНУКБР.131.25.1-12.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

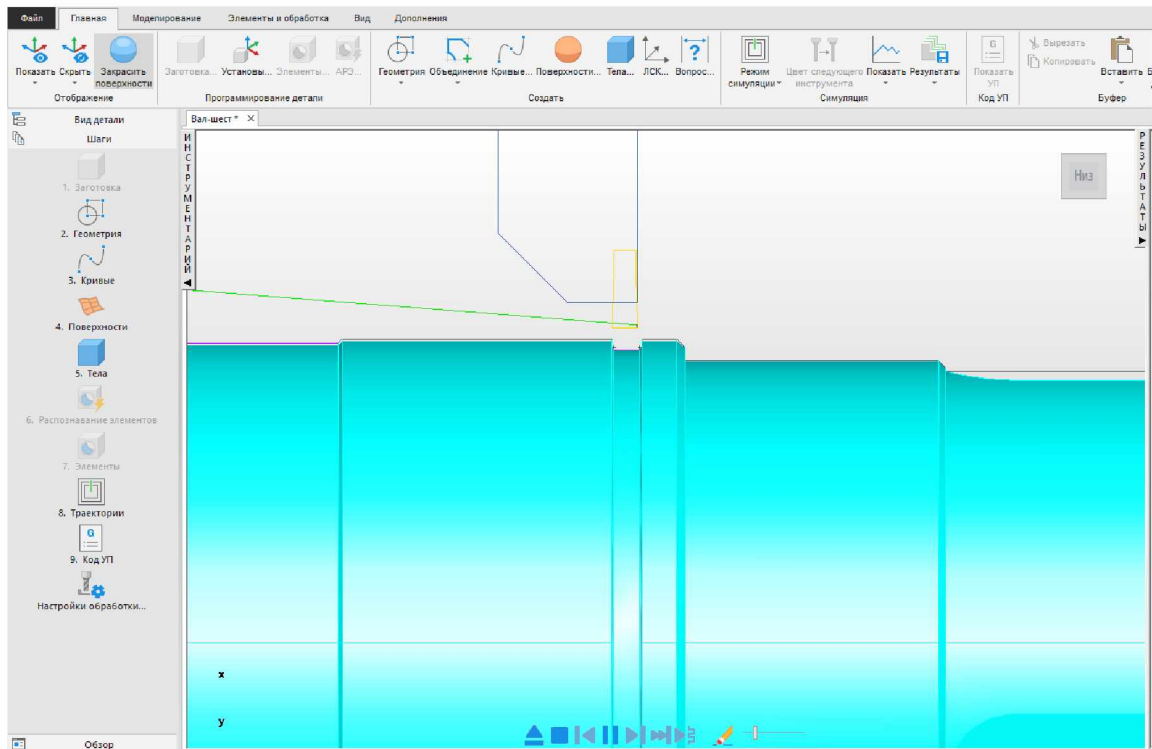
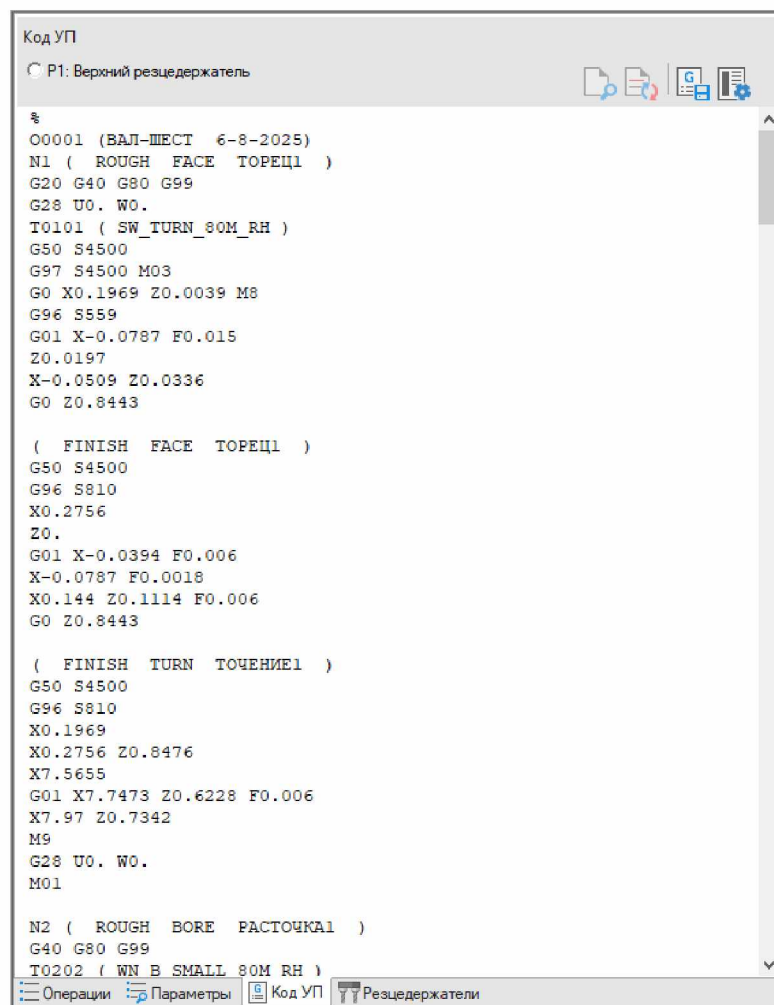


Рисунок 5.8 – Процесс обработки детали в FeatureCAM резцом канавочным



6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено економічне обґрунтування виготовлення деталі «Вал-шестерня» на основі порівняльного аналізу двох альтернативних варіантів технологічної обробки. У межах дослідження здійснено оцінку доцільності модернізації виробничого процесу шляхом заміни морально та фізично застарілого обладнання (верстати моделей 1A64 і 16K20) на сучасний токарний верстат з числовим програмним керуванням – MAST ML 500x1000 SH8.

Аналіз охоплює розрахунок собівартості, обсягу інвестицій, річного економічного ефекту та строку окупності проекту. Відповідні дані структуровано в таблицях 6.1–6.4.

В таблиці 6.1 міститься вся інформація про вихідні дані для проведення розрахунків.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	16K20	1A64		MAST ML SH8
Деталь				
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	2000			2000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20			20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3			3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	12	19		12
Час наладки верстата, хв.	16	16		22
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту	5			5
	4	3		2
	3	3		5
	4	4		4
Кількість кадрів програми, шт.				300
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	3455			3455
Вартість комплекту спец. пристосувань $K_{пр}$, грн	50000	50000		70000

					КНУ.КБР.131.25.1-12.06.0ЕПВ		
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Килиш				Організаційно- економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.
Перевір.	Кіянговський						Арк.шіф
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-21	
Зав. каф.	Рязанцев						

Продовження таблиці 6.1

Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	1,5	1,5		1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	60		120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1		3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному K_T	0,083	0,083		0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.				8,9
Вартість розробки ПК $K_{пк}$, грн.				2670
Середньочасова зарплатня робітника, грн:				
верстатника $H_{ст}$	130	130		130
наладчика $H_{нал}$	135	135		135
наладчика інструмента $H_{ін}$	120	120		120
контролера H_k	115			115
Верстати				
Клас точності верстата	Н	Н		А
Маса верстата, т	6,875	11,4		2
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,545 x 2,01	5,825 x 2		2,45x 1,45
Габарити пристрою ЧПК, м				0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК				Sinumerik 808D
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рл}$, років	7	7		10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	17	14		7,5
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:				
механічної частини R_m	18,6	27,7		26,86
електротехнічної частини R_e	13,4	14		18,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1	1		2

					КНУ.КБР.131.25.1-12.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Оптова ціна верстата Π , грн.	295000	425000			2010000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,35	0,55			0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	9,0	11,7			10,0
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини Π_m	401	401			272
електротехнічної частини Π_e	86	86			60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	0	0			1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	3,5			3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1			1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	4055	3975			3935
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{плзд.}$, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення $\Pi_{сл. поб.}$, грн	1000				1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого A_6 , м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $\Pi_{пл}$, грн.	180	180			200

В таблиці 6.2 наведено допоміжні розрахункові показники.

					КНУ.КБР.131.25.1-12.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	16K20	1A64		MAST ML SH8
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	400	400		1300
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5,33333	5,333333		7,333333333
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0	0,00		20,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	33,2	33,2		107,9
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,22	0,22		0,35
(дійсна)	1	1		1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0029		0,0039
(дійсна)	1	1		1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0	0,0000		0,01075
(дійсна)	0	0		1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,02	0,02		0,06
(дійсна)	1			1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00		0,17
(дійсна)	0	0		1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	5			5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,29	0,18		0,35

В таблиці 6.3 показано розрахунок собівартості річного обсягу виготовлення та необхідних капіталовкладень, а в табл. 6.4 – наведено загальні витрати, очікуваний річний економічний ефект і строк окупності інвестицій.

					КНУ.КБР.131.25.1-12.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей															
$C = I_3 + I_n + I_{in} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k$															
де I_3 – зарплатня верстатника; I_n – зарплатня за наладку верстата; I_{in} – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{пк}$ – 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															
										<table><tr><td>C_1 на деталь =</td><td>134,85</td></tr><tr><td>C_2 на деталь =</td><td>123,39</td></tr></table>		C_1 на деталь =	134,85	C_2 на деталь =	123,39
C_1 на деталь =	134,85														
C_2 на деталь =	123,39														
I_3	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k				
$C_1 = 171344 + 2264,37 + 0,00 + 0,00 + 37333,3 + 0 + 8277,84 + 3163,55 + 35000 + 4675,4 + 0 + 7636,00 = 269694,63$															
$C_2 = 140449 + 1556,76 + 234,00 + 890,00 + 26133,3 + 0 + 21092,94 + 3024,00 + 35000 + 5309,1 + 681,95 + 12408,50 = 246779,71$															
Капітальні вкладення споживача															
$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$															
де K_6 – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.															
K_6	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$										
$K_1 = 176826 + 8788 + 35000 + 492009 + 100000 + 0 = 812623$															
$K_2 = 397980 + 3216 + 28000 + 379803 + 70000 + 2670 = 881669,20$															

Таблиця 6.4 – Показники приведених витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності

Приведені витрати			
$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$			
391588	269695	0,15	812623
$Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$			
379030	246780	0,15	881669

Річний економічний ефект		
$E = Z_1 - Z_2$		
12558	391588	379030

Строк окупності			
$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
3,01	881669	812623	269695 246779,7

					КНУ.КБР.131.25.1-12.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

За результатами дослідження встановлено, що впровадження сучасного ЧПК-обладнання дозволяє істотно зменшити тривалість обробки деталей. Модернізація є економічно доцільною: строк окупності інвестицій становить 3,01 року, а прогнозований річний економічний ефект – 12558 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці при зубофрезерних операціях

Сучасне промислове виробництво, зокрема машинобудування, неможливе без застосування високоточних методів обробки деталей. Одним із найважливіших процесів є зубофрезерування – технологія, що використовується для виготовлення зубчастих передач, які широко застосовуються у транспортній, авіаційній, оборонній та енергетичній галузях.

В умовах індустріального розвитку підвищується увага до екологічної безпеки виробництва та забезпечення належного рівня охорони праці. Зубофрезерні операції, як і інші види механічної обробки, створюють екологічні виклики: утворення відходів, використання шкідливих речовин (мастильно-охолоджувальних рідин), забруднення повітря робочої зони та надмірний рівень шуму. Окрім цього, працівники, задіяні у виконанні таких операцій, піддаються ризику травмування, отруєння або професійних захворювань, що вимагає посиленої уваги до організації безпечних умов праці.

Метою цього дослідження є аналіз екологічних наслідків зубофрезерного виробництва та розробка заходів з охорони праці, які дозволяють зменшити шкідливий вплив технологічного процесу на людину і довкілля. Особливу увагу приділено оцінці ефективності впровадження сучасних технологій і нормативно-правових регламентів у галузі охорони праці.

Зубофрезерування є методом обробки зубчастих коліс шляхом знімання металу спеціальними інструментами – фрезами. Залежно від конструкції фрези та типу передачі застосовують циліндричні, дискові, модульні, черв'ячні або комбіновані фрези. Процес потребує високої точності позиціонування, жорсткості верстата та правильного вибору режимів обробки.

Типовими особливостями зубофрезерного процесу є:

- високий рівень зносу інструменту;
- значна кількість стружки;
- інтенсивне використання МОР для охолодження і змащування;
- тривалі цикли обробки на великих верстатах.

Ці фактори формують потенційні джерела небезпеки як для працівників, так і для довкілля.

6.2.1 Екологія виробництва при зубофрезерних операціях

Екологічні проблеми при зубофрезеруванні зумовлені кількома чинниками:

Мастильно-охолоджувальні рідини (МОР): більшість МОР містять нафтові компоненти, емульгатори, антикорозійні домішки, які забруднюють воду й повітря. При роботі утворюються аерозолі, що вдихаються працівниками.

