

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 виготовлення деталі «Вал» класифікатора збагачувального виробництва та обґрунтування параметрів різальних інструментів за допомогою CAD/CAM систем

Виконав: здобувач групи ПМ-21
Воронін Р.Є.

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 виготовлення деталі «Вал» класифікатора збагачувального виробництва та обґрунтування параметрів різальних інструментів за допомогою CAD/CAM систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Руслан ВОРОНІН

Керівник КБР

(підпис)

Микола КІЯНОВСЬКИЙ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАСВ

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 Вороніна Руслана Євгеновича

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал» класифікатора збагачувального виробництва та обґрунтування параметрів різальних інструментів 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 контрольного оснащення. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Вал. 2. Опора верхня (складальне креслення). 3. Заготовка (поковка). 4. Ескізи операцій. 5. Контрольне пристосування. 6. 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 _____ / Воронін Р.Є./

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документація		
		A4		1	КНУ.КБР.131.25.1-04.ПЗ	Пояснювальна записка	60	
						Креслення		
		A1		2	КНУ.КБР.131.25.1-04.ОВ	Опора верхня	1	
		A1		3	КНУ.КБР.131.25.1-04.В	Вал	1	
		A2		4	КНУ.КБР.131.25.1-04.ВП	Вал (поковка)	1	
		A1		5	КНУ.КБР.131.25.1-04.ЕО	Ескізи операцій	2	
		A1		6	КНУ.КБР.131.25.1-04.КП	Контрольне пристосування	1	
		A1		7	КНУ.КБР.131.25.1-04.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
		A3		8	КНУ.КБР.131.25.1-04.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дфл.	Подп. и дата	КНУ.КБР.131.25.1-04.ВМКБР				
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Разраб.	Воронін			Відомість матеріалів КБР	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Кіяновський				Н		1
	Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
	Утв.	Рязанцев						

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 60 стор., 31 рисунок, 21 таблиця, 7 листів графічної частини.

Метою кваліфікаційної бакалаврської роботи є розробка ефективної конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «вал класифікатора» із застосуванням сучасних CAD/CAM систем, а також техніко-економічне обґрунтування параметрів різального інструменту для досягнення оптимальних показників якості обробки.

Об'єктом дослідження є процес виготовлення деталі «вал класифікатора» збагачувального виробництва.

Предметом дослідження виступають методи конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, застосування CAD/CAM систем у технологічному процесі, а також вибір параметрів різального інструменту, які забезпечують оптимальні умови механічної обробки.

У сучасному машинобудуванні значна увага приділяється ефективній конструкторсько-технологічній підготовці виробництва деталей, що забезпечують надійність і довговічність функціонування технологічного обладнання. Однією з ключових деталей у збагачувальному виробництві є вал класифікатора – елемент, що передає крутний момент та забезпечує рух обертових частин класифікатора. Високі вимоги до точності, якості поверхні та механічної міцності вала зумовлюють необхідність детального опрацювання технології його виготовлення та раціонального вибору параметрів різального інструменту. У даній роботі тема дослідження зосереджена на розробці сучасного підходу до виготовлення зазначеної деталі з використанням CAD/CAM систем, що забезпечують високий рівень автоматизації проєктування та виробництва.

З розвитком автоматизованих систем проєктування та виробництва виникає потреба у впровадженні інтегрованих підходів до підготовки технологічного процесу виготовлення деталей. Особливо це стосується підприємств гірничо-збагачувального комплексу, де обладнання працює в умовах підвищених навантажень та агресивного середовища. Вал класифікатора – важливий конструктивний елемент, від надійності якого залежить стабільна робота збагачувального обладнання. Актуальність теми полягає у впровадженні новітніх CAD/CAM технологій для вдосконалення процесу проєктування і виготовлення вала, що дозволяє підвищити точність, зменшити витрати часу та матеріалів, а також забезпечити повторюваність якості продукції. Також важливим аспектом є обґрунтування параметрів різального інструменту, що безпосередньо впливають на ефективність обробки.

ВАЛ КЛАСИФІКАТОРА, CAD/CAM СИСТЕМИ, МОДЕЛЮВАННЯ, КТПВ, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, СОБІВАРТІСТЬ

					КНУ.КБР.131.25.1-04.Р			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Воронін			Реферат			
Перевір.		Кіянівський						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркшві	
					Каф. ТМ, гр. ПМ-21			

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 60 pages, 31 figures, 21 tables, 7 sheets of the graphic part.

The aim of this bachelor's qualification thesis is to develop an efficient design and process planning strategy for the production of the "classifier shaft" using modern CAD/CAM systems, as well as to provide a technical and economic justification for the selection of cutting tool parameters to achieve optimal machining quality.

The object of the study is the manufacturing process of the "classifier shaft" used in mineral processing equipment.

The subject of the research encompasses methods of design and technological preparation for production, the application of CAD/CAM systems in the technological process, and the selection of cutting tool parameters that ensure optimal conditions for mechanical processing.

In modern mechanical engineering, considerable attention is given to efficient design and technological preparation of parts that guarantee the reliability and durability of technological equipment. One of the key components in mineral processing plants is the classifier shaft – oving components. High demands on the shaft's dimensional accuracy, surface quality, and mechanical strength necessitate a detailed development of its manufacturing process and a rational selection of cutting tool parameters. This thesis focuses on developing a modern approach to the production of the aforementioned component using CAD/CAM systems, which offer a high level of automation in both design and manufacturing stages.

With the advancement of automated design and manufacturing systems, there is a growing need to implement integrated approaches to the technological preparation of part production. This is particularly relevant for enterprises in the mining and mineral processing sector, where equipment operates under high loads and in aggressive environments. The classifier shaft is a crucial structural component, and its reliability directly influences the stable operation of the processing equipment. The relevance of this topic lies in the introduction of advanced CAD/CAM technologies aimed at improving the design and manufacturing process of the shaft. This enables increased precision, reduced time and material consumption, and ensures consistent product quality. Another important aspect is the justification of cutting tool parameters, which directly affect machining efficiency.

CLASSIFIER SHAFT, CAD/CAM SYSTEMS, MODELLING, DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION FOR PRODUCTION (DTPP), CUTTING TOOL, COST PRICE

					КНУ.КБР.131.25.1-04.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	14
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	14
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	15
2.3 Технічний контроль робочого креслення	18
2.4 Аналіз технологічності деталі	18
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	27
3.4 Розробка маршруту обробки деталі	28
3.5 Розробка технологічної операції	29
3.6 Розрахунок міжопераційних припусків розмірів і припусків на обробку	30
3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	32
4 Проектування контрольного оснащення	39
4.1 Вибір схеми контролю	39
4.2 Вибір установчих елементів пристрою	39
4.3 Вибір контрольного приладу	39
4.4 Загальна компоновка контрольного пристрою	40
4.5 Розрахунок точності контрольного пристрою	41
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	43
5.1 Розробка верстатно -інструментального налагодження та розрахунково технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК	43
5.2 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК	47
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	52
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	52
6.2 Екологія виробництва та охорона праці при зубофрезерних операціях	57
Висновки	59
Список використаних джерел	60

					КНУ.КБР.131.25.1-04.3		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.	Варанін						
Перевір.	Кіянiвський						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-21		

ВСТУП

Науково-технічний прогрес, що відбувається в нашій країні, приводить до інтенсифікації всього виробництва. Один з головних напрямків інтенсифікації виробництва є створення систем високопродуктивних машин і приладів, підвищення їхнього технічного рівня. Серед них потужні трактори та турбіни, автоматичні лінії та верстати для електрофізичних та електрохімічних методів обробки металів, обчислювальні машини, автоматизовані системи керування тощо.

В умовах сучасного виробництва росте продуктивність, економічність і надійність машин, знижується їхня маса на одиницю потужності, підвищується точність виробів. Сучасне машинобудування випускає вироби з високими експлуатаційними даними при мінімальних витратах суспільної праці.

У числі основних факторів підвищення технічного рівня машинобудування велику роль грає впровадження високоефективних технологічних процесів, комплексної механізації та послідовне проведення автоматизації виробництва. Особливо важливе здійснення цих заходів у тих виробничих процесах, у яких в цей час ще використовується ручна праця, недостатні механізація й автоматизація.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-04.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Варанін</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>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

У процесі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи на тему: «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал» класифікатора збагачувального виробництва та обґрунтування параметрів різальних інструментів із використанням CAD/CAM систем» було використано креслення деталі «Вал», а також річну виробничу програму, яка передбачає виготовлення 2000 одиниць цієї продукції. На рисунку 1.1 представлено тривимірну модель зазначеної деталі.

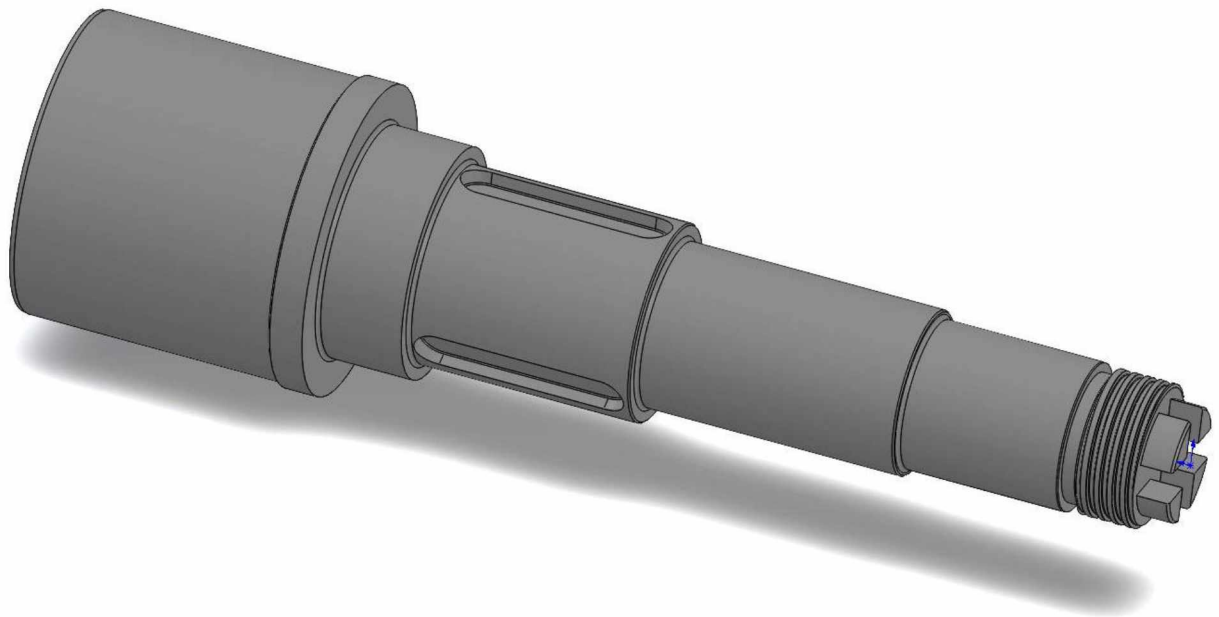


Рисунок 1.1 – 3D модель валу

Було сформульовано технічне завдання на розробку раціонального ТП виготовлення деталі «Вал», що використовується у редукторі механізму подрібнення ливарних сумішей.