					КНУ.КБР.131.25.1-12.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Стружка та мікрочастки металу: при недостатній організації збору та утилізації, вони потрапляють у навколишнє середовище, створюючи додаткове пилове та хімічне забруднення.

Енергоспоживання: старі моделі верстатів мають низьку енергоефективність, що збільшує викиди CO₂ при виробництві електроенергії.

Шляхи зниження екологічного впливу.

Аналітика сучасних підприємств показує, що впровадження навіть базових екомодернізацій дозволяє суттєво знизити негативний вплив:

Заміна традиційних МОР на біорозкладні – знижує рівень токсичності на 35–60%;

Замкнуті системи фільтрації МОР – дозволяють зменшити їх споживання до 50%;

Автоматизовані стружкозбірники – знижують витрати на прибирання та зменшують викиди пилу;

Модернізація верстатного парку – дає змогу знизити енергоспоживання на 20–40%.

6.2.2 Охорона праці при виконанні зубофрезерних операцій

Працівники під час зубофрезерування піддаються таким основним виробничим небезпекам:

Механічні травми: контакт з обертовим інструментом або незакріпленими деталями;

Хімічні ураження: випари МОР та контакт із шкірою;

Шум: перевищення допустимого рівня 85 дБ, що може спричинити втрату слуху;

Вібрації: негативно впливають на нервову та опорно-рухову системи;

Пожежонебезпека: мастила є займистими матеріалами.

Заходи безпеки.

На основі аналізу практики підприємств машинобудування сформовано типову систему заходів охорони праці:

Технічні заходи: встановлення кожухів, аварійних кнопок, систем вентиляції, систем пиловидалення;

Організаційні заходи: інструктажі, періодичні медогляди, планування робочих змін;

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): респіратори, окуляри, рукавички, спецодяг;

Контроль та аудит: внутрішній нагляд за дотриманням норм, перевірки Держпраці, впровадження системи менеджменту безпеки праці (наприклад, ISO 45001).

6.2.3 Нормативне забезпечення

Усі аспекти екологічної безпеки та охорони праці регулюються законами України та міжнародними стандартами:

					КНУ.КБР.131.25.1-12.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Закон України «Про охорону праці» – встановлює загальні вимоги до умов праці.

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» – регламентує поведінку з відходами та шкідливими речовинами.

ДСТУ ISO 14001 – система екологічного менеджменту.

ДСТУ ISO 45001 – система управління охороною здоров'я та безпекою праці.

Проведений аналіз засвідчив, що зубофрезерне виробництво, попри його важливість для промисловості, створює низку екологічних і трудових ризиків. Стандартні процеси, які раніше не викликали зауважень, у світлі сучасних вимог екологічної та соціальної відповідальності мають бути переосмислені.

Аналітичні дані демонструють, що:

Впровадження замкнених систем обігу МОР може скоротити шкідливі викиди на 40–50%;

Системна модернізація верстатного парку дозволяє зменшити виробниче енергоспоживання на 30%;

Забезпечення працівників сучасними ЗІЗ знижує ризик професійних захворювань на 60–70%.

Для досягнення сталого розвитку необхідно синхронно вирішувати завдання підвищення продуктивності, зниження екологічного сліду та збереження здоров'я персоналу. Цьому сприяють сучасні технології, нові стандарти безпеки, системний підхід до управління виробництвом і відповідальне ставлення з боку керівництва підприємств.

					КНУ.КБР.131.25.1-12.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи на тему «Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал-шестерня» редуктора механізму подрібнення ливарних сумішей за допомогою CAD/CAM систем» було вирішено комплекс завдань, спрямованих на підвищення ефективності виготовлення складної машинобудівної деталі з урахуванням сучасних технологічних підходів.

У першому розділі проведено аналіз вихідних даних, розкрито функціональне призначення деталі «Вал-шестерня», яка є важливою складовою редуктора механізму подрібнення ливарних сумішей. Визначено конструктивні особливості та виконано розрахунок розмірних ланцюгів, що дозволило забезпечити точність і надійність роботи деталі в складі механізму.

У другому розділі проаналізовано службові вимоги до деталі, якісні характеристики поверхонь та розроблено типовий технологічний процес її виготовлення. Це дозволило обґрунтувати раціональну послідовність обробки з урахуванням вимог до точності та чистоти поверхонь.

У третьому розділі здійснено вибір заготовлі – поковки штампованої, що відповідає вимогам міцності та дозволяє знизити обсяг механічної обробки. Також обґрунтовано вибір технологічних баз і розроблено маршрут обробки деталі, що включає фрезерно-центрувальні, токарні (з ЧПК), зубофрезерні, зубострогальні, шпонковофрезерні та круглошліфувальні операції.

У четвертому розділі спроектовано спеціальне технологічне оснащення для надійної фіксації деталі в процесі обробки (встановлення в призми з механізованим затискачем), а також розроблено контрольний пристрій для перевірки радіального биття. Це дозволило забезпечити стабільну якість і контроль відповідальних розмірів.

У п'ятому розділі виконано комп'ютерне моделювання та програмування механічної обробки деталі на основі CAD/CAM системи Autodesk FeatureCAM. Зокрема, розроблено програму токарної обробки для верстата MAST ML SH8, що забезпечує автоматизацію та підвищення точності виробництва.

У шостому розділі здійснено розрахунки основних техніко-економічних показників. Встановлено доцільність впровадження сучасного верстату, оскільки строк окупності інвестицій складає 3,01 роки, а економічний ефект – 12558 грн. Розглянуто питання охорони праці та екологічної безпеки при виконанні зубофрезерних операцій, що є важливим аспектом сучасного виробництва.

У роботі реалізовано ефективну конструкторсько-технологічну підготовку виробництва деталі «Вал-шестерня» із застосуванням сучасних CAD/CAM технологій, що сприяє підвищенню продуктивності, якості та економічної доцільності виготовлення. Отримані результати можуть бути використані на підприємствах машинобудівної галузі.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-12.B</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Куліш</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Кіяновський</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>						
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>Архів</i>	
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Пікільняк А.В., Цивінда Н.І., Бондар О.В., Рязанцев А.О., Кравцова Д.Ю. 2022. Кривий Ріг, КНУ.

2. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.

3. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.

4. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.

5. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення

6. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.

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

8. Каталог інструментів фірми SUMITOMO: «Токарна обробка», 2015р.

9. Каталог допоміжного інструменту фірми EROGLU.

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

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

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

13. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-12.СВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>		
Розроб.	Кцліш						
Перевір.	Кіяновський						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>		

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: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Вал-шестерня» редуктору механізму подрібнення ливарних
сумішей за допомогою CAD/CAM систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Євгеній КУЛІШ

Керівник КБР

(підпис)

Микола КІЯНОВСЬКИЙ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

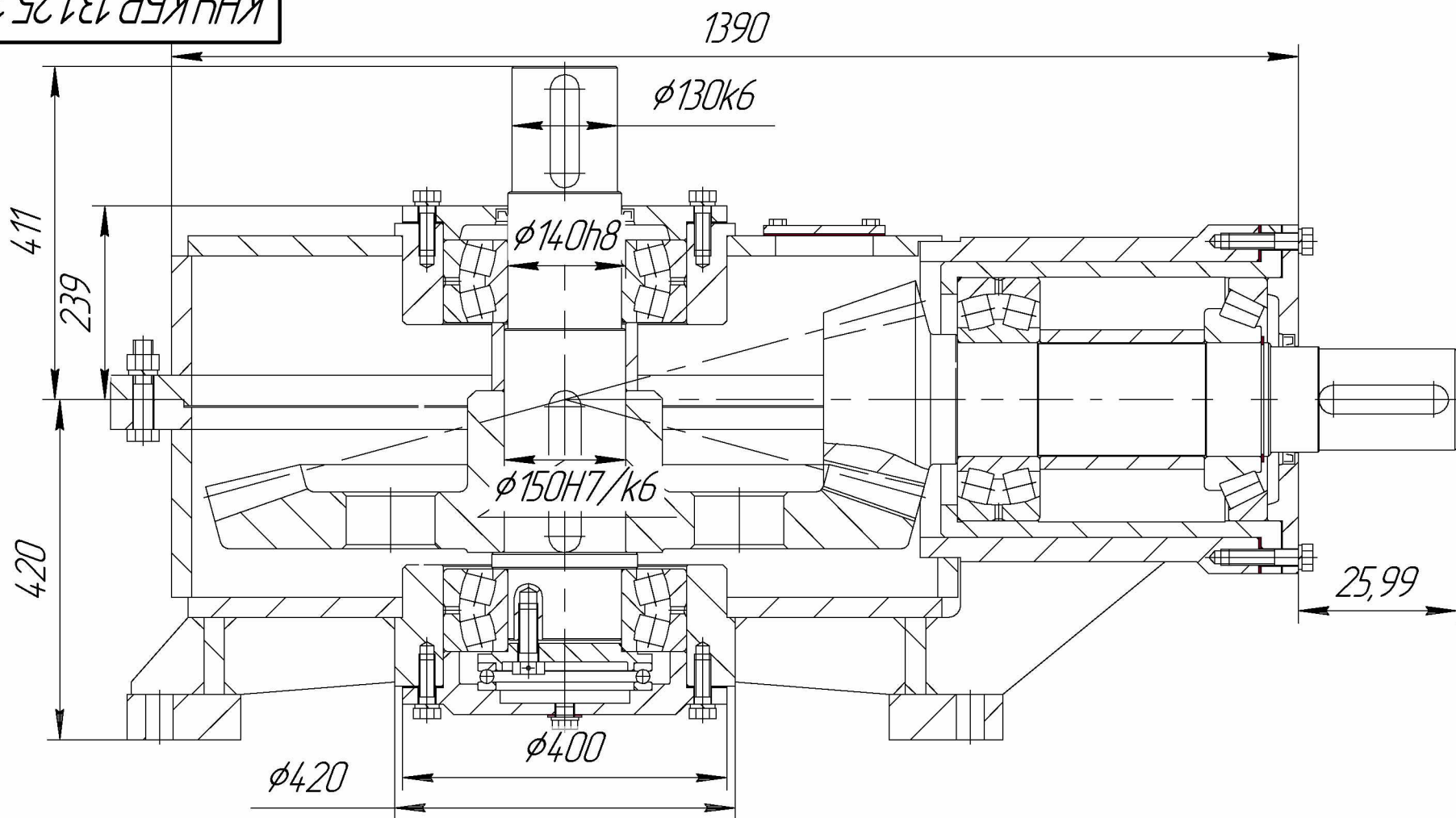
Завідувач кафедри

(підпис)

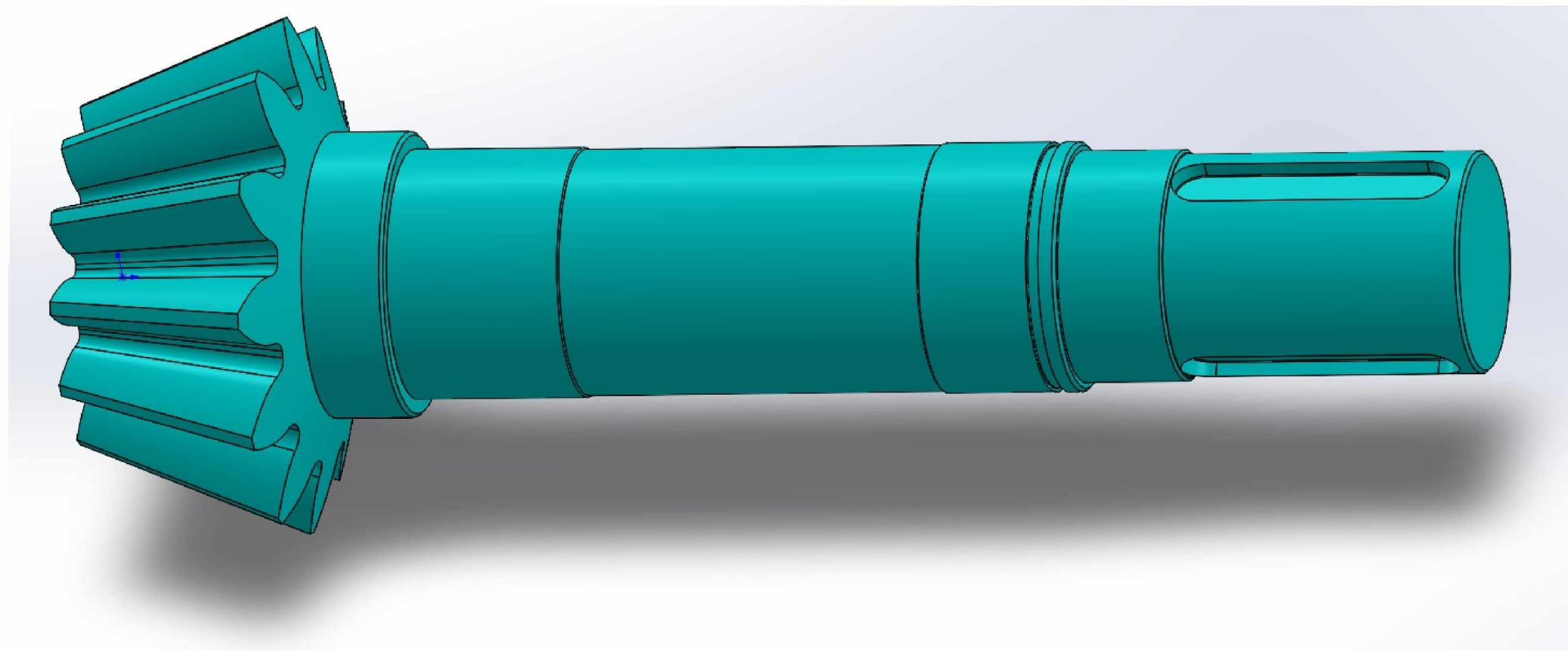
Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2025 р.