Для досягнення поставленої мети КБР необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз призначення та умов експлуатації вала класифікатора;
- провести аналіз вихідних даних щодо конструкції деталі;
- обґрунтувати вибір матеріалу для виготовлення деталі;
- розробити технологічний маршрут обробки з використанням CAD/CAM систем;
- здійснити вибір і обґрунтування параметрів різального інструменту;

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-04.01.АСПМ</i>		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Воронін				<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>	Літ.	Арк.
Перевір.	Кіяндовський						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>	
Н. контр.	Нечаєв						
Заб. каф.	Рязанцев						

- провести порівняльний аналіз традиційного та автоматизованого підходу до виготовлення деталі;
- оцінити економічну доцільність впровадження CAD/CAM-технологій у виробництво.

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

Деталі вузла «Вал» входить до складу опори верхньої спіралі класифікатора 2КС-30 (рис. 1.2). 2КС-30 – це спіральний класифікатор, який використовується для поділу рудних, нерудних та сипких матеріалів у водному середовищі на дві фракції. Він працює в замкнутому циклі з млинами і призначений для поділу матеріалів по крупності, видаючи дрібнішу фракцію в злив, а більшу - в продукт, що згущує. Класифікатор включає похилий корито, спіраль, привід, підйомний пристрій і жолоби для подачі і зливу матеріалу. Спіраль, що обертається, переміщає частинки матеріалу вгору похилому коритові, а більш дрібні частинки, що залишаються у зваженому стані, стікають у злив.

2КС-30 має дві спіралі, і в залежності від конкретної моделі може мати різну потужність двигуна та частоту обертання. Використовується в гірничо-збагачувальних фабриках, де потрібна класифікація матеріалу після подрібнення у млинах. Машина працює у вологій середі при вібраційних навантаженнях.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд класифікатора 2КС-30

Верхня опора класифікатора виконує функцію шарнірного з'єднання, що забезпечує можливість піднімання, опускання та обертання спіралі. Спіраль класифікатора призначена для транспортування осілих пісків вгору похилим дном корита до розвантажувального отвору.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Розрахунок розмірних ланцюгів – розмірний аналіз вузла

1.3.1 Виявлення та розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Був виявлений лінійний розмірний ланцюг А, що визначає величину зазору між торцем вал шестерні та торцем підшипника ковзання. Схема лінійного розмірного ланцюга представлена на рисунку 1.3.

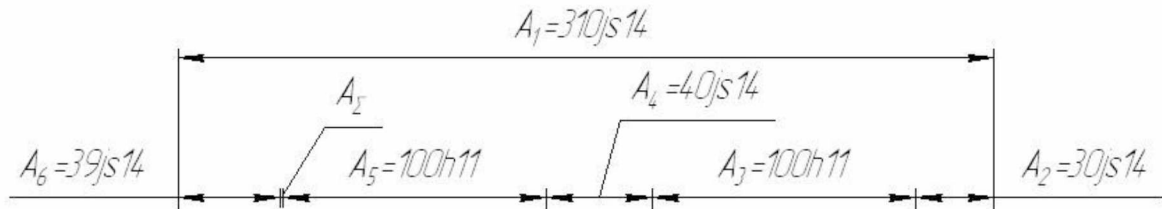


Рисунок 1.3 – Схема лінійного розмірного ланцюга А

Розрахунок проведений правильно.

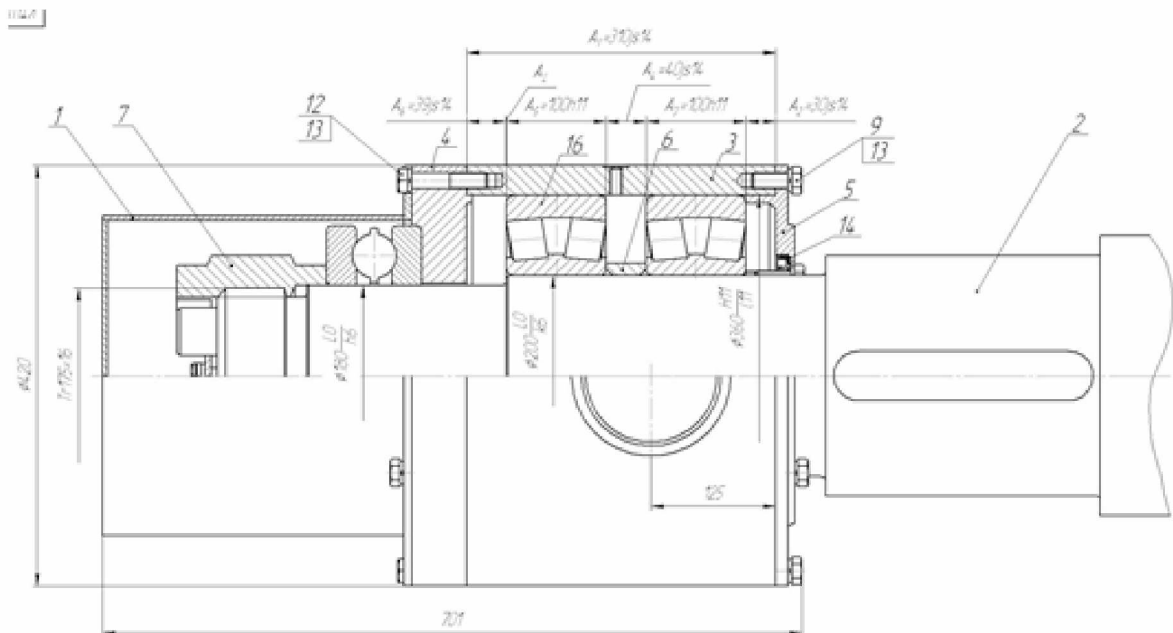


Рисунок 1.4 – Схема лінійного розмірного ланцюга А

Проводимо розрахунок лінійного ланцюга методом максимуму - мінімуму.

Таблиця 1.1 – Розрахунок розмірного ланцюгу

№	Назва звена	Номінальний розмір, мм	Квалітет	Допуск, мм	Розмір з відхиленням
1	2	3	4	5	6
1	$\overline{A_6}$ -	39	js14	0,62	$39 \pm 0,31$
2	$\overline{A_2}$ -	30	js14	0,52	$30 \pm 0,26$
3	$\overline{A_4}$ -	40	js14	0,62	$40 \pm 0,31$
4	$\overline{A_3}$ -	100	h10	0,22	$100_{-0,22}$

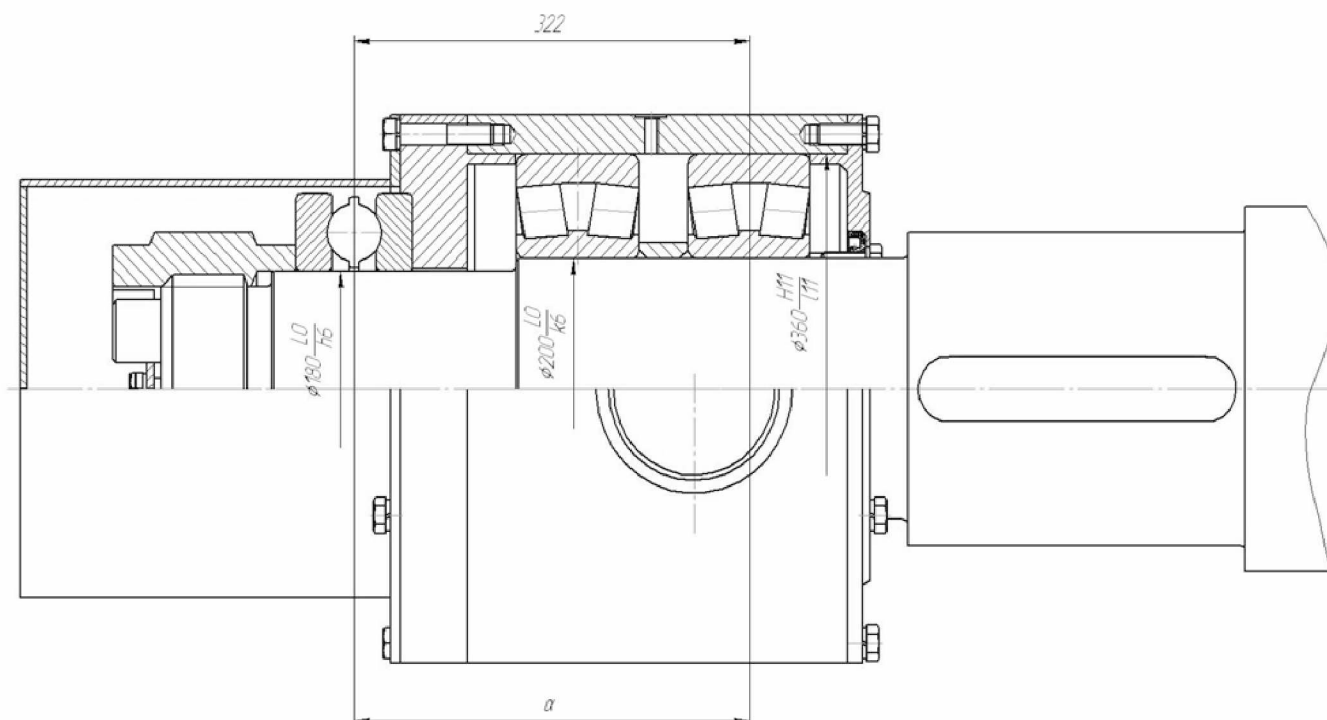
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-04.01.АСПМ	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
5	$\bar{A}_5 -$	100	h10	0,22	$100_{-0,22}$
6	$\bar{A}_1 +$	310	js14	1,3	$310 \pm 0,65$
Замикаючий ланцюг					
7	$\bar{A}_\Sigma$	1		3,5	$1_{-1,53}^{+1,97}$

1.3.2 Виявлення та розрахунок кутових розмірних ланцюгів

Схема кутового розмірного ланцюга α представлена на рисунку 1.3. Через наявність зазору між цапфою та підшипником ковзання виникає перекус [24].

Рисунок 1.5 – Схема кутового розмірного ланцюга α

Визначаємо максимальний радіальний зазор у даних підшипниках, використовуючи довідкові дані – $G_{РАД} = 35 \text{ мкм}$.

Зазор у з'єднанні кришка - підшипник становить $S_{МАХ} = 46 \text{ мкм}$.

Побудуємо схему перекосу, що зображена на рисунку 1.7.

Визначаємо величину кута перекосу.

Кут перекосу вала визначається за формулою:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{G_{РАД} + S_{МАХ}}{l} \right), \quad (1.1)$$

де L – відстань між підшипниками, мм;

l – відстань від одного підшипника до центру перекосу, мм;

α - кут перекосу, $aa' = bb' = G_{РАД} + S_{МАХ}$.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставимо значення у формулу і отримаємо:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{0,035 + 0,046}{161}\right) = 0,02 = 0^{\circ}1'43''$$

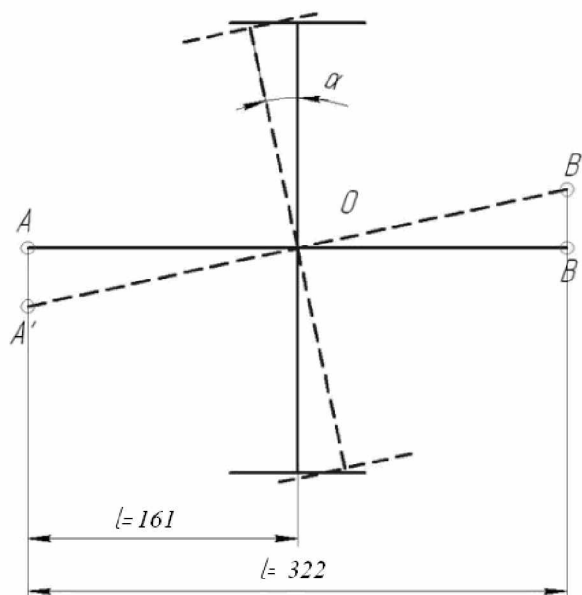


Рисунок 1.6 – Схема перекосу

Максимально допустимий перекіс вісі $f_X = 85 \text{ мкм}$.

На рисунку 1.7 представлена схема для визначення допустимого кута перекосу.

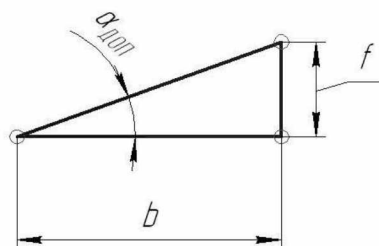


Рисунок 1.7 – Схема визначення допустимого кута перекосу

Визначимо допустимий для даного валу кут перекосу:

$$\alpha_{\text{доп}} = \arctg\left(\frac{0,085}{161}\right) = 0,03 = 0^{\circ}1'48''$$

Отже, розрахований кут перекосу валу менший за допустимий.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन

Деталь «Вал» є складовим елементом опори верхньої спіралі класифікатора 2КС-30. Основним її призначенням є передача обертового моменту, а також забезпечення стабільності взаємного розташування з'єднаних із нею деталей протягом тривалого терміну експлуатації. У процесі роботи на цапфу діють згинальні та крутильні навантаження, а також вплив зносу.

Ця деталь функціонує в умовах змішаного механічного навантаження на високих швидкостях, передаючи значні крутні моменти. З огляду на це, матеріал для її виготовлення повинен мати високу зносостійкість та достатній рівень міцності. Найбільш відповідною у цьому випадку є сталь 45 згідно з ДСТУ 7809:2015, яка відзначається високою міцністю, середньою в'язкістю та низькою зварюваністю. Для підвищення твердості та зносостійкості проводиться гартування.

Альтернативними матеріалами можуть бути сталі марок 40Х, 50 або 50Г, які мають подібні хімічні та механічні властивості. Вони також широко застосовуються для виготовлення відповідальних деталей, що працюють під значними навантаженнями, зокрема валів, шестерень і циліндрів [2].

Для досягнення необхідних експлуатаційних характеристик, зокрема кращої оброблюваності, сталь піддають термічній обробці – гартуванню з наступним відпуском (покращенням). Процес гартування проводиться при температурі 840-860 °С із подальшим охолодженням у воді, а відпуск здійснюється при температурі 400 °С з охолодженням на повітрі. У результаті такої обробки сталь набуває твердості до 285 НВ, підвищуються її міцність і зносостійкість.

Зображення цапфи наведене на рисунку 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічна характеристика сталі 45 ДСТУ 7809:2015 та її заміників

Склад	N, %	Si, %	Mn, %	Cu, %	Ni, %	S, %	C, %	P, %	Cr, %
40Х	до 0,3	0,17÷ 0,37	0,5÷ 0,8	до 0,3	до 0,3	до 0,035	0,36÷ 0,44	до 0,035	0,8÷ 1,1
45	до 0,25	0,17÷ 0,37	0,5÷ 0,8	до 0,25	до 0,25	до 0,04	0,41÷ 0,49	до 0,035	до 0,25
50	до 0,25	0,17÷ 0,37	0,5÷ 0,8	до 0,25	до 0,25	до 0,04	0,46÷ 0,54	до 0,035	до 0,25
50Г2	до 0,25	0,17- 0,37	1,40- 1,80	до 0,3	до 0,3	до 0,035	0,46÷ 0,54	до 0,035	до 0,30

					КНУ.КБР.131.25.1-04.02.ТПВД				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Воронін			Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту				
Перевір.		Кіяновський							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
					Літ.	Арк.	Аркцшів		
					Каф. ТМ, гр. ПМ-21				

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015 та її замінників

Марка сталі	σ_T , МПа	σ_{BP} , МПа	δ_s , %	ψ , %	a_H , Дж/м ²	Твердість НВ (МПа)
	не менше					не більше
45	470	245	19	42	390	235
40X	980	785	10	45	590	235
50Г2	570	315	14	35	340	229
50	530	275	17	38	340	207

Можна зробити висновок, що сталь 40X найбільш підходить для заміни, так як має близькі механічні властивості.

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Проводимо нумерацію поверхонь на кресленні деталі (рис. 2.1).

Основні поверхні служать для визначення положення деталі у вузлі. До них відносяться шийки цапфи під підшипники 5 $\varnothing 180_{-0,025}^{+0,033}$ мм, Ra 1,6 і 7 $\varnothing 200_{+0,004}^{+0,033}$ мм, Ra 1,6.

Допоміжні поверхні служать для визначення положення деталей, що приєднуються. Допоміжними поверхнями є поверхня 15 $\varnothing 365_{+0,435}^{+0,524}$ мм, Ra 1,6 і поверхня 9 $\varnothing 240_{+0,031}^{+0,060}$ мм, Ra 1,6.

Спряженими є зовнішня різьбова поверхня 3 Tr175×16 з шорсткістю Ra 6,3, поверхні 17,18 – 2 шпонковий пази з шорсткістю Ra 3,2, квалітет 9, також поверхня 20 два пази шорсткістю Ra 6,3, квалітет 12 і поверхня 19 – чотири різьбові отвори, що позначені на кресленні M16-7H×40-45/2×45°.

До вільних поверхонь відносяться всі інші поверхні.

В таблиці 2.3 приведені характеристики поверхонь.

Таблиця 2.3 – Характеристика поверхонь

№ повні	Номінальний розмір, мм	Квалітет, IT	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, Ra, мкм	Відхилення форми чи розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1,16	1395	14	0	12,5	-
			-3,1		
2	$\varnothing 140$	14	0	12,5	-
			-1,0		
3	Tr175×16	8	0	6,3	-
			-0,063		

					КНУ.КБР.131.25.1-04.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
4	20	14	0 -0,52	12,5	-
5	Ø180	6	0 -0,025	1,6	 0,2  0,2 Г
6	200	14	0 -1,15	12,5	 0,2 Г
7	Ø200	6	+0,033 +0,004	1,6	-
8	320	14	0 -1,4	12,5	 0,2 Г
9	Ø240	6	+0,060 +0,031	1,6	-
10	275	14	0 -1,3	12,5	 0,2 Г
11	Ø280	14	0 -1,3	12,5	-
12,14	40	14	0 -0,62	12,5	-
13	Ø375	14	0 -1,4	12,5	-
15	Ø365	8	+0,524 +0,435	1,6	-
16	325	14	0 -1,4	12,5	-
17,18	Шпонковий паз 50×14	9	-0,026 -0,088	3,2	 0,06 Г  0,2 Г
19	M16	7H		3,2	 1,0
20	40	12	+0,25 0	6,3	-

Таким чином, вимоги до шорсткості, квалітетів допусків, допуски відхилення від форми та розташування поверхонь, що позначені на кресленні, дають можливість обробки деталі на верстатах нормальної точності, а деяких чистових операцій – на точних верстатах.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