КНУ.КБР.131.25.1-12.РСК

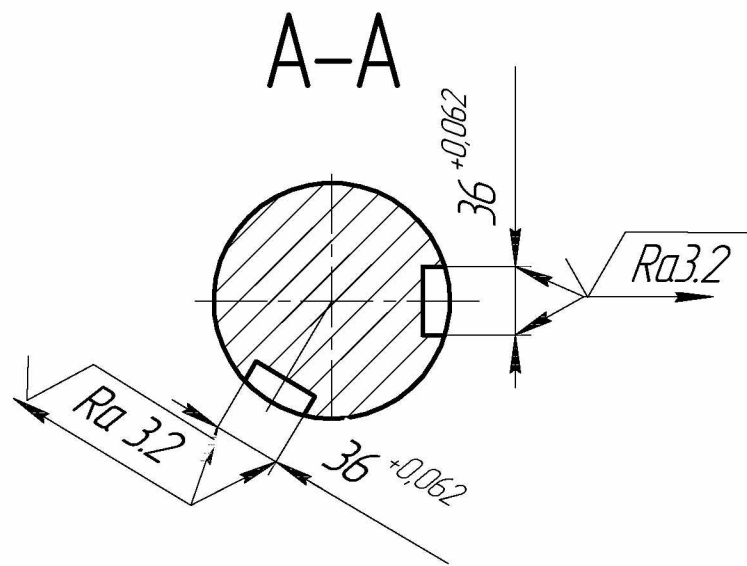
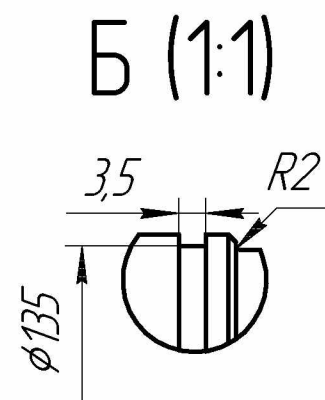
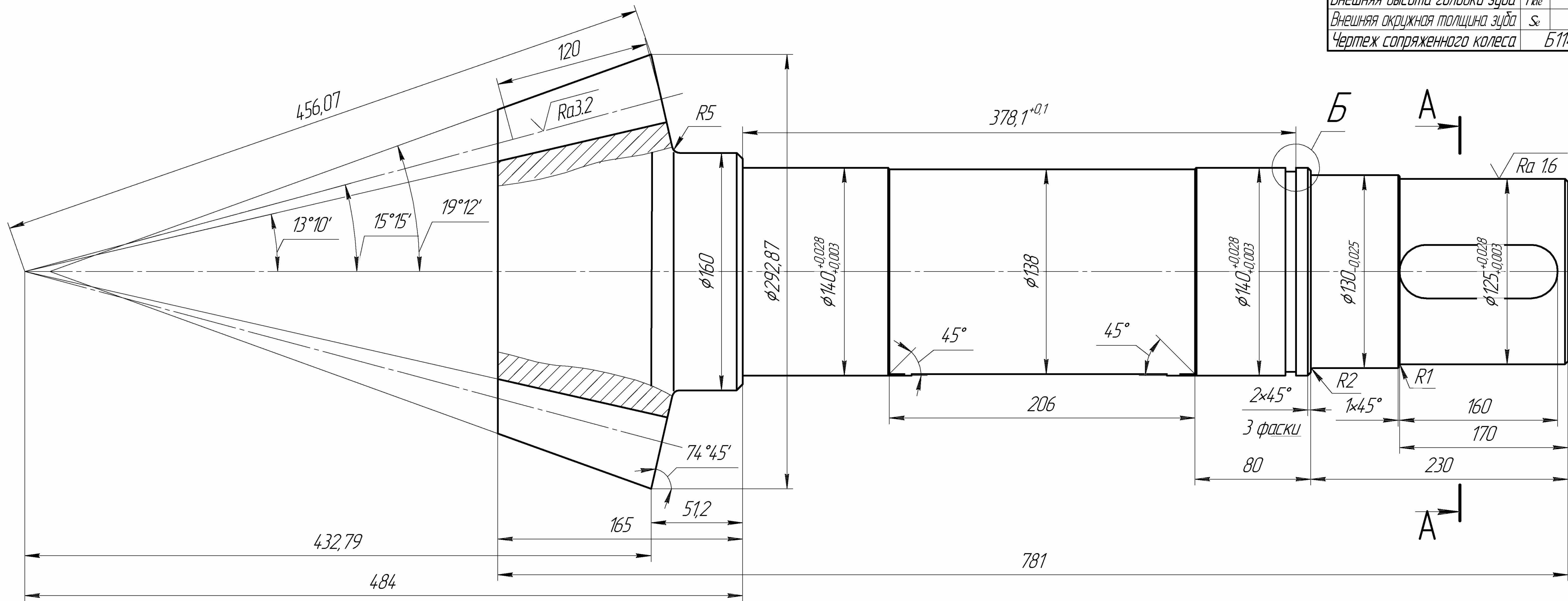


					КНУ.КБР.131.25.1-12.РСК			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Редуктор (складальне креслення)	Літ.	Маса	Масштаб
						Н		1:5
						Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасів					Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
Затв.	Рязанцев							



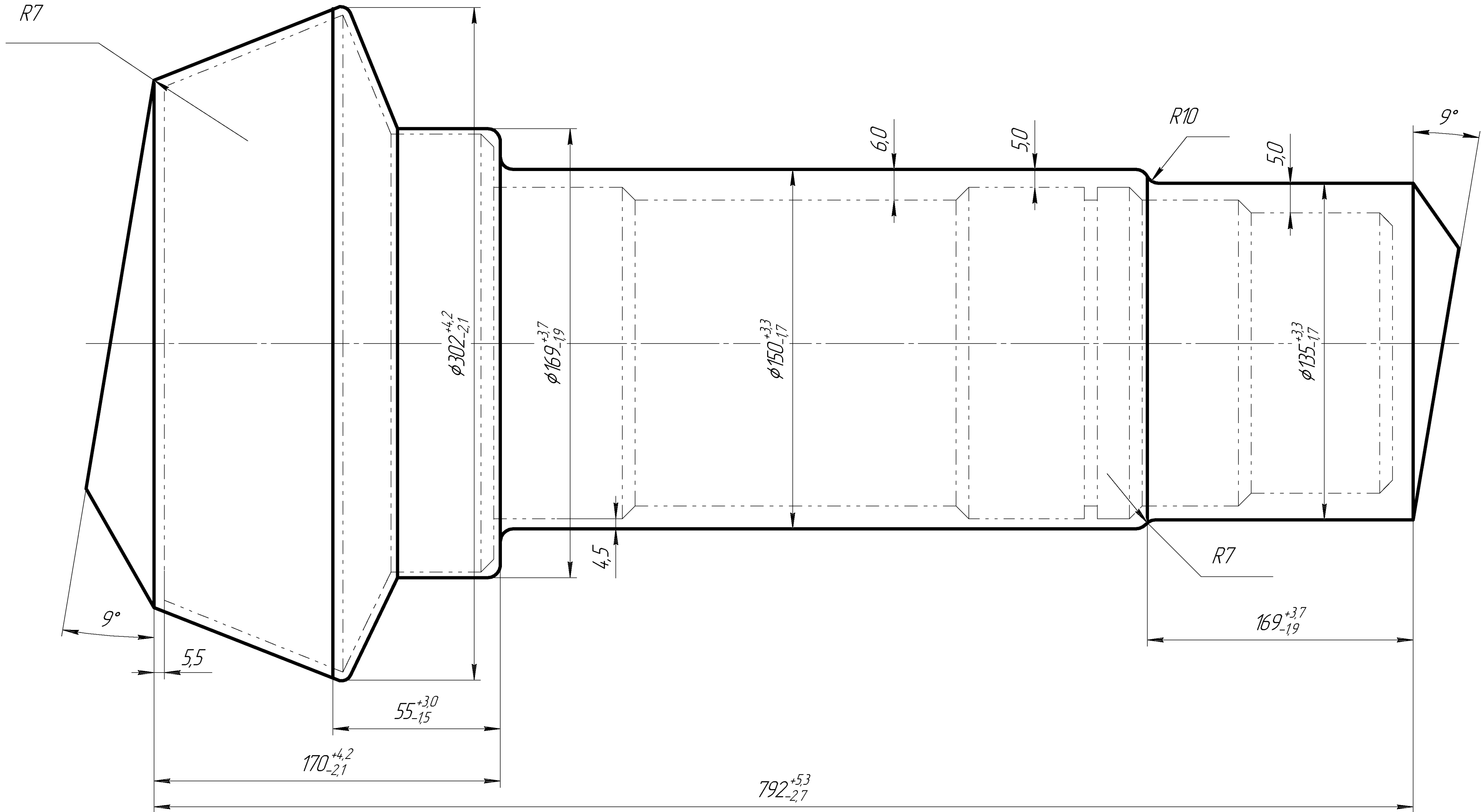
$\sqrt{Ra\ 6.3\ (\checkmark)}$

Модуль торцовый	m_k	20
Число зубьев	z	12
Тип зубьев		Прямой
Исходный контур		ГОСТ 13754-81
Коэффициент смещения	x_e	0,37
Коэффициент изменения толщины зуба	x_t	0
Угол сходимости линий основания зуба	δ_f	3°02'15"
Степень точности	-	8-X
Постоянная хорда зуба	s_{ce}	32,497
Высота до постоянной хорды	h_{ce}	21,487
Межосевой угол передачи	Σ	90°
Внешняя высота зуба	$h_{\text{вн}}$	44
Внешняя высота головки зуба	$h_{\text{ге}}$	27,4
Внешняя окружная толщина зуба	s_e	36,8
Чертеж сопряженного колеса		Б114.01062Б



1. Твердость поверхонь детали: НВ 235...277
2. Невказані граничні відхилення розмірів: Н14; h14; ±IT14/2

КНУКБР.131.25.1-12.ВШ				Вал-шестірня		
Зм. / Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Разробив	Куліш			Н	108	1:1
Керівник	Кіянівський			Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасов			Сталь 40ХН ДСТУ 7806:2015		
Затв.	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-21		



1. Клас точності – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С2, вихідний індекс – 18.
2. Невказані радіуси закруглення зовнішніх кутів 10 мм, внутрішніх 15 мм.
3. Допуски на радіуси закруглення: зовнішні $\pm 2,5$ мм, внутрішні ± 4 мм.
4. Припустиме відхилення від зігнутості, неплоскостності і непрямолінійності – 0,2 мм.
5. Допустима висота торцевих задирів – 10 мм.
6. Допустима висота торцевих задирів в глибині роз'єму матриць 6 мм.

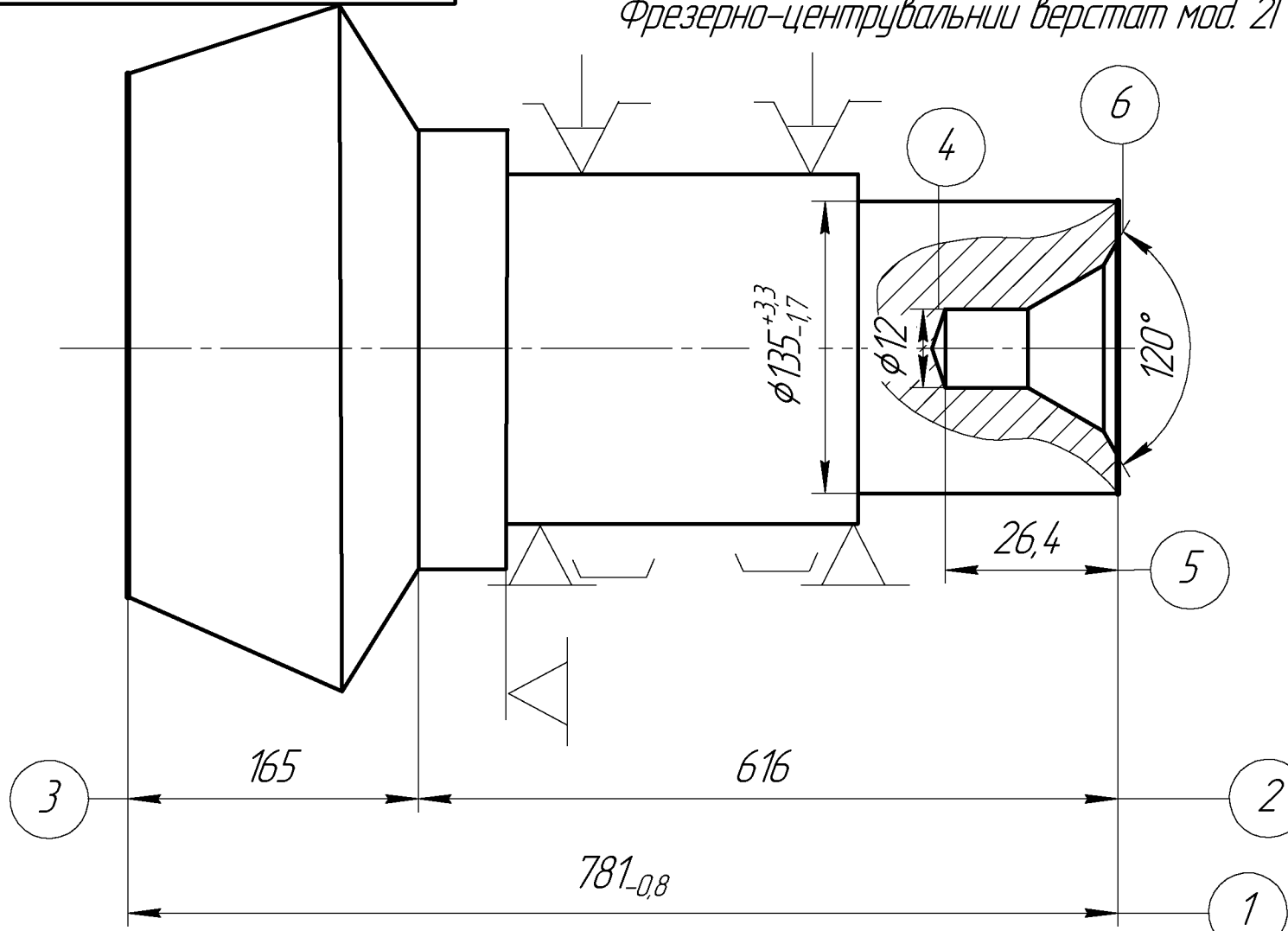
					КНУ.КБР.131.25.1-12.ВШПШ			
Зм./Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Вал-шестірня (поковка штампована)	Лит.	Маса	Масштаб	
					Н	159,9	1:1	
					Лист		Листів 1	
Н.контр.	Нечасів			Сталь 40ХН ДСТУ 7806:2015	Кафедра ТМ гр. ПМ-21			
Затв.	Рязанцев							

005 Фрезерно-центрувальна
Фрезерно-центрувальний верстат мод. 2Г942

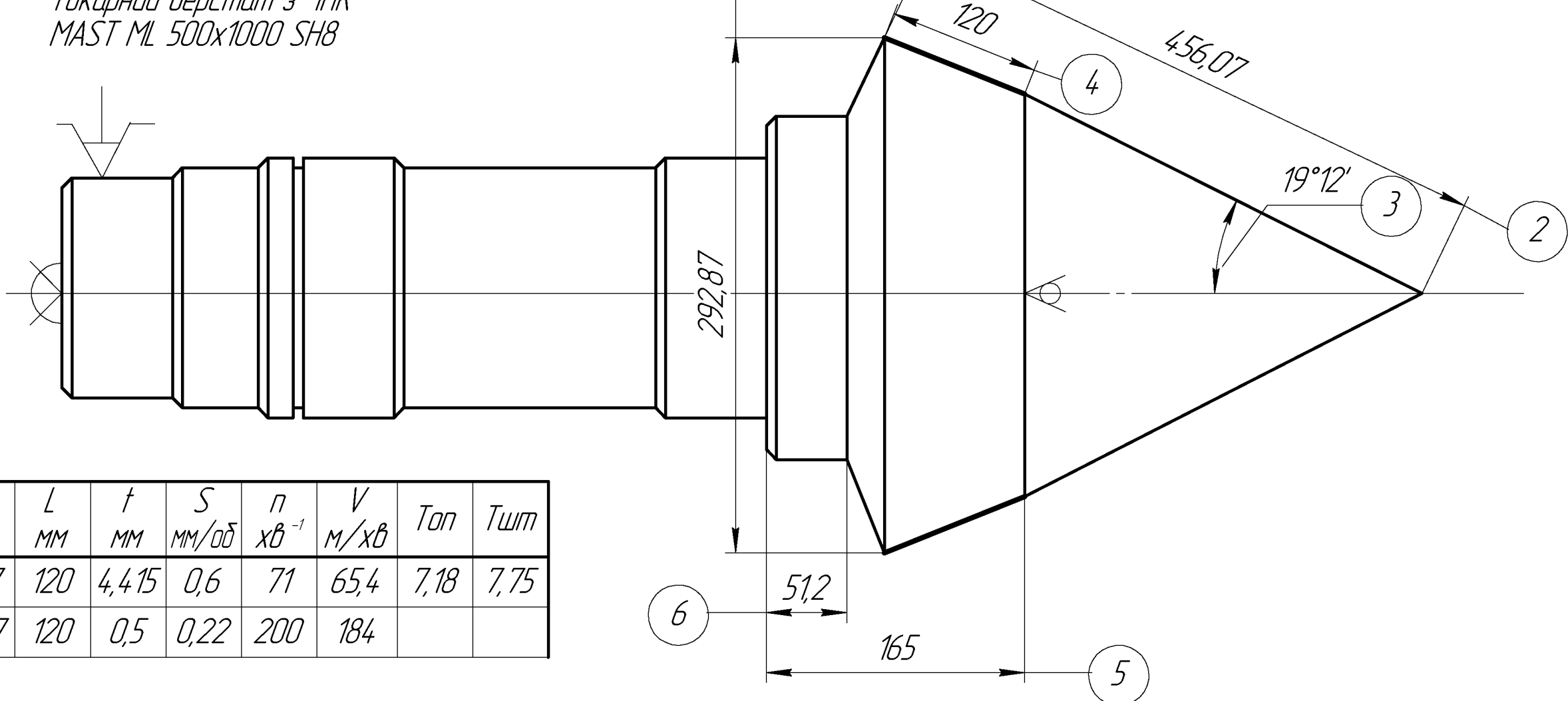
015 Токарна з ЧПК
Токарний верстат з ЧПК
MAST ML 500x1000 SH8

030 Зубошліфувальна
Зубошліфувальний верстат мод. 5Е283

✓ Ra 6.3

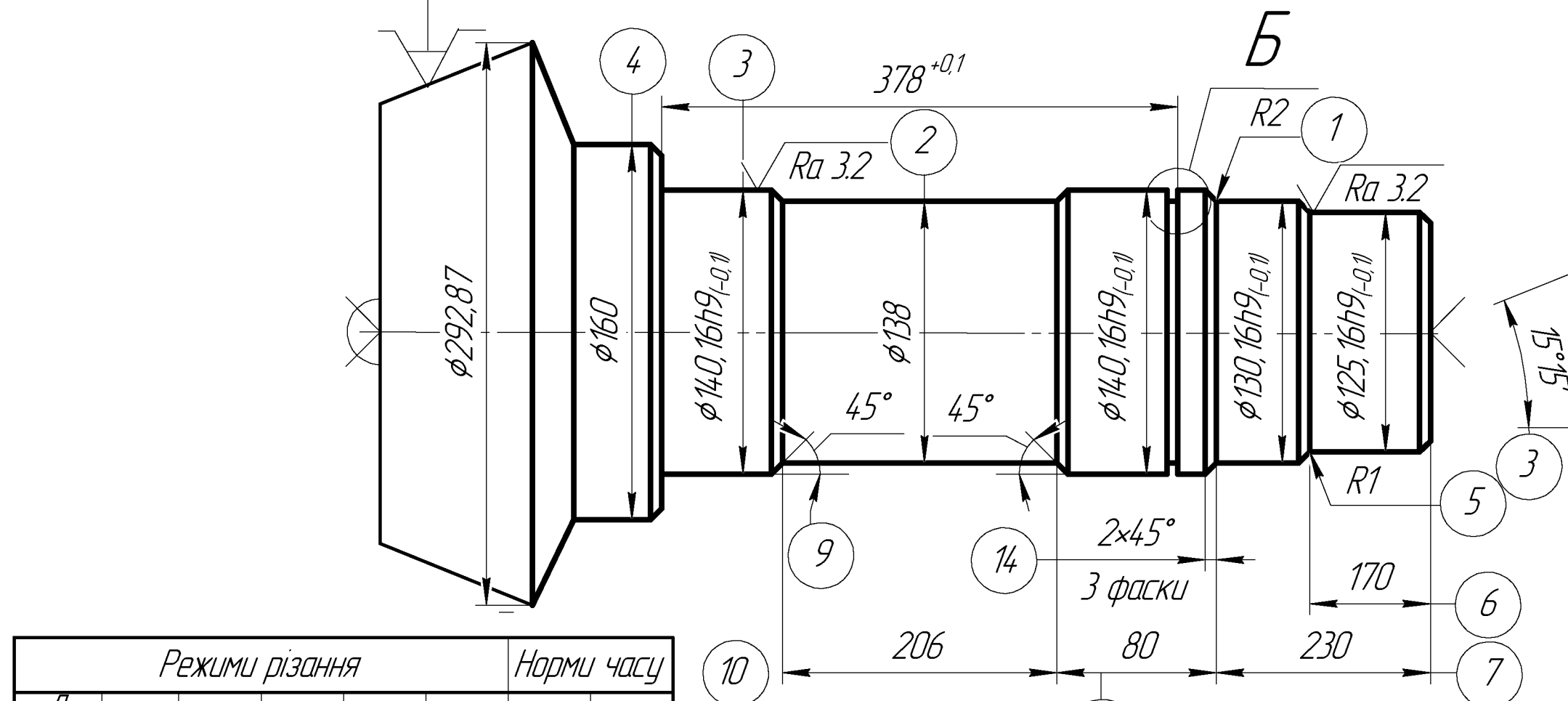


Д мм	L мм	t мм	S мм/од	n хв ⁻¹	V м/хв	T _{оп}	T _{шт}
293,17	120	4,415	0,6	71	65,4	7,18	7,75
292,87	120	0,5	0,22	200	184		

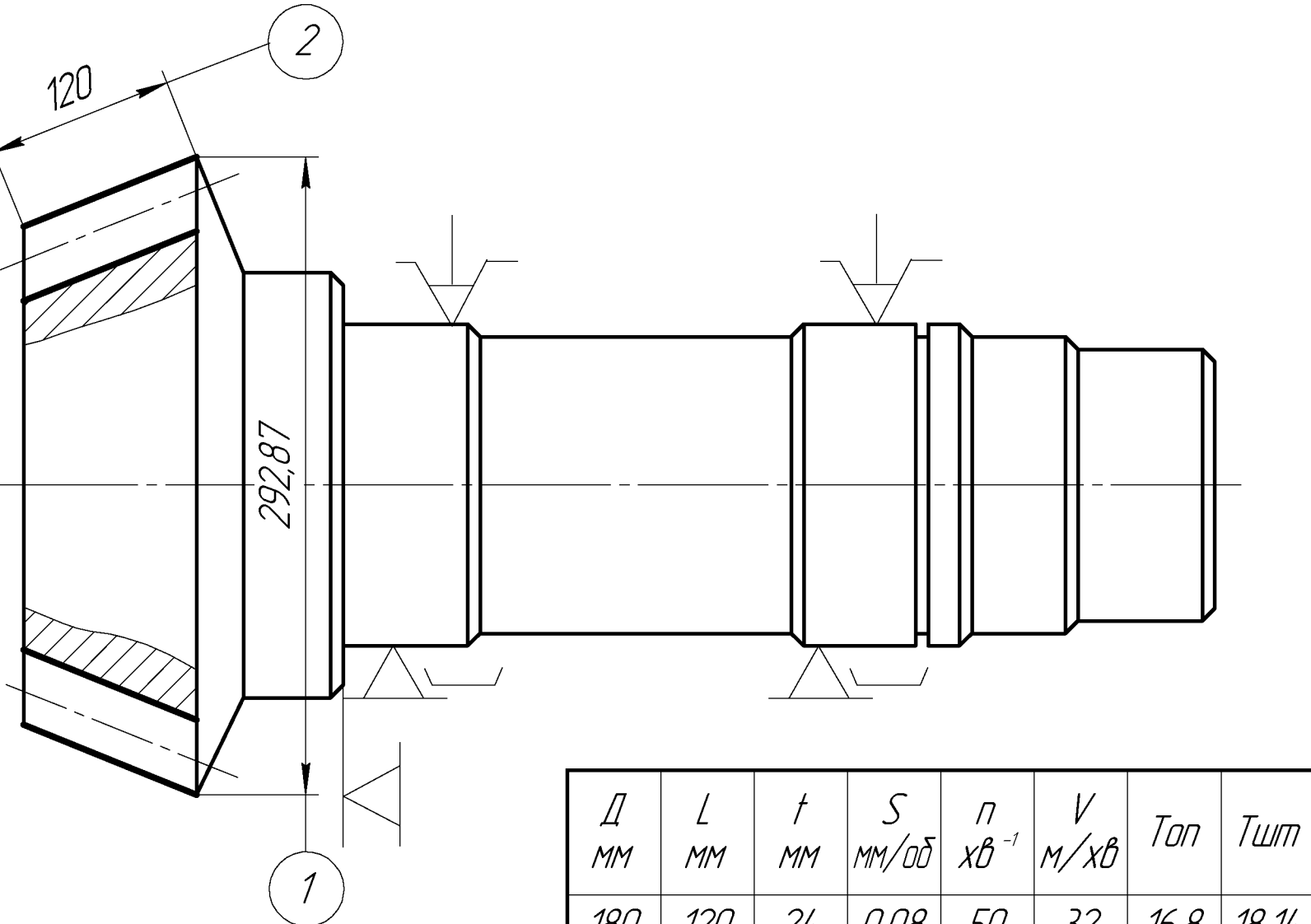
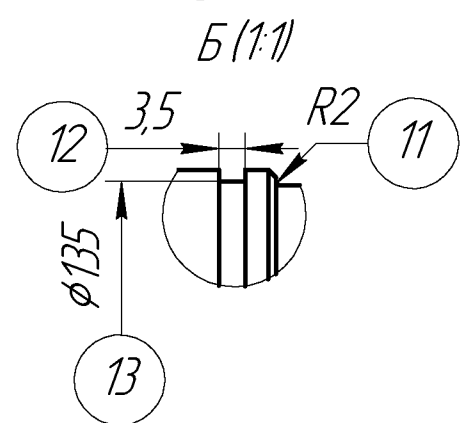