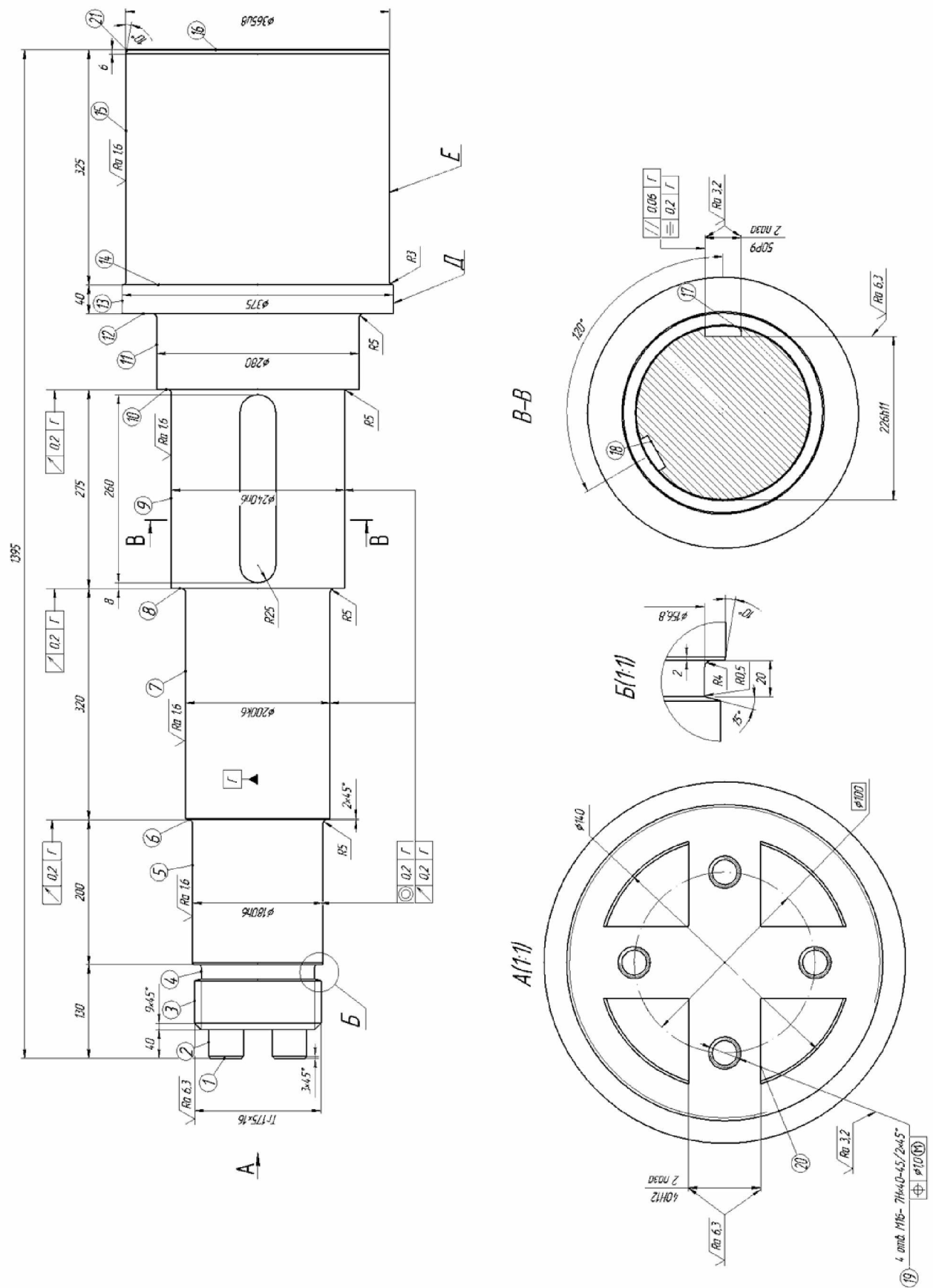


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Вал»

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-04.02.ТПВД	Арк.

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні зображений головний вид і вид зліва цапфи. Також на кресленні присутні виносний вид з канавкою і переріз із пазами. Невказана шорсткість становить Ra12,5. Цього достатньо для повного уявлення про форму та розміри деталі.

На деталі проставлені всі необхідні розміри – лінійні та діаметральні, при чому основні поверхні із вказівкою граничних відхилень. Більша частина розмірів не має проставлених граничних відхилень і виконується по 14 квалітету точності. Шорсткість основних поверхонь указана на виносних лініях. Всі інші поверхні з не зазначеною шорсткістю оброблюються по 14 квалітету, про що свідчить запис у правом верхньому куту на кресленні.

Технічні вимоги містять інформацію про групу складності заготовки, невказані допуски та граничні відхилення по 14 квалітету.

У штампі креслення зазначена назва деталі, матеріал, з якого вона виготовляється (Сталь 45 ДСТУ 7809:2015), маса деталі (584,1 кг), масштаб виконання (1:4).

Таким чином креслення відповідає вимогам ЄСКД і дає повну уяву про розміри, форму деталі й вимоги до її якості

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Конструкція деталі «Вал» забезпечує можливість обробки площин прохідним способом без жодних обмежень. Відстань між отворами дозволяє їх одночасну обробку на багатошпиндельних верстатах. Геометрія отворів дозволяє здійснювати їх розточування з одного боку також прохідним методом. До всіх поверхонь забезпечено вільний доступ ріжучого інструменту.

Як заготовку використовується кована поковка, виготовлена методом вільного кування на молотах. Однак така заготовка вважається нетехнологічною через велику масу, що потребує застосування допоміжного обладнання, зокрема маніпуляторів. У той же час деталь має розвинену систему базових поверхонь, що дозволяє надійно встановлювати і закріплювати її під час механічної обробки.

Конструкція цапфи є відносно простою, що сприяє вільному підведенню та відведенню як ріжучого, так і вимірювального інструменту під час технічного контролю. Досягнення необхідної розмірної точності забезпечується на універсальному верстатному обладнанні з використанням стандартного інструменту.

Жорсткість деталі оцінюється за співвідношенням довжини до діаметра: $l/d=1395/375=3,72$, що вказує на достатню жорсткість. Водночас велика маса та габарити зумовлюють потребу у використанні додаткового оснащення, наприклад, люнета. Це, у свою чергу, дозволяє застосовувати підвищені режими різання та організовувати одночасну обробку кількома інструментами.

Необхідні параметри точності та шорсткості поверхонь досягаються на верстатах звичайної точності без потреби у спеціалізованому обладнанні.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Узагальнюючи, можна зробити висновок, що деталь є технологічною за формою, однак маса та окремі конструктивні елементи (зокрема, пази й торцеві отвори) знижують її загальну технологічність.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

1.Трудомісткість виготовлення деталі можна підрахувати тільки після нормування розробленого Т.П.

2.Економічну ефективність у рамках задачі, яка вирішується, розрахувати не можливо.

3.Коефіцієнт використання матеріалу [21]:

$$K = M_3 / M_d \quad (2.1)$$

де M_3 – маса заготовки; M_d – маса деталі.

$$K = \frac{640}{584,1} = 1,1$$

4.Розраховуємо середню точність, яка знаходиться по формулі:

$$IT_{сер} = \frac{\sum T \cdot n}{N}, \quad (2.2)$$

де: $\sum TI$ - сума квалітетів точності деталі;

n - кількість поверхонь однакової точності;

N - загальна кількість поверхонь.

Тоді:

$$IT_{сер} = \frac{14 \cdot 13 + 12 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 3}{20} = 11,9.$$

Це свідчить, що деталь має невисоку точність.

5.Розраховуємо середню шорсткість:

$$Ra_{сер} = \frac{\sum Ra \cdot n}{N}, \quad (2.3)$$

де $\sum Ra$ - сума шорсткості поверхонь деталі;

n - кількість поверхонь із однаковою шорсткістю.

$$Ra_{сер} = \frac{12 \cdot 12,5 + 6,3 \cdot 2 + 3,2 \cdot 2 + 1,6 \cdot 4}{20} = 8,77.$$

З визначеної середньої шорсткості видно, що деталь має середні вимоги до шорсткості.

6. Розраховуємо коефіцієнт уніфікації деталі [21]:

$$K_y = \frac{Q_{y.n.}}{Q_3}, \quad (2.4)$$

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

Q_3 – загальна кількість поверхонь.

$$K_y = \frac{18}{20} = 0,9.$$

Вирахуваний коефіцієнт уніфікації $K_y = 0,9$ – високий.

Таким чином, загалом деталь технологічна.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

2.5 Вибір діючого заводського технологічного процесу. Задачі проектування

За базовий технологічний процес використаємо заводський, що приведений у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Заводський технологічний процес обробки деталі

№ операції	Найменування операції	Тип обладнання та оснастка	Інструмент
1	2	3	4
005	Контрольна Вхідний контроль ВТК Заготовка КПЦ: поковка $\varnothing 405 \pm 8$, $\varnothing 275 \pm 7$, довжиною 1470 ± 22		
010	Розміточна Розмістити торець під зацентровування		
015	Розточна Установити, закріпити. Фрезерувати торець. Зацентрувати.		
020	Токарна (чорнова) Установити, закріпити. Точити начорно з припуском 10мм на діаметри і 3мм на торці	РТ-801Ф1	Різець прохідний відігнутий 25×20 L=170 ДСТУ ГОСТ 18877:2018
025	Контрольна Контроль ВТК		
030	Токарна Установити і закріпити. Підрізати торець в р-р 1410. Точити остаточно витримуючи розміри креслення: $\varnothing 280$ на довжину 105, виконавши R5 з підрізкою торця по $\varnothing 375$ в р-р 40; $\varnothing 280_{n6}^{(+0,06/+0,031)}$ на довжину 275, виконавши R5 з підрізкою торця по $\varnothing 280$ в р-р 105; $\varnothing 200_{k6}^{(+0,033/+0,004)}$ на довжину 320, виконавши R5 з підрізкою торця по $\varnothing 240$ в р-р 275; обточити фаску $2 \times 45^\circ$; $\varnothing 180_{h6}^{(-0,025)}$ на довжину 200, виконавши R5 з підрізкою торця по $\varnothing 200$ в р-р 320; точити зовнішній	ДР133/900	Різець прохідний відігнутий 32×20 L=170 ДСТУ ГОСТ 18872:2018 Різець різьбовий 32×20 S=16 тип 3 ДСТУ ГОСТ 18872:2018

					КНУ.КБР.131.25.1-04.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
	діаметр під нарізання різьби Tr175×16 на довжину 130; проточити канавку до Ø156,8 шириною 20, витримуючи розміри креслення (вид Б); точити Ø140 на довжину 40; обточити фаски 3×45°; 9×45°. Нарізати різьбу Tr175×16 на довжину 70.		
035	Розміточна Розмітити 2 шпон. пази; 2 торцевих паза; 4 отв. M16.		
040	Розточна Установити, закріпити. Фрезерувати 2 шпонкових паза в розмір 50P9×260 з переустановом на кут 120° витримавши розмір 226 _{-0,3} . Фрезерувати 2 торцевих паза в розмір H=40H12 по Ø140. Свердлити, нарізати різьбу 4отв.M16.	W160H	Фреза шпонкова Ø50 L=38 ГОСТ 9140-78 Фреза шпонкова Ø40 L=63 ДСТУ ГОСТ 9140:2015 Свердло Ø13,8 ДСТУ ГОСТ 10903:2015 Мітчик M16 ДСТУ ГОСТ 3266:2015
045	Зачистка Зачистити слюсарно		
050	Маркувальна Маркувати номер заказу і креслення		
055	Контрольна Контроль ВТК		

Проаналізувавши заводський технологічний процес на токарній та розточувальній операціях замінимо моделі верстатів. Для фрезерування шпонкових пазів та токарної чистової обробки використаємо багатофункціональний центр Weisser Artery M-2 5X. Це приведе до скорочення часу на наладку та обробку деталі, зменшення її собівартості.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	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 обґрунтування варіантів одержання заготовки використовуємо матрицю впливу факторів, що представлена таблицею 3.1 [5].