010 Токарна з ЧПК
Токарний верстат з ЧПК MAST ML 500x1000 SH8

025 Зубофрезерна
Зубофрезерний н/а мод. 5С277

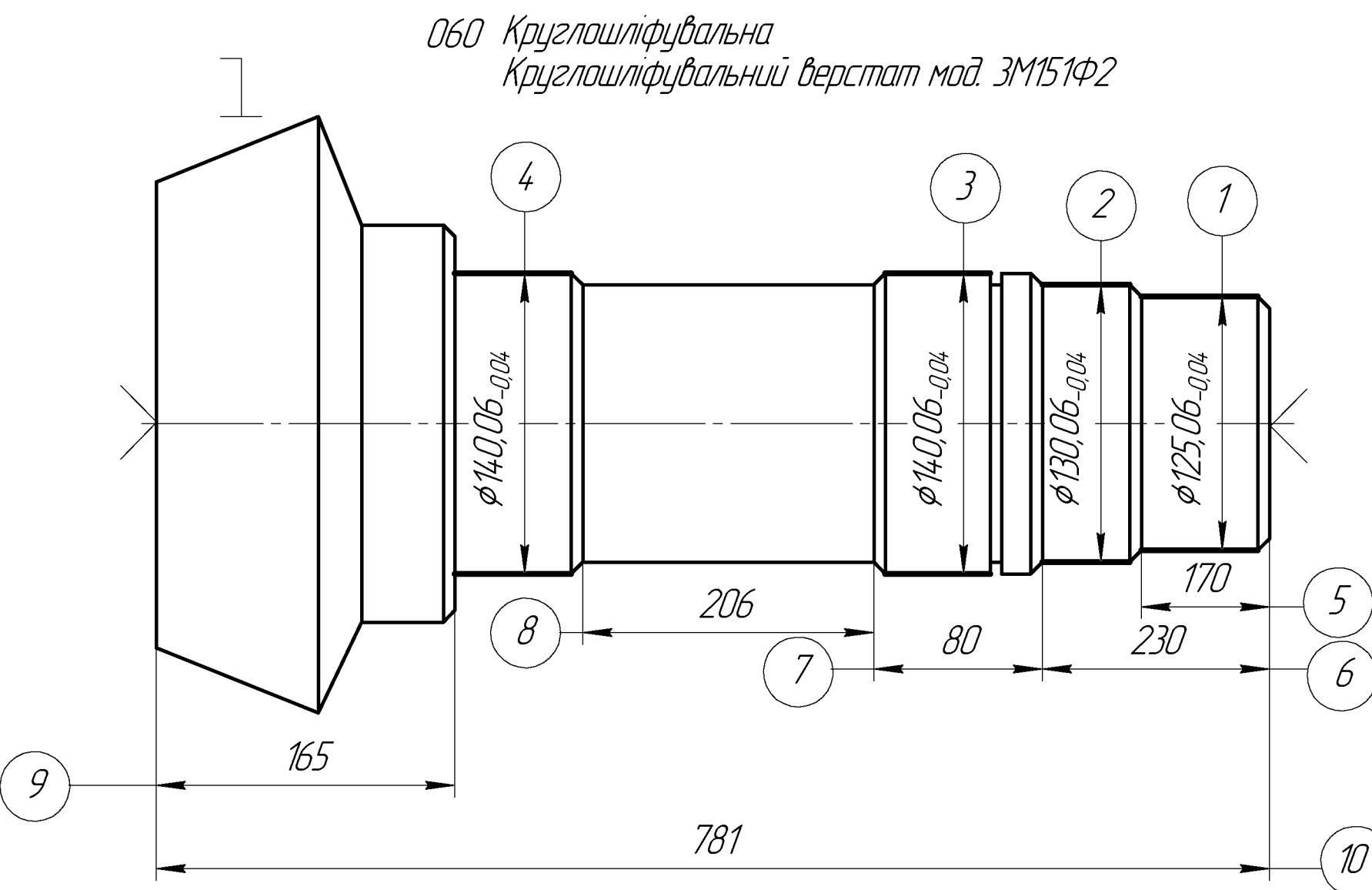


Режими різання							Норми часу	
Д мм	L мм	t мм	S мм/од	n хв ⁻¹	V м/хв	T _{оп}	T _{шт}	
125,46	170	4,77	0,6	170	66,8	12,46	19,43	
130,46	60	9,77		125	51,2			
140,46	80	4,77		140	61,1			
138	206			140	60,7			
160	40			125	62,8			
125,16	170	1,25	0,22	560	220			
130,16	60	0,15		560	204,4			
140,16	80	0,15		500	220			
140,16	100	0,5		500	220			
135	5,0	2,58						



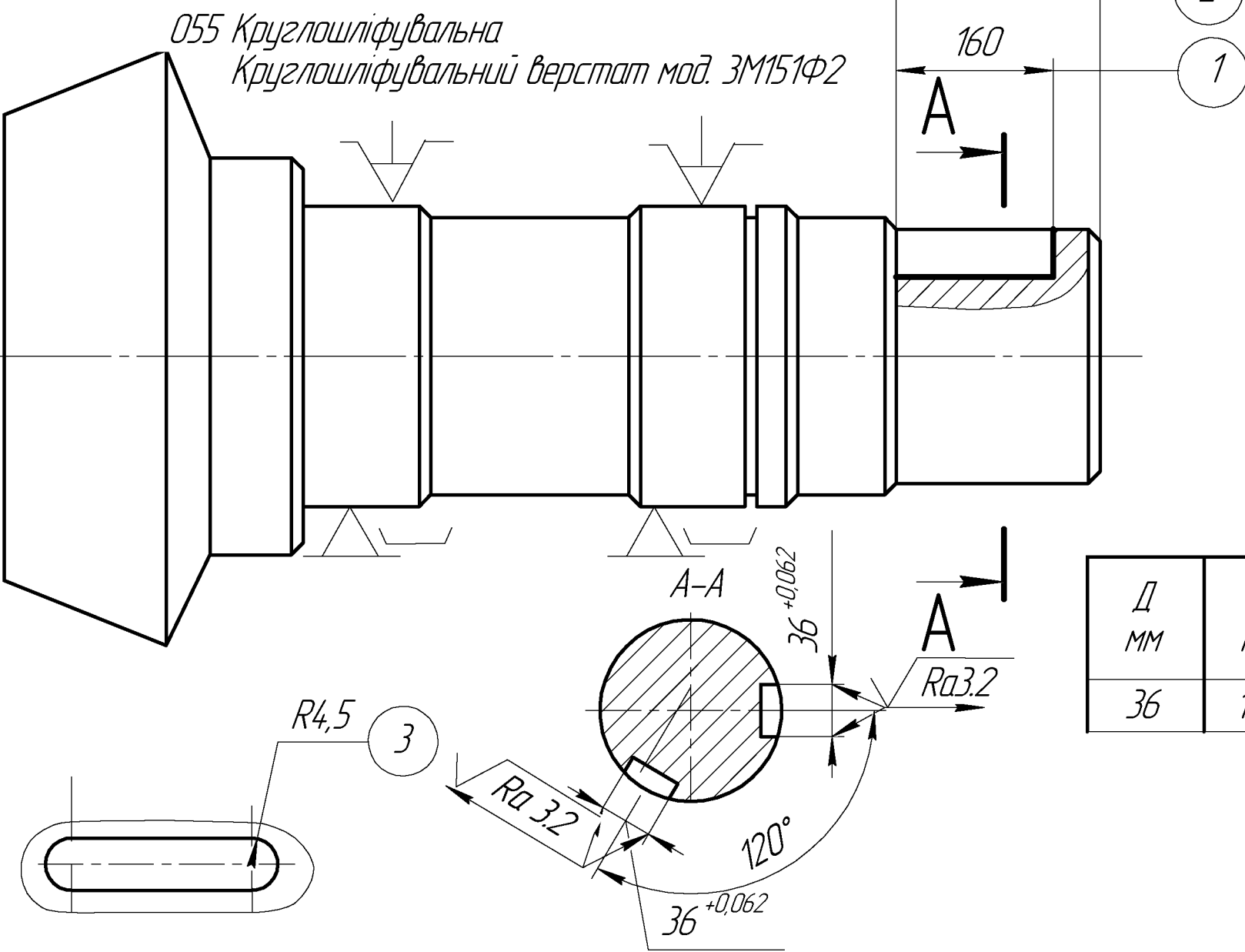
Д мм	L мм	t мм	S мм/од	n хв ⁻¹	V м/хв	T _{оп}	T _{шт}
180	120	24	0,08	50	32	16,8	18,14

060 Круглошліфувальна
Круглошліфувальний верстат мод. 3М151Ф2

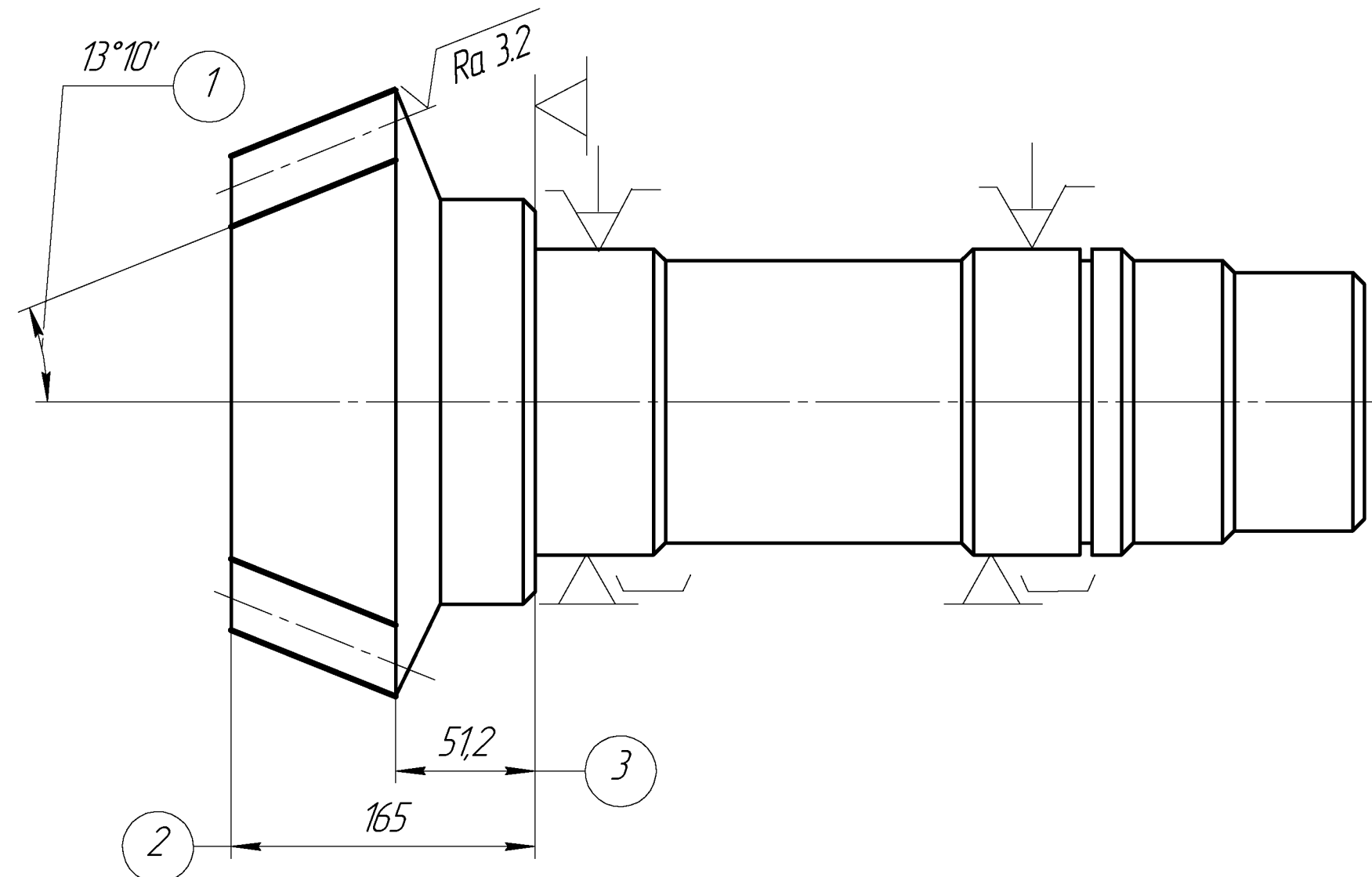


Д мм	L мм	t мм	S мм/од	n хв ⁻¹	V м/хв	T _{оп}	T _{шт}
36	160	6,0	0,088	200	22,6	8,44	9,2