Таблиця 3.1 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори				Сума
	Форма і розміри заготовки	Точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Економія матеріалу	
Лиття піщано глинясті форми	+	-	-	+	2
Ковка на молотах	+	+	+	+	4
Ковка на пресах	+	+	+	-	3

Можна зробити висновок, що найбільш оптимальним способом отримання заготовки є ковка.

Проводимо техніко-економічне порівняння варіантів одержання заготовки, порівнюючи ковку з прокатом.

Вартість заготовки обчислюється за формулою 3.1[5]:

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{оп} - (Q - q) \cdot Ц \quad (3.1)$$

де M – маса заготовки, кг;

C – вихідна оптова ціна 1 кг заготовки ($C=3$ грн), грн.;

K_n – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_c – коефіцієнт, що враховує виготовлення заготовок;

$K_{оп}$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки,

q – чиста маса деталі, кг;

$Ц$ – ціна 1кг відходів ($Ц=0,16$ грн.), грн;

$З_о$ – заробітна плата по операціям механічної обробки, грн.

Вартість кування на молотах :

$$A = 640 \cdot 3,39 \cdot 0,735 \cdot 0,78 \cdot 0,5 - (640 - 584,1) \cdot 0,16 = 612,97 \text{ грн}$$

Вартість кування на пресах :

$$A = 655 \cdot 3,39 \cdot 0,735 \cdot 0,89 \cdot 0,5 - (655 - 584,1) \cdot 0,16 = 714,91 \text{ грн}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування технологічного процесу обробки деталі			Літ.	Арк.	Архців
Розроб.	Воронін									
Перевір.	Кіяндовський									
Реценз.										
Н. контр.	Нечаєв									
Заб. каф.	Рязанцев									
					Каф. ТМ, гр. ПМ-21					

Таким чином, можна зробити висновок, що вибір поковки в якості заготовки є економічно вигідним.

3.1.2 Проектування заготовок

Проводимо проектування поковки виготовленої ковкою на молотах.

На рисунку 3.1 наведено ескіз деталі «Вал». Дані для проектування заготовки заносимо в таблицю 3.2.

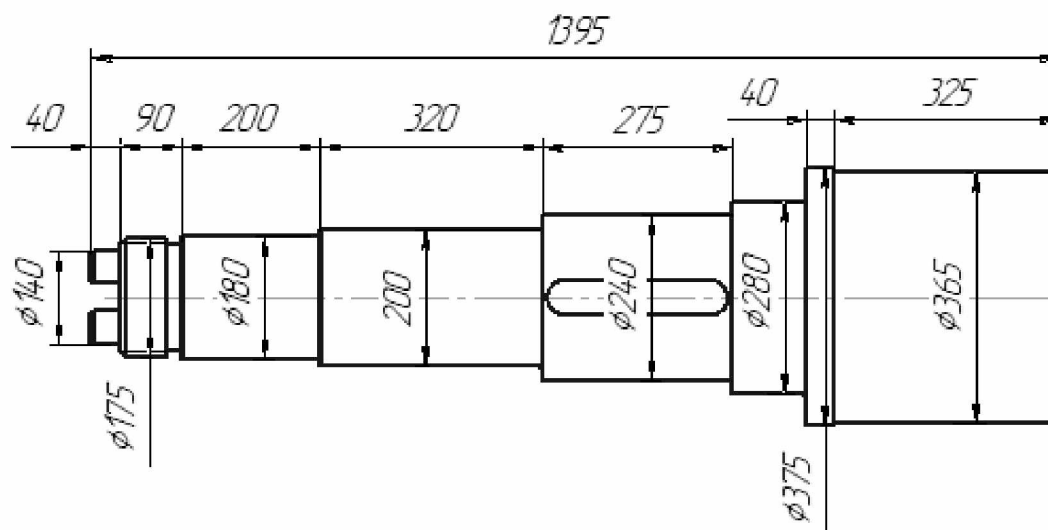


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі «Вал»

Таблиця 3.2 – Дані проектування заготовки

№ з/п	Номінальний розмір, мм	Основний припуск, мм	Граничні відхилення, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір заготовки, мм
1	Ø140	13	±4	10	Ø163±4
2	Ø175	14	±4	10	Ø199±4
3	Ø180	14	±4	10	Ø204±4
4	Ø200	14	±4	(9)	Ø214±4
5	Ø240	15	±4	7	Ø262±4
6	Ø280	16	±5	5	Ø301±5
7	Ø375	18	±5	9	Ø402±5
8	Ø365	18	±5	3	Ø386±5
9	40	0,5×18=27	±10	-	49±10
10	90	0	±7,5	-	90±7,5
11	200	-	±7,5	-	200±7,5
12	320	-	±7,5	-	320±7,5
13	275	-	±7,5	-	275±7,5
14	40	1,5×18=27	±7,5	-	67±7,5
15	325	0,5×18=9	±10	-	334±10
16	1395	2,5×18=45	2,5×5=±12,5	-	1440±12,5

Основні припуски і граничні відхилення на діаметри уступів і виступів деталі призначають залежно від загальної довжини деталі L і діаметра D.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Припуск на загальну довжину заготовки:

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

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

$$2,5 \cdot (18 \pm 5) = 45 \pm 12,5$$

Припуски на всі інші розміри розраховуємо згідно правила розмірних ланцюгів.

Додатковий припуск S призначаємо на діаметри всіх перетинів, окрім основного, в залежності від різниці діаметрів найбільшого і перерізів деталі, що розглядаються. Величину припуску визначаємо по таблиці 3 [10].

Визначаємо основний перетин, для чого розраховуємо площі повздовжніх перетинів ступіней:

$$F_{\max} = D_{\max} \times L_{\max} = 293 \times 67 = 2,6 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$F_1 = D_1 \times L_1 = 163 \times 49 = 0,8 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$F_2 = D_2 \times L_2 = 214 \times 610 = 13,05 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$F_3 = D_3 \times L_3 = 263 \times 275 = 7,2 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$F_4 = D_4 \times L_4 = 301 \times 105 = 3,2 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$F_5 = D_5 \times L_5 = 386 \times 334 = 12,9 \times 10^4 \text{ мм}^2$$

Для ступенів, площа поперечних перетинів яких більше площі повздовжнього перетину ступені найбільшого діаметра $D'_{\max} \times l' = 2,6 \times 10^4 \text{ мм}^2$, розраховують A_i :

$$\text{для діаметра 214 мм } A_2 = 9(13,05 \times 10^4 - 2,6 \times 10^4) = 94,05 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$\text{для діаметра 263 мм } A_3 = 7(7,2 \times 10^4 - 2,6 \times 10^4) = 32,2 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$\text{для діаметра 301 мм } A_4 = 5(3,2 \times 10^4 - 2,6 \times 10^4) = 3 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$\text{для діаметра 386 мм } A_5 = 3(12,9 \times 10^4 - 2,6 \times 10^4) = 30,9 \times 10^4 \text{ мм}^2.$$

Отже, за основний перетин приймаємо перетин не з максимальним діаметром, а з діаметром 214 мм². Додатковий припуск переносимо з цього діаметру на максимальний $F_{\max}$.

Проміжний уступ діаметром 199 мм не виконуваний, оскільки його висота $h_3=2,5$ мм і менша ніж 5 мм (таблиця 4[10]).

Проміжний уступ діаметром 204 мм не виконуваний, оскільки його висота $h_3=5$ мм і менша ніж 6 мм (таблиця 4[10]).

Проміжний уступ діаметром 386 мм виконуваний, оскільки його висота $h_5=8$ мм і за таблицею вважається виконуваною для цього діаметру. Довжина уступу $l=334$ більше мінімальної довжини $l=0,3 \times B_6=0,4 \times 200=80$ мм, тому і по довжині уступ є виконуваним.

Проводимо проектування поковки виготовленої ковкою на пресах.

Дані для проектування заготовки заносимо в таблицю 3.3.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Дані проектування заготовки

№ з/п	Номінальний розмір, мм	Основний припуск, мм	Граничні відхилення, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір заготовки, мм
1	Ø180	15	±6	10	Ø205±6
2	Ø200	16	±6	(9)	Ø216±6
3	Ø240	18	±7	7	Ø265±7
4	Ø280	19	±7	5	Ø304±7
5	Ø375	22	±8	9	Ø406±8
6	Ø365	22	±8	3	Ø389±8
7	330	10,5	±12	-	340,5±12
8	320	-1,5	±12	-	318,5±7,5
9	275	-0,75	±12	-	274,25±7,5
10	40	33	±12	-	67±7,5
11	325	16,5	±12	-	
12	1395	55,5	±21	-	1440±12,5

Основні припуски і допуски на діаметри визначають по таблиці 3 залежно від загальної довжини деталі L і діаметра D.

Припуски на всі інші розміри розраховуємо згідно правила розмірних ланцюгів.

Додатковий припуск S призначаємо на діаметри всіх перетинів, окрім основного, в залежності від різниці діаметрів найбільшого і перерізів деталі, що розглядаються. Величину припуску визначаємо по таблиці 3[18].

Розміри висот і довжин уступів і виїмок

Довжина уступу діаметром 406 рівна 40 мм. За таблицею 8[18] мінімальна довжина повинна бути 290 тому уступ не виконується.

Довжина уступу діаметром 304 рівна 40 мм. За таблицею 8[18] мінімальна довжина повинна бути 270 тому уступ не виконується.

Висота уступу діаметрами 205 рівна 11 мм. За таблицею 7[18] мінімальна висота повинна бути 12 тому уступ не виконується.

Виконуємо креслення заготовки (рис. 3.2).

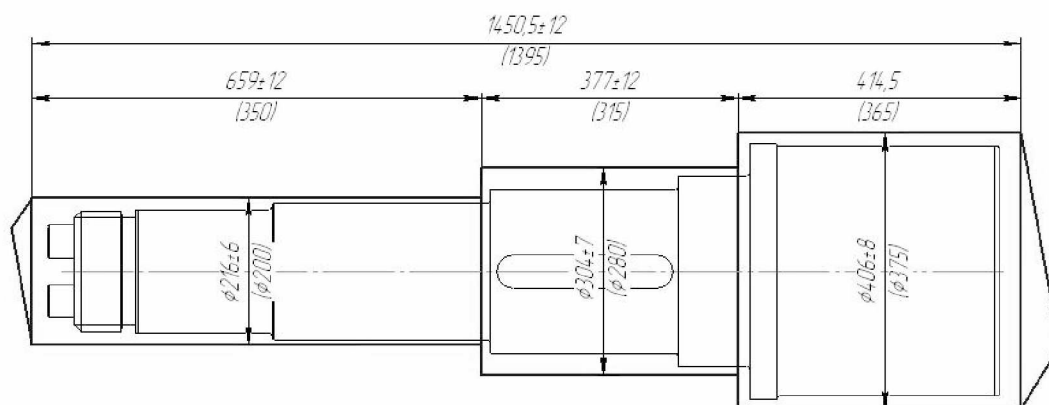


Рисунок 3.2 – Заготовка поковка виготовлена ковкою на пресах

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

3.2 Вибір і обґрунтування баз

За своїм призначенням і областю використання в машинобудуванні бази поділяються на конструкторські, вимірювальні та технологічні, які використовуються при зборці чи механічній обробці. Єдність баз досягається при поєднанні основних поверхонь з конструкторськими основними базами, а допоміжних – з допоміжними конструкторськими базами.

До конструкторських основних відносяться шийки вала під підшипники 5 - $\varnothing 180_{-0,025}^{+0,033}$ мм, Ra 1,6 і 7 - $\varnothing 200_{+0,004}^{+0,033}$ мм, Ra 1,6.

До конструкторських допоміжних баз поверхня 15 $\varnothing 365_{+0,435}^{+0,524}$ мм, Ra 1,6 і поверхня 9 $\varnothing 240_{+0,031}^{+0,060}$ мм, Ra 1,6.

Технологічними базами є зовнішні циліндричні поверхні, які були зазначені вище у якості конструкторських баз.

Вимірювальні бази співпадають з конструкторськими основними базами.

Теоретична схема базування з вказівкою 6 опорних точок зображена на рисунку 3.3.

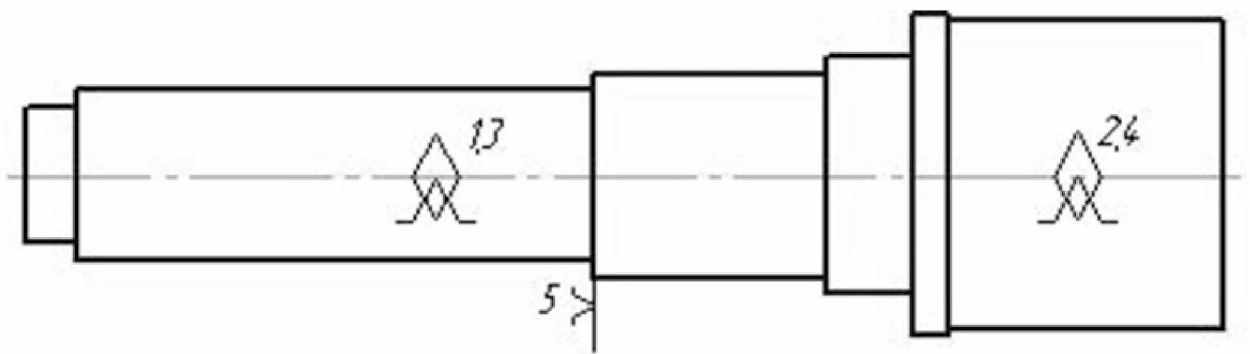


Рисунок 3.3 – Теоретична схема базування

На рисунках 3.4, 3.5, представлені схеми базування деталі на різних операціях.

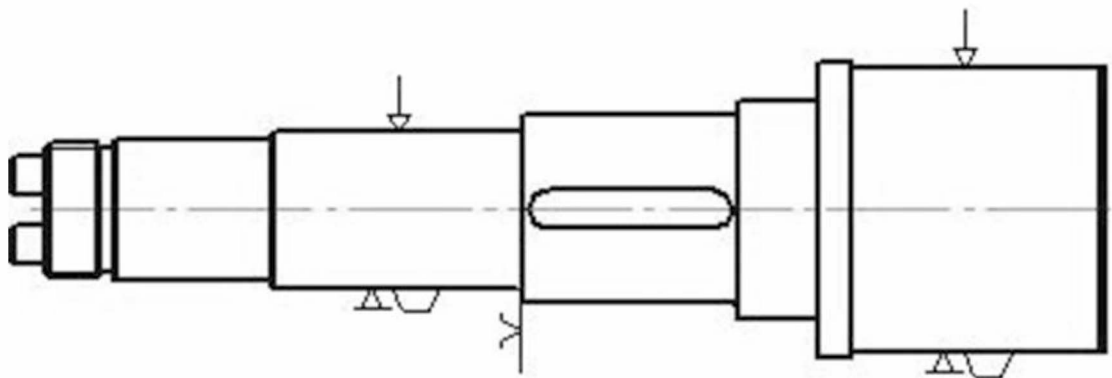


Рисунок 3.4 – Схема базування на горизонтально – розточну і вертикально фрезерну операції

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

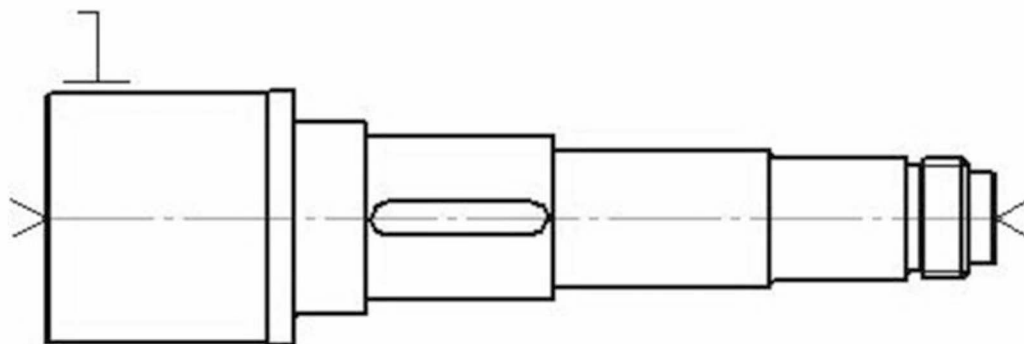


Рисунок 3.5 – Схема базування на токарну операцію

Принцип єдності баз зберігається.

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості. Отримані результати представлені у таблиці 3.4 [23].

Таблиця 3.4 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм
1	2	3	4	5
1,16 1395	Заготовка	25	16	7800
	Фрезерувати торці	12,5	14	3100
2 Ø140	Заготовка	25	16	2500
	Точити начорно	12,5	14	1000
3 Tr175×16	Заготовка	25	16	2500
	Точити начорно	12,5	14	1000
	Точити півчисто	6,3	10	160
	Нарізати різьбу	6,3	8	63
4 20	Заготовка	25	16	1300
	Точити канавку	12,5	14	520
5 Ø180	Заготовка	25	16	2500
	Точити начорно	12,5	14	1000
	Точити півчисто	6,3	10	160
	Точити начисто	3,2	8	63
	Точити тонко	1,6	6	25
6 200	Заготовка	25	16	2900
	Точити торець	12,5	14	1150
7 Ø200	Заготовка	25	16	2900
	Точити начорно	12,5	14	1150
	Точити півчисто	6,3	10	185

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
	Точити начисто	3,2	8	72
	Точити тонко	1,6	6	29
8 320	Заготовка	25	16	3200
	Точити торець	12,5	14	1300
9 Ø240	Заготовка	25	16	2900
	Точити начорно	12,5	14	1150
	Точити півчисто	6,3	10	185
	Точити начисто	3,2	8	72
	Точити тонко	1,6	6	29
10 275	Заготовка	25	16	3200
	Точити торець	12,5	14	1300
11 Ø280	Заготовка	25	16	3200
	Точити начорно	12,5	14	1300
12,14 40	Заготовка	25	16	1600
	Точити торець	12,5	14	620
13 Ø375	Заготовка	25	16	3600
	Точити начорно	12,5	14	1400
15 Ø365	Заготовка	25	16	3600
	Точити начорно	12,5	14	1400
	Точити півчисто	6,3	10	360
	Точити начисто	3,2	9	140
	Точити тонко	1,6	8	89
17,18 50	Заготовка	-	-	-
	Фрезерувати паз	6,3	9	62
19 M16	Заготовка	-	-	-
	Свердлити	12,5	14	430
	Зенкерувати	6,3	10	70
	Розгортати	3,2	9	43
	Нарізати різьбу	3,2	7H	18
20 40	Заготовка	-	-	-
	Фрезерувати паз	6,3	12	250
21 6×10°	Заготовка	-	-	-
	Точити фаску	12,5	14	300

3.4 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового технологічного процесу розроблюємо технологічну послідовність деталі, що представлена у таблиці 3.5.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	Номер оброблюваної поверхні	Номер базуючої поверхні	Тип та модель верстата
005	Заготівельна	-	-	-
010	Фрезерно-центрувальна	1,16	7,8,15	Фрезерно – центрувальний MP75M
015	Токарна (чорнова)	Установ А: 14,15	1,3,16	Токарно – гвинторізний 16K30
		Установ Б: 2,3,5,6,7,8,9, 10,11,12	1,15,16	
020	Токарна з ЧПК	Установ А: 15,21	1,3,16	Багатофункціональний центр Weisser Artery M-2 5X
		Установ Б: 3,4,5,7,9	1,15,16	
025	Горизонтально - розточна	19,20	7,8,15	Горизонтально – розточний 2637ГФ2
030	Вертикально - фрезерна	17,18	1,3,16	Багатофункціональний центр Weisser Artery M-2 5X
035	Контрольна	-	-	-

3.5 Розробка технологічної операції

В залежності від моделі верстата, характеру обробки обираємо ріжучий, допоміжний та вимірювальний інструмент та заносимо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Послідовність технологічних операцій

№ опе р.	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3
005	Заготівельна	-
010	Фрезерно-центрувальна MP75M 1.Фрезерувати торці в розмір 1 2. Свердлити центрові отвори в розмір 2.	Фреза 2214-0007 ДСТУ ГОСТ 24359:2015 Свердло 2317-0011 ДСТУ ГОСТ 14952:2015 Штангенциркуль ШЦ-II-135-0,05 ГОСТ 166-89
015	Токарна (чорнова) 16K30 Установ А 1.Точити поверхню 2 в розмір 1.	