Д мм	L мм	t мм	S мм/од	n хв ⁻¹	V м/хв	T _{оп}	T _{шт}
125	170	0,03	4149,6	95	37,3	6,71	7,6
130	60	0,03	4149,6	95	38,78		
140	100	0,03	4149,6	95	41,76		

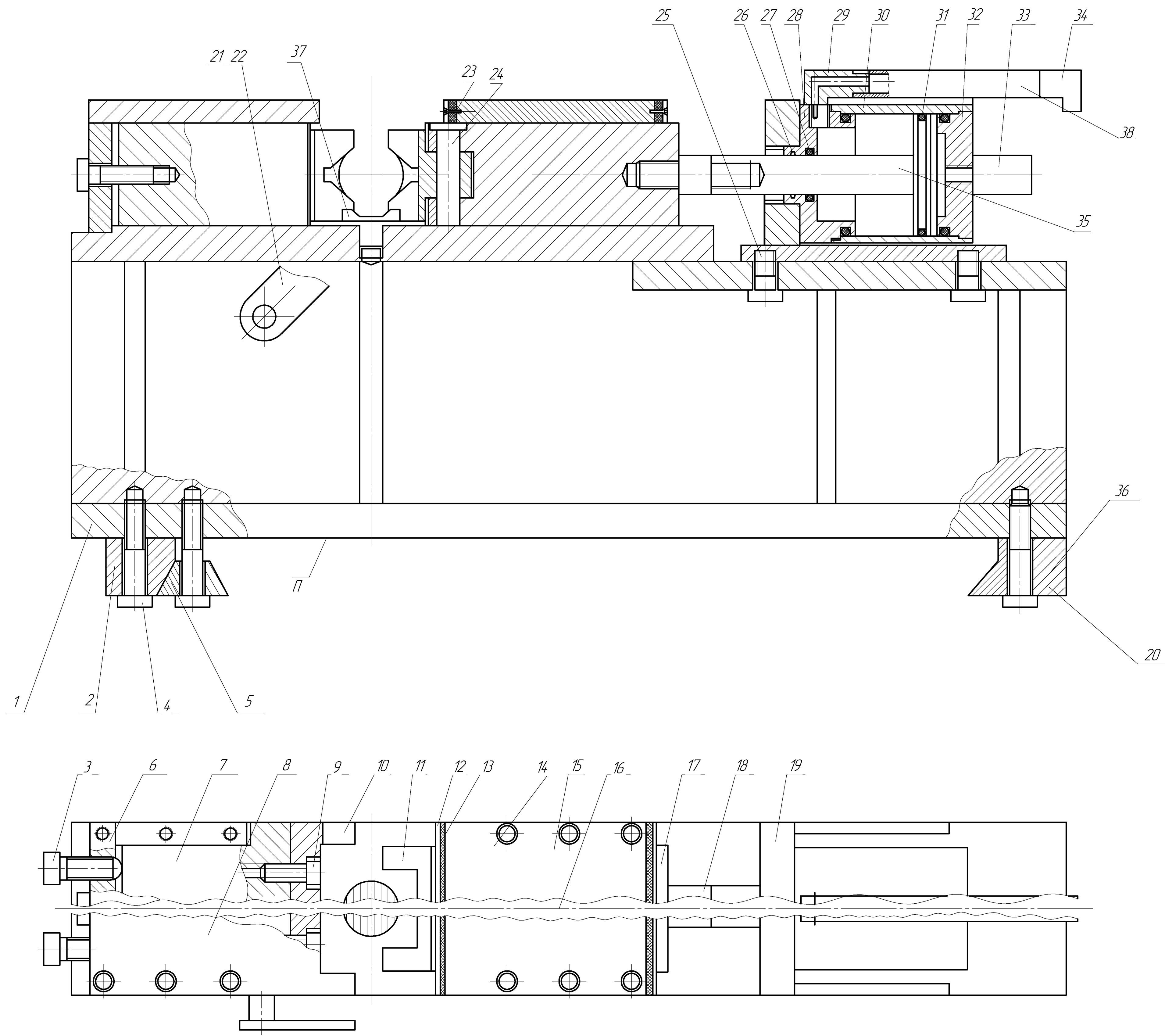


035 Зубошліфувальна
Зубошліфувальний верстат мод. 5Е283



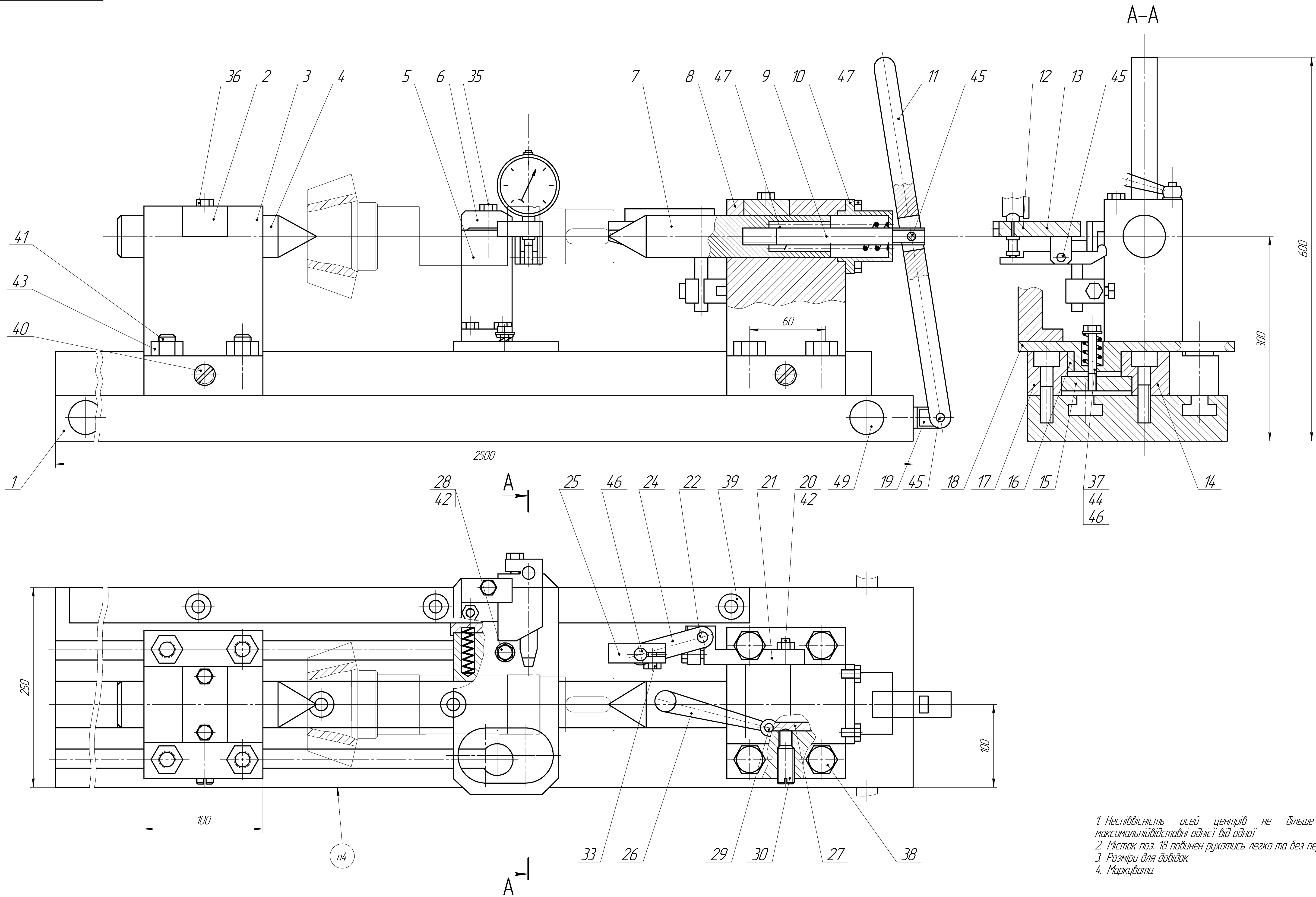
Д мм	L мм	t мм	S мм/од	n хв ⁻¹	V м/хв	T _{оп}	T _{шт}
292,87	120	16	100	141	26	20,5	22,14

КНУ.КБР.13125.1-12.ЕО				Ескізи операцій		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Н	Маса	Масштаб
Розробив	Кулик			Лист	Листів	1
Керівник	Кірицький			Кафедра ТМ		
Начальник	Нечасів			гр. ПМ-21		
Затв.	Рязанцев					