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.6

1	2	3
015	2. Підрізати торець 1. 3. Точити поверхню 3. Установ Б 1. Точити поверхню 4 в розмір 10. 2. Підрізати торці 10,11,12,13,14,15. 3. Точити поверхню 5 в розмір 11. 4. Точити поверхню 6 в розмір 12. 5. Точити поверхню 7 в розмір 13. 6. Точити поверхню 8 в розмір 14. 7. Точити поверхню 9 в розмір 15.	Різець 2101-0013 ДСТУ ГОСТ 18879:2015 Різець 2112-0057 ДСТУ ГОСТ 18880:2015 Різець 2102-0055 ДСТУ ГОСТ 166:2018 Різець 2100-2191 ДСТУ ГОСТ 26611:2015 Штангенциркуль ШЦ-II-135-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
020	Токарна з ЧПК Weisser Artery M-2 5X Установ А 1 Точити поверхню 1 напівчисто. 2. Точити поверхню 1 начисто. Установ Б 1. Точити поверхні 2,3,4,5 напівчисто. 2. Точити канавку 6 в розмір 7. 3. Точити поверхні 3,4,5 чисто. 4. Точити поверхні 3,4,5 тонко. 5. Нарізати різьбу 2.	Різець Seco C4-DWLNL-27050-08JETI Різець Seco SCLCR 2020K12 Штангенциркуль ШЦ-II-135-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
025	Горизонтально – розточувальна 2637ГФ2 1. Фрезерувати 2 торцевих пази в розмір 1 по діаметру 140. 2. Свердли 4 отвори під різьбу на глибину 2 3. Зенкувати 4 фаски в розмір 3. 4. Нарізати різьбу M16 в 4 отворах в розмір 4 на глибину 5	Фреза кінцева Seco d=40мм R217.69-3240.0-06-10AN Свердло Seco d =14 мм PMX6-14P7-EB845-RX2000 Зенківка 2353-0136 ДСТУ ГОСТ 14953:2015 Мітчик Seco M16 MTP-M16X2.00ISO6HX-TB-P004 Штангенциркуль ШЦ-II-135-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
030	Вертикально – фрезерна Weisser Artery M-2 5X 1. Фрезерувати 2 шпоночні пази	Фреза кінцева Seco d=50мм R217.69-3250.0-06-10AN
035	Контрольна	

3.6 Розрахунок міжопераційних припусків розмірів і припусків на обробку

Згідно розрахунків, що приведені вище, заповнюємо таблицю 3.7 на всі поверхні.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Між операційні розміри з допусками

№ пов., розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, ІТ	Допуск, мкм	Припуск, t, мм	Міжопераційний розмір з допусками, мм
1	2	3	4	5	6	7
1,16 1395	Заготовка	25	16	7800	45	1440±3,9
	Фрезерувати торці	12,5	14	3100	45	1395 _{-3,1}
2 Ø140	Заготовка	25	16	2500	23	Ø163±1,25
	Точити начорно	12,5	14	1000	23	Ø140 _{-1,0}
3 Tr175×16	Заготовка	25	16	2500	29	Ø204±1,25
	Точити начорно	12,5	14	1000	26	Ø178
	Точити півчисто	6,3	10	160	3	Ø175
	Нарізати різьбу	6,3	8	63		Tr175×16
4 20	Заготовка	25	16	1300	18,2	175±0,65
	Точити канавку	12,5	14	520	18,2	156,8 _{-0,52}
5 Ø180	Заготовка	25	16	2500	24	Ø204±1,25
	Точити начорно	12,5	14	1000	20	Ø184 _{-1,0}
	Точити півчисто	6,3	10	160	2,0	Ø182 _{-0,16}
	Точити начисто	3,2	8	63	1,4	Ø180,6 _{-0,063}
	Точити тонко	1,6	6	25	0,6	Ø180 _{-0,025}
6 200	Заготовка	25	16	2900	13,5	186,5±1,45
	Точити торець	12,5	14	1150	13,5	200 _{-1,15}
7 Ø200	Заготовка	25	16	2900	14	Ø214±1,45
	Точити начорно	12,5	14	1150	10	Ø204 _{-1,15}
	Точити півчисто	6,3	10	185	2,0	Ø202 _{-0,185}
	Точити начисто	3,2	8	72	1,4	Ø200,6 _{-0,072}
	Точити тонко	1,6	6	29	0,6	Ø200 _{+0,033 +0,004}
8 320	Заготовка	25	16	3200	13,5	306,5±1,6
	Точити торець	12,5	14	1300	13,5	320 _{-1,3}
9 Ø240	Заготовка	25	16	2900	22	Ø262±1,45
	Точити начорно	12,5	14	1150	18	Ø244 _{-1,15}
	Точити півчисто	6,3	10	185	2,0	Ø242 _{-0,185}
	Точити начисто	3,2	8	72	1,4	Ø240,6 _{-0,072}
	Точити тонко	1,6	6	29	0,6	Ø240 _{+0,060 +0,031}
10 275	Заготовка	25	16	3200	13,5	261,5±1,6
	Точити торець	12,5	14	1300	13,5	275 _{-1,3}
11 Ø280	Заготовка	25	16	3200	21	Ø301±1,6
	Точити начорно	12,5	14	1300	21	Ø280 _{-1,3}
12,14 40	Заготовка	25	16	1600	13,5	26,5±0,8
	Точити торець	12,5	14	620	13,5	40 _{-0,62}
13 Ø375	Заготовка	25	16	3600	27	Ø402±1,8
	Точити начорно	12,5	14	1400	27	Ø375 _{-1,4}
15 Ø365	Заготовка	25	16	3600	21	Ø386±1,8
	Точити начорно	12,5	14	1400	17	Ø369 _{-1,4}
	Точити півчисто	6,3	10	360	2,0	Ø367 _{-0,36}
	Точити начисто	3,2	9	140	1,4	Ø365,6 _{-0,14}
	Точити тонко	1,6	8	89	0,6	Ø365 _{+0,524 +0,435}

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7
17,18 50	Заготовка	-	-	-	-	-
	Фрезерувати паз	3,2	9	620	14	14 _{-0,62}
19 M16-7H	Заготовка	-	-	-	-	-
	Свердлити	12,5	14	430	13	13 _{-0,43}
	Зенкерувати	6,3	10	70	0,9	13,9 _{-0,07}
	Нарізати різьбу	3,2	7H	18	-	M16-7H
20 40	Заготовка	-	-	-	-	-
	Фрезерувати паз	6,3	12	250	40	40 ^{+0,25}

3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

3.7.1 Розрахунок і вибір режимів різання

Для розрахунку режимів різання та нормування технологічних операцій візьмемо операцію 015 Токарну чорнову, що проводиться на токарно-гвинторізному верстаті 16К30. Ескіз операції зображений на рисунку 3.8.

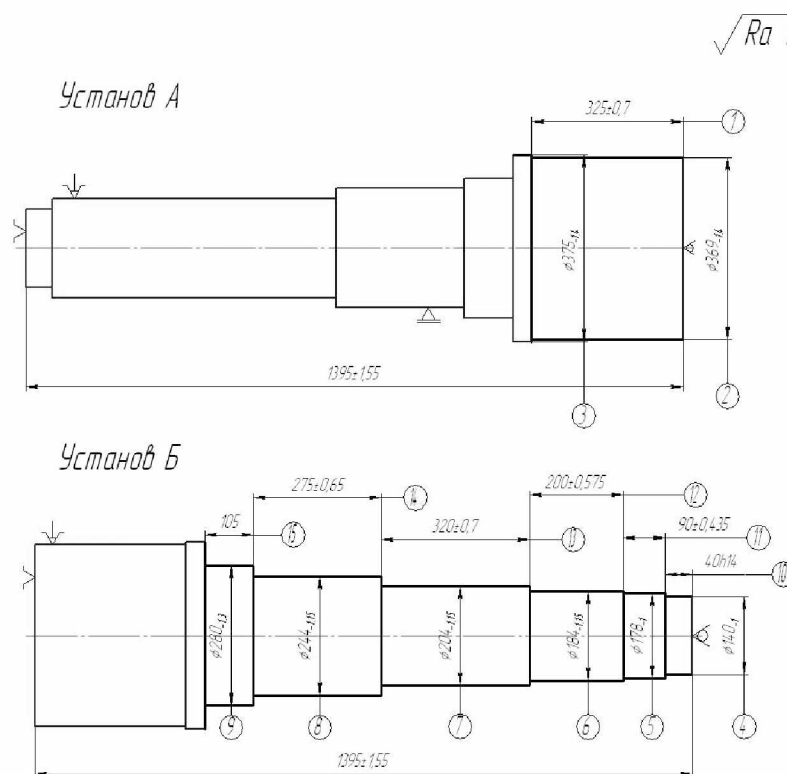


Рисунок 3.8 – Ескіз операції

Вихідні дані: матеріал – Сталь 45 ДСТУ 7809:2015, точність обробки IT14, Ra12,5.

Установ А:

перехід 1 – точіння циліндричної поверхні, різець прохідний упорний,
перехід 2 – підрізка торцю, різець підрізний,
перехід 3 – точіння циліндричної поверхні, різець прохідний упорний.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Установ Б:

перехід 1 – підрізка торцю, різець підрізний,

перехід 2 – точіння циліндричної поверхні, різець прохідний упорний,

перехід 3 – точіння циліндричної поверхні, різець прохідний упорний,

перехід 4 – точіння циліндричної поверхні, різець прохідний упорний,

перехід 5 – точіння циліндричної поверхні, різець прохідний упорний,

перехід 6 – точіння циліндричної поверхні, різець прохідний упорний.

Режими різання на установі Б аналогічні режимам на установі А (перехід 1, 2).

Припуск на обробку поверхонь:

Установ А: перехід 1 – 8,5мм, перехід 2 – 13,5мм.

Установ Б: перехід 1 – 11,5мм, перехід 2 - 13мм, перехід 3 – 10мм, перехід 4 – 5 мм, перехід 5 - 9мм, перехід 6 – 10,5мм.

Обираємо подачу в залежності від глибини зрізаємого шару, діаметру обробки поверхні:

Установ А: $S_1=0,63\text{мм/об}$, $S_2=0,63\text{мм/об}$.

Установ Б: $S_1=0,63\text{мм/об}$, $S_2=0,63\text{мм/об}$, $S_3=0,63\text{мм/об}$, $S_4=0,7\text{мм/об}$, $S_5=0,63\text{мм/об}$, $S_6=0,63\text{мм/об}$.

Швидкість різання при точінні визначається за формулою 3.3 [2]:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (3.3)$$

де C_V – коефіцієнт, x , y , m – показники степеню, T – стійкість інструменту, t – глибина різання, S – подача, $K_V = K_{MV} \cdot K_{TV} \cdot K_{IV}$ – коефіцієнт, що враховує вплив різних факторів ($K_V = 0,68$) [2].