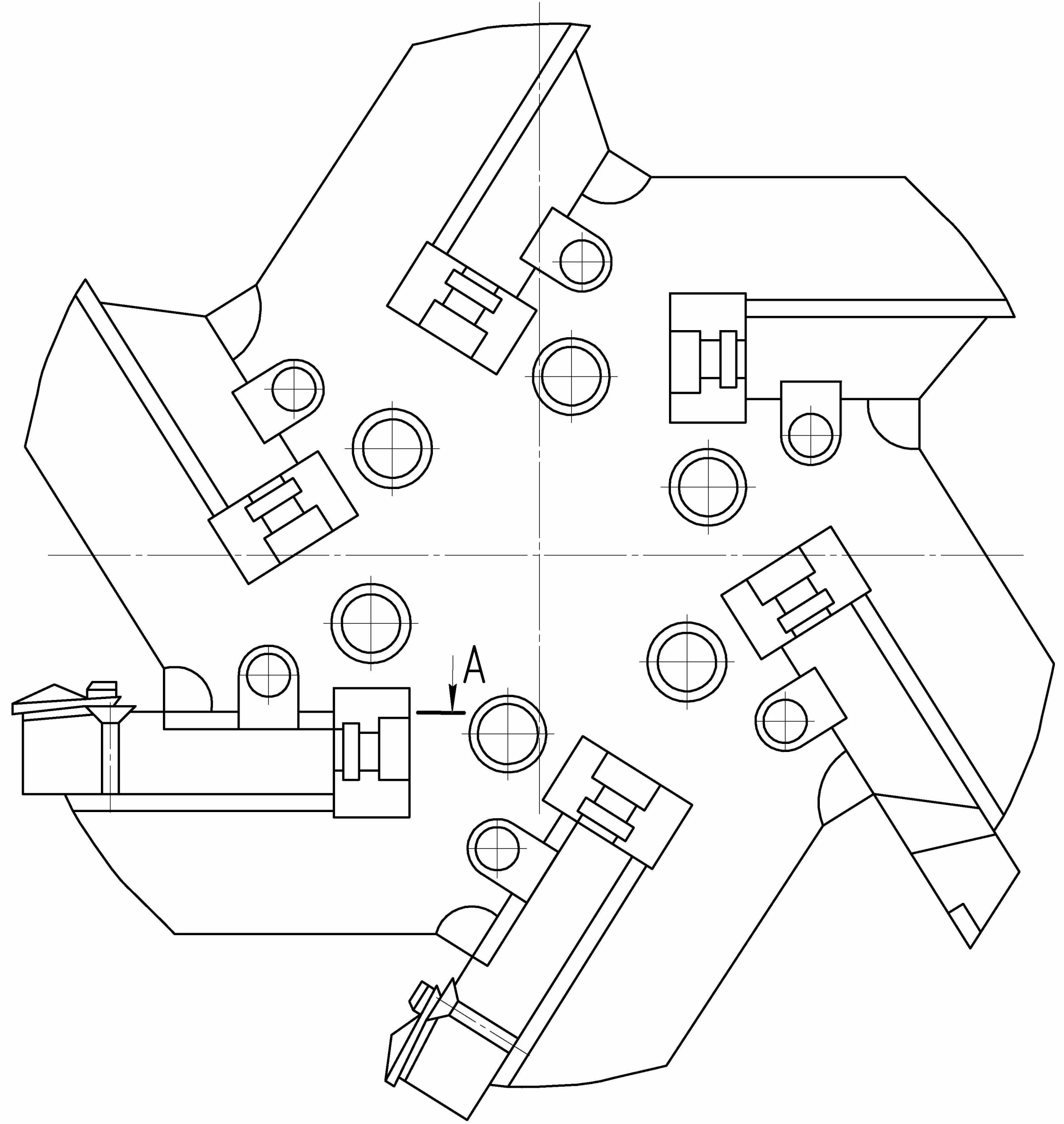
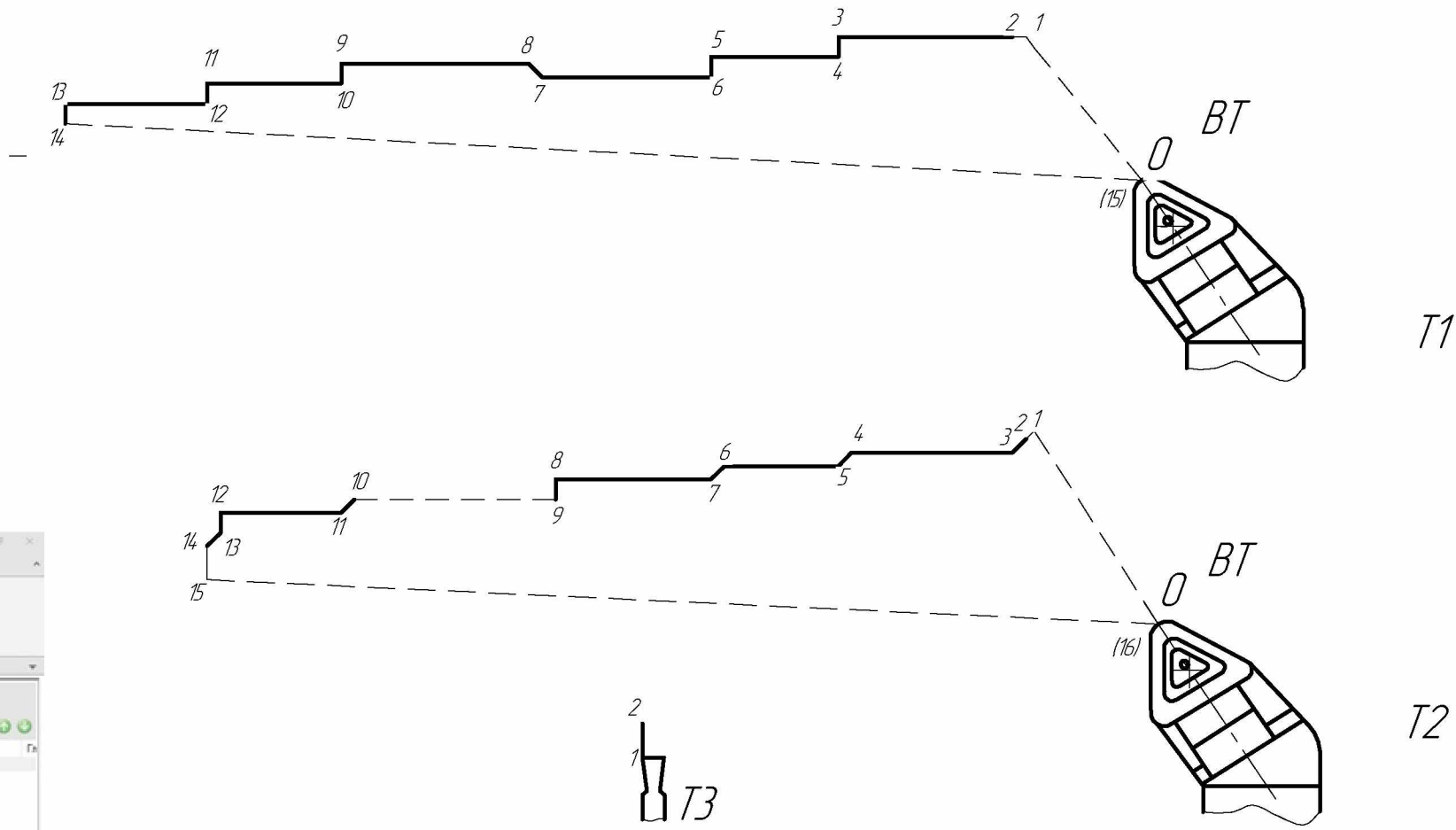
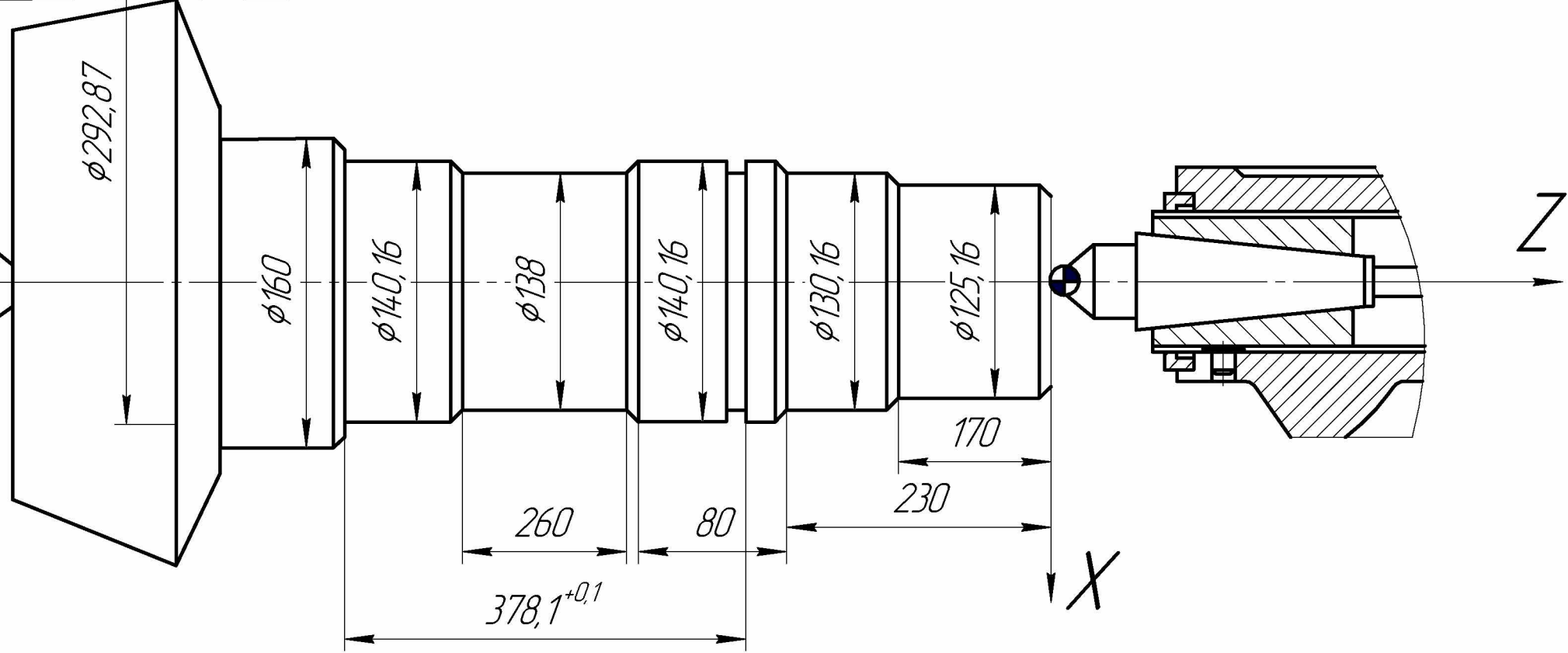
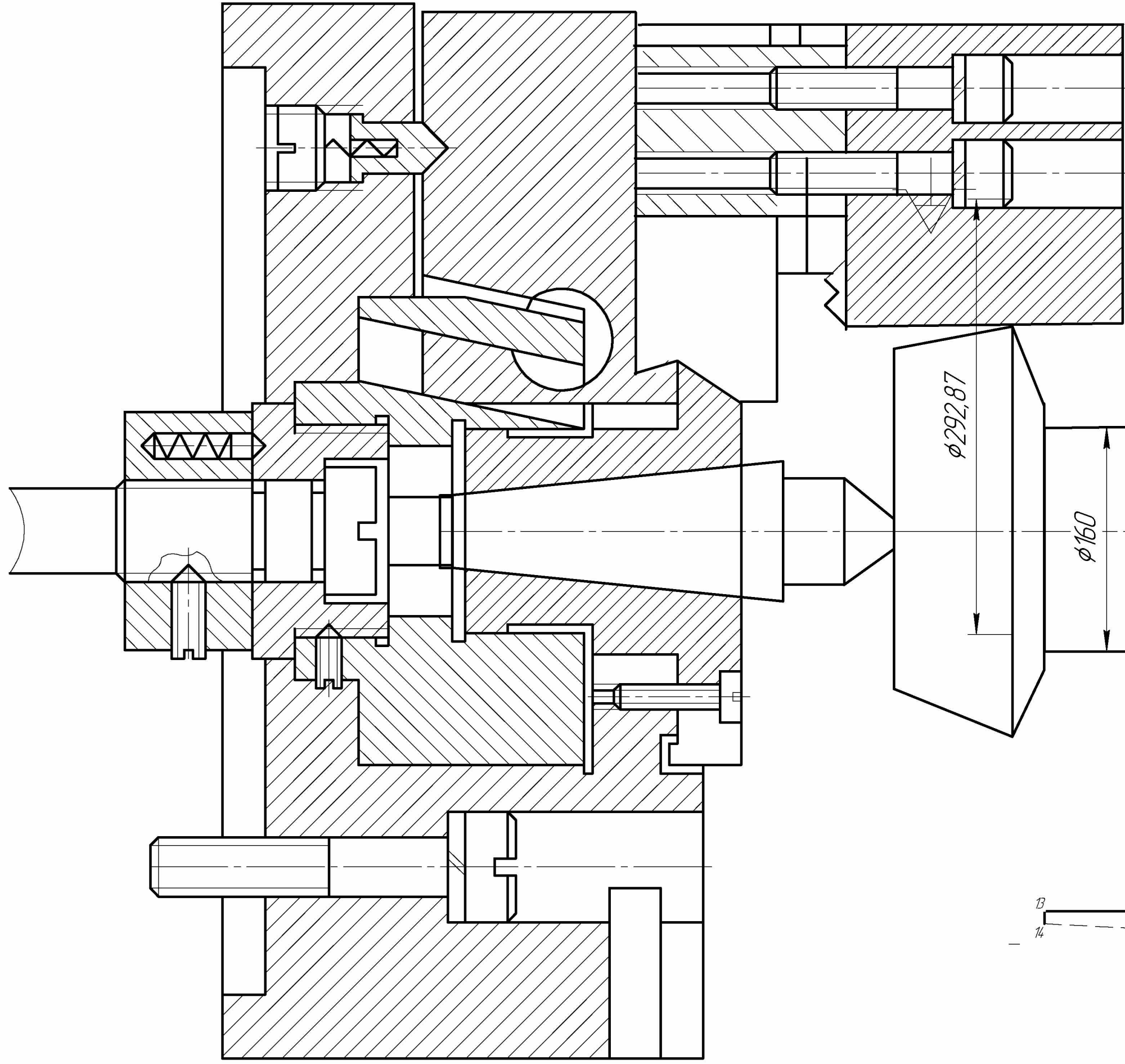
1. Вісь призми повинна бути паралельна площині "П". Відхилення 0,1 мм не більше.
2. Упор налагоджувати на необхідний розмір. Гайка позиція 21.
3. Повзун позиція 17 повинен переміщуватись при зусиллі не більше 5кг.
4. Не співвісність осі штоку та шпильки поз. 18 не більше 0,1 мм.
5. Маркувати шифр.

КНУ.КБР.131.25.1-12.ВП				Верстатне пристосування		
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Лит	Маса
Розроб	Кулиш				Н	11
Керівник	Кірюхінський				Лист	Листів
Н.Контр.	Нечасів				Кафедра ТМ	
Затв.	Рязанцев				гр. ПМ-21	

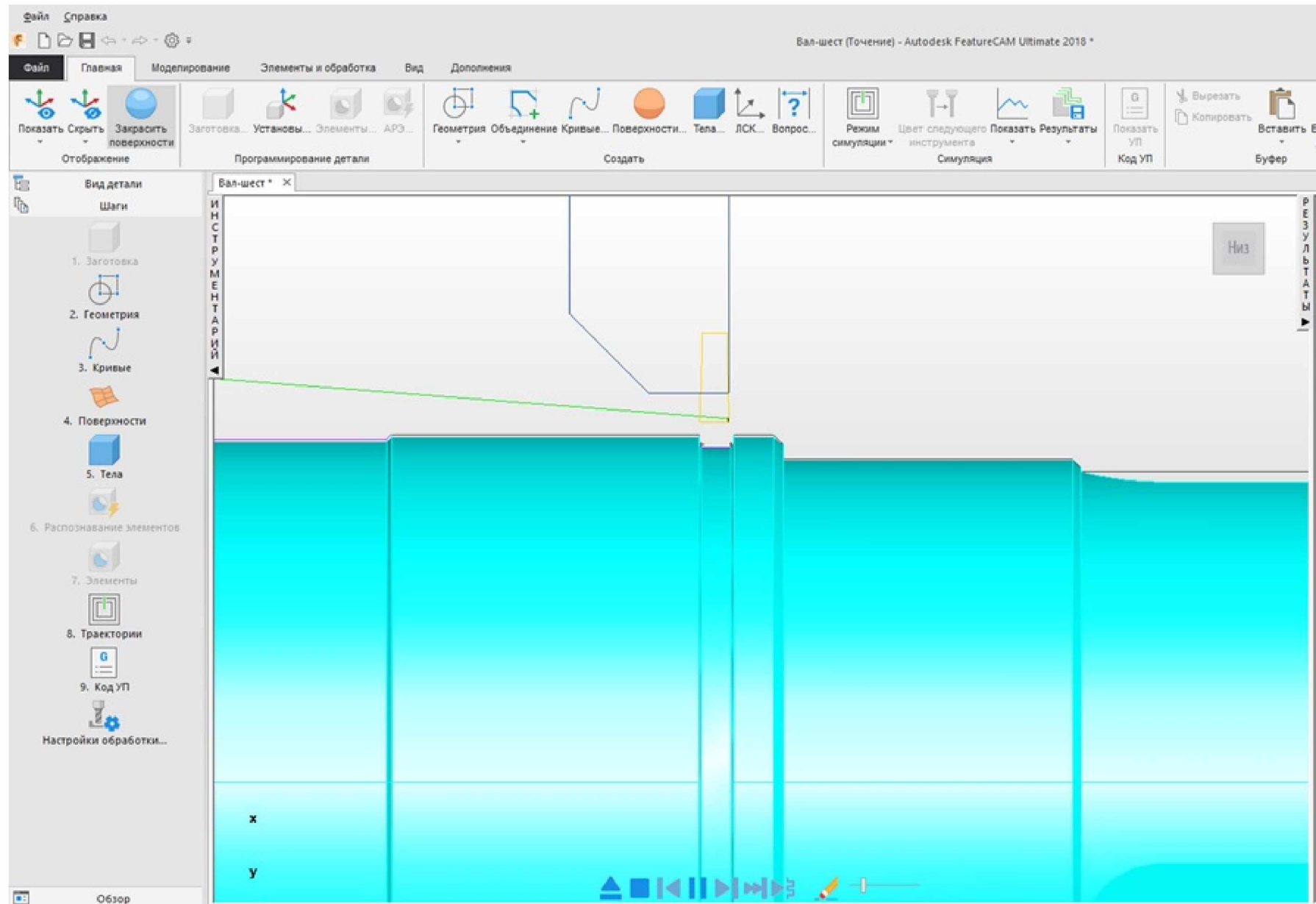
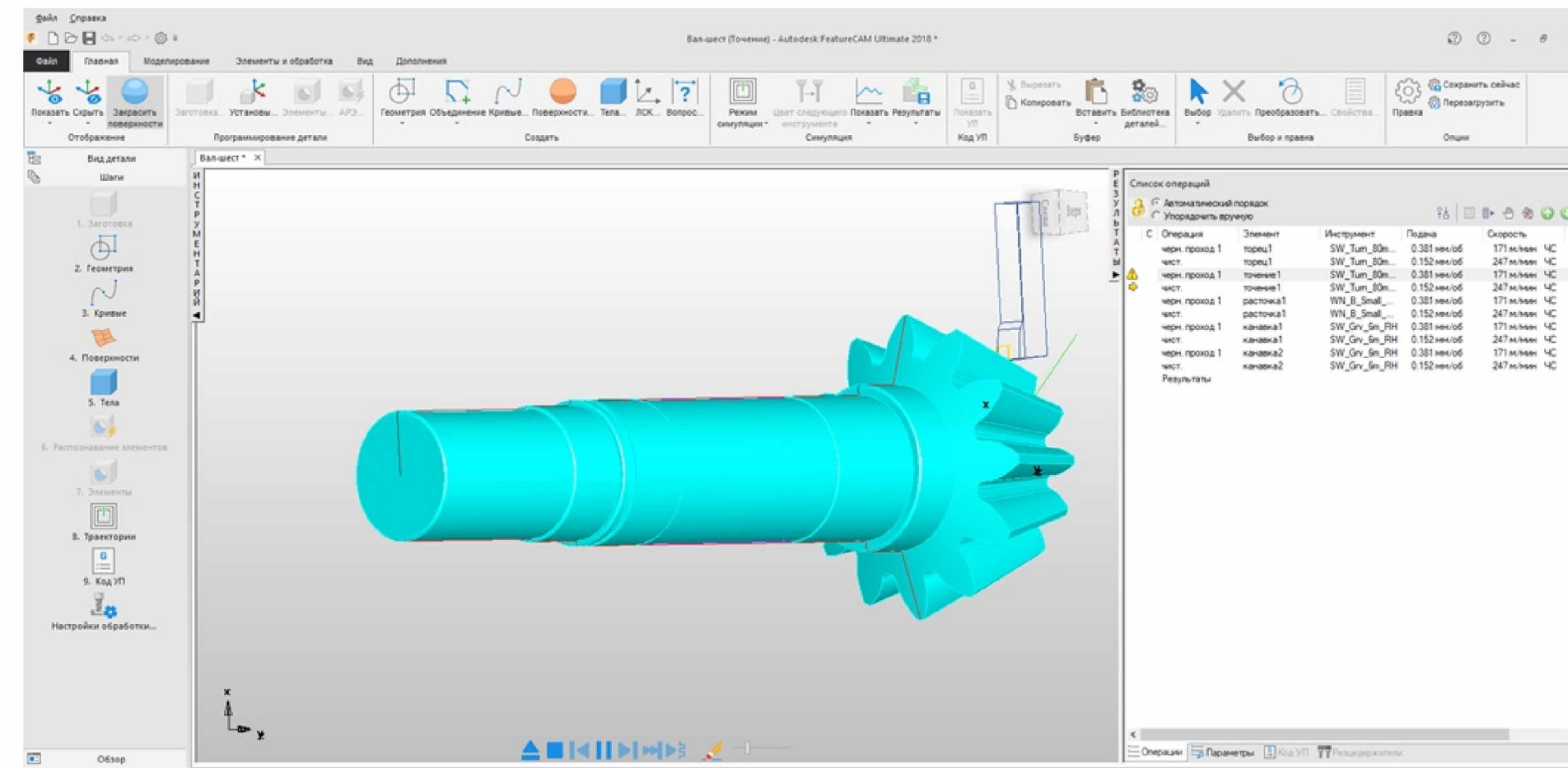
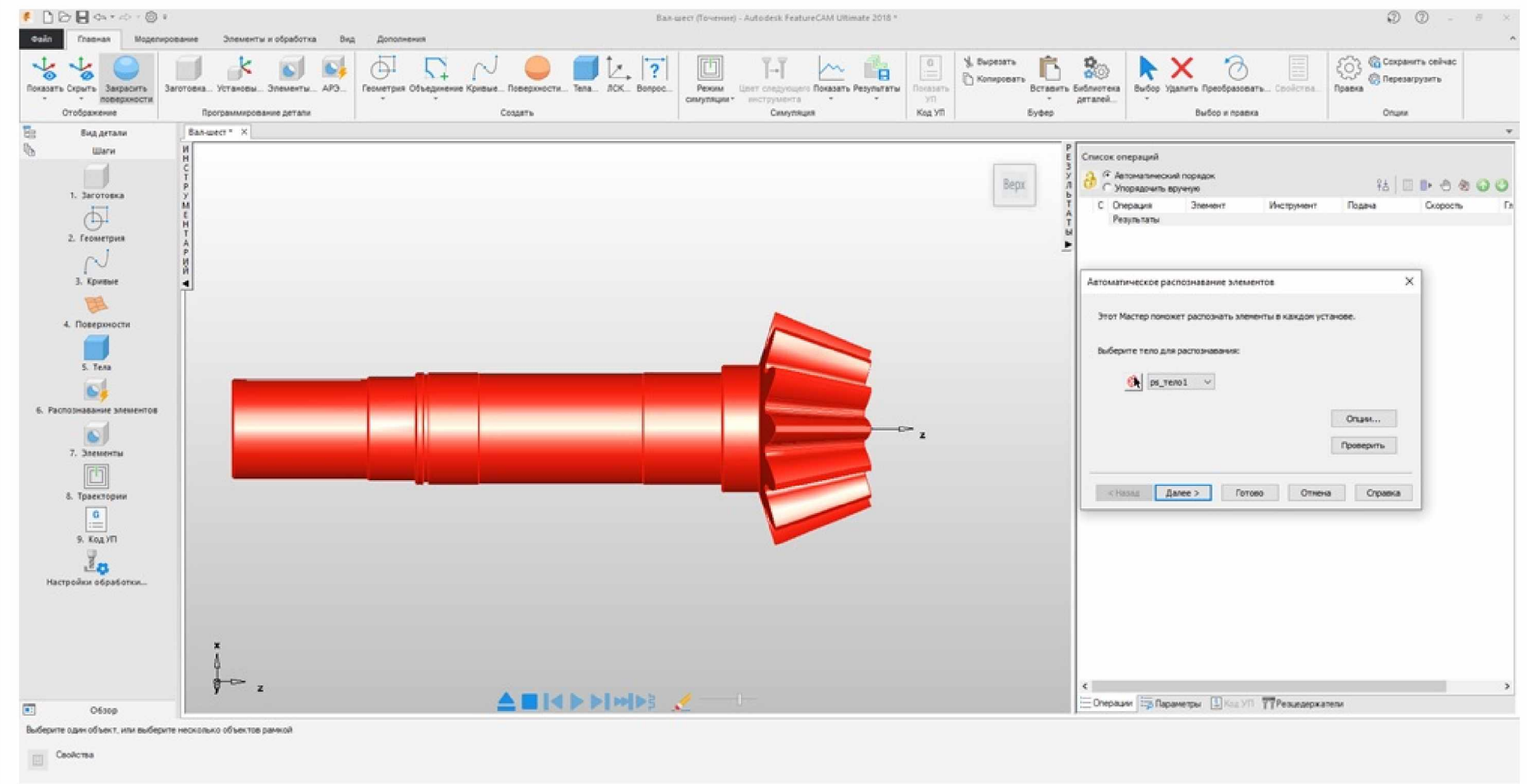
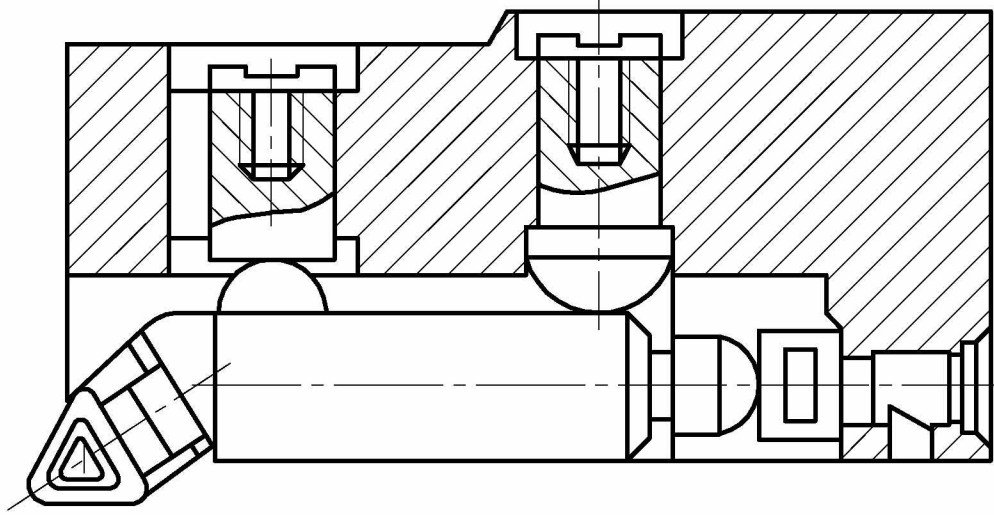


1. Несіввідність осей центрів не більше 0,02 мм, на максимальній відстані однієї від одної;
2. Містак поз. 18 повинен рухатись легко та без перешкод;
3. Розміри для довідок;
4. Маркувати.

КНУ.КБР.131.25.1-12.КП				Контрольне пристосування		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Кулиш			Н		12
Керівник	Кіриносський			Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасів			Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-21		



A - A



КНУКБР.131.25.1-12.ВІН				Верстатно-інструментальне налагодження		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Кулик			Н		
Керівник	Кіриадський			Лист	Листів	1
Начальник	Нечасів			Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-21		