Випикуємо табличні значення та розраховуємо швидкість різання.

Установ А:

$$V_1 = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 8,5^{0,15} \cdot 0,63^{0,2}} \cdot 0,68 = 92,39 \text{ м/хв},$$

$$V_2 = \frac{317}{90^{0,2} \cdot 13,5^{0,15} \cdot 0,63^{0,2}} \cdot 0,68 = 86,73 \text{ м/хв},$$

Установ Б:

$$V_1 = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 11,5^{0,15} \cdot 0,63^{0,2}} \cdot 0,68 = 88,84 \text{ м/хв},$$

$$V_2 = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 13^{0,15} \cdot 0,63^{0,2}} \cdot 0,68 = 87,22 \text{ м/хв},$$

$$V_3 = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 10^{0,15} \cdot 0,63^{0,2}} \cdot 0,68 = 90,72 \text{ м/хв},$$

$$V_4 = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 5^{0,15} \cdot 0,7^{0,2}} \cdot 0,68 = 98,57 \text{ м/хв},$$

$$V_5 = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 9^{0,15} \cdot 0,63^{0,2}} \cdot 0,68 = 92,17 \text{ м/хв},$$

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$V_6 = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 10,5^{0,15} \cdot 0,63^{0,2}} \cdot 0,68 = 90,06 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо кількість обертів шпинделя за формулою 3.4 та коректуємо в залежності від паспортних даних верстата.

$$n = \frac{V \cdot 1000}{3,14 \cdot d}, \quad (3.4)$$

Установ А:

$$n_1 = \frac{92,39 \cdot 1000}{3,14 \cdot 369} = 80,19 \text{ об/хв, приймаємо } n_1 = 72 \text{ об/хв,}$$

$$n_2 = \frac{86,73 \cdot 1000}{3,14 \cdot 375} = 73,62 \text{ об/хв, приймаємо } n_2 = 72 \text{ об/хв,}$$

Установ Б:

$$n_1 = \frac{88,84 \cdot 1000}{3,14 \cdot 140} = 202,01 \text{ об/хв, приймаємо } n_1 = 200 \text{ об/хв,}$$

$$n_2 = \frac{87,22 \cdot 1000}{3,14 \cdot 178} = 155,98 \text{ об/хв, приймаємо } n_2 = 160 \text{ об/хв,}$$

$$n_3 = \frac{90,72 \cdot 1000}{3,14 \cdot 184} = 156,95 \text{ об/хв, приймаємо } n_3 = 160 \text{ об/хв,}$$

$$n_4 = \frac{98,57 \cdot 1000}{3,14 \cdot 204} = 153,81 \text{ об/хв, приймаємо } n_3 = 160 \text{ об/хв,}$$

$$n_5 = \frac{92,17 \cdot 1000}{3,14 \cdot 244} = 120,24 \text{ об/хв, приймаємо } n_3 = 120 \text{ об/хв,}$$

$$n_6 = \frac{90,06 \cdot 1000}{3,14 \cdot 280} = 102,39 \text{ об/хв, приймаємо } n_3 = 100 \text{ об/хв,}$$

Корегуємо значення швидкості різання і отримуємо:

Установ А: $V_1 = 83,46 \text{ м/хв, } V_2 = 84,82 \text{ м/хв.}$

Установ Б: $V_1 = 87,92 \text{ м/хв, } V_2 = 89,42 \text{ м/хв, } V_3 = 92,44 \text{ м/хв, } V_4 = 102,48 \text{ м/хв, } V_5 = 91,98 \text{ м/хв, } V_6 = 87,92 \text{ м/хв}$

3.7.2 Нормування технологічного процесу

Основний машинний час обробки:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} \cdot i, \quad (3.5)$$

де $L_{\text{р.х.}} = L_{\text{рез}} + y$ — довжина робочого ходу, S — подача, n — частота обертання шпинделя, i — кількість проходів.

Розраховуємо основний машинний час обробки :

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Установ А:

$$T_{o1} = \frac{328}{0,63 \cdot 72} \cdot 3 = 21,69 \text{ хв},$$

$$T_{o2} = \frac{43}{0,63 \cdot 72} \cdot 3 = 2,84 \text{ хв},$$

Установ Б:

$$T_{o1} = \frac{43}{0,63 \cdot 200} \cdot 3 = 1,02 \text{ хв},$$

$$T_{o2} = \frac{93}{0,63 \cdot 160} \cdot 3 = 2,76 \text{ хв},$$

$$T_{o3} = \frac{203}{0,63 \cdot 160} \cdot 3 = 6,04 \text{ хв},$$

$$T_{o4} = \frac{323}{0,7 \cdot 160} \cdot 2 = 5,76 \text{ хв},$$

$$T_{o5} = \frac{278}{0,63 \cdot 120} \cdot 3 = 11,03 \text{ хв},$$

$$T_{o6} = \frac{108}{0,63 \cdot 100} \cdot 3 = 13,23 \text{ хв}.$$

Сумарний основний машинний час:

$$T_o = 21,69 + 2,84 + 1,02 + 2,76 + 6,04 + 5,76 + 11,03 + 13,23 = \text{хв}.$$

Машино - допоміжний час знаходимо з формули:

$$T_d = 8,96 \text{ хв}$$

Таким чином, оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 64,36 + 8,96 = 72,32 \text{ хв}$$

Час на відпочинок та обслуговування визначається у відсотках від оперативного часу. Для токарної операції він становить 7%

$$T_{відп} + T_{обсл} = 0,07 \cdot 72,32 = 5,13 \text{ хв}, \quad (3.6)$$

Норму штучного часу:

$$\begin{aligned} T_{шт} &= T_o + T_d + T_{відп} + T_{обсл} \\ T_{шт} &= 64,36 + 8,96 + 5,13 = 78,45 \text{ хв} \end{aligned} \quad (3.7)$$

Норму штучно - калькуляційного часу визначаємо за формулою:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{п-з}/n, \quad (3.8)$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-заклучний час, що визначається на всю партію, n – розмір партії.

$$T_{шк} = 78,45 + 12/2000 = 78,46 \text{ хв}$$

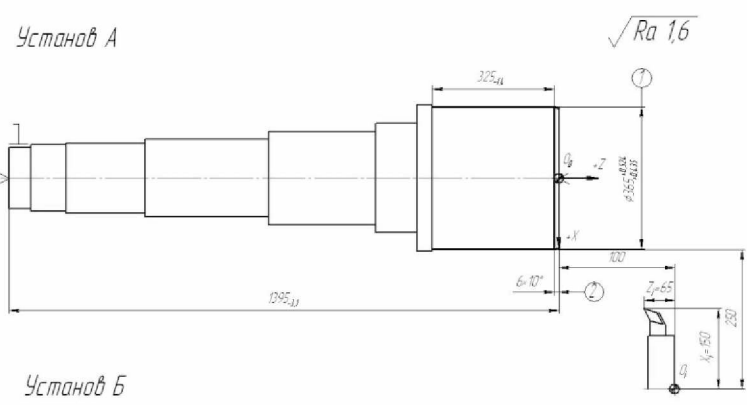
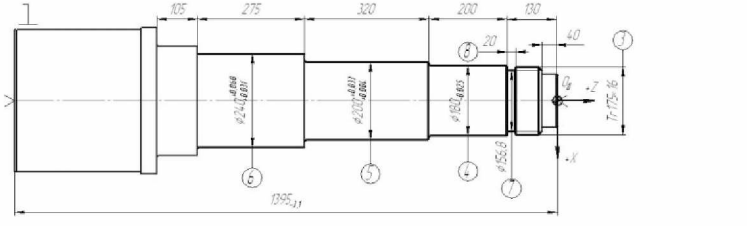
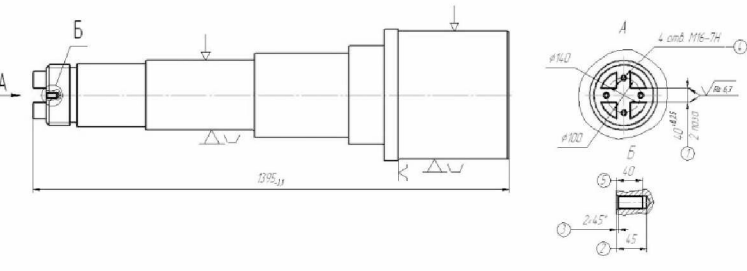
В таблиці 3.8 приведена послідовність обробки деталі, представлені ескізи операцій.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-т.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.8 – Ескізи операцій обробки деталі

№ опер.	Назва операції, верстат, зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції
1	2	3
005	Заготівельна	
010	Фрезерно-центрувальна MP75M 1. Установити, закріпити, зняти. 2. Фрезерувати торці в розмір 1. 3. Свердлити центрові отвори в розмір 2.	
015	Токарна (чорнова) 16K30 Установ А 1. Установити, закріпити, зняти. 2. Точити поверхню 2 в розмір 1. 3. Підрізати торець 1. 4. Точити поверхню 3. Установ Б 1. Переустановити деталь. 2. Точити поверхню 4 в розмір 10. 3. Підрізати торці 10, 11, 12, 13, 14, 15. 4. Точити поверхню 5 в розмір 11. 4. Точити поверхню 6 в розмір 12. 5. Точити поверхню 7 в розмір 13. 6. Точити поверхню 8 в розмір 14. 7. Точити поверхню 9 в розмір 15.	

Продовження таблиці 3.8

1	2	3
020	Токарна з ЧПК 16К30Ф3 Установ А 1. Установити, закріпити, зняти 2. Точити поверхню 1 напівчисто. 3. Точити поверхню 1 начисто. 4. Точити фаску 2 Установ Б 1. Переустановити 2. Точити поверхні 3, 4, 5, 6 напівчисто. 3. Точити канавку 7 в розмір 8. 4. Точити поверхні 4, 5, 6 чисто. 5. Точити поверхні 4, 5, 6 тонко. 6. Нарізати різьбу 3.	Установ А  Установ Б 
025	Горизонтально – розточна 2637ГФ2 1. Установити, закріпити, зняти 2. Фрезерувати 2 торцевих пази в розмір 1 по діаметру 140. 3. Свердли 4 отвори під різьбу на глибину 2 4. Зенкувати 4 фаски в розмір 3. 5. Нарізати різьбу М16 в 4 отворах в розмір 4 на глибину 5.	

КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД

Арк.

Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 3.8

1	2	3
030	Вертикально – фрезерна 6P13 1. Установити, закріпити, зняти 2. Фрезерувати шпонковий паз в розмір 1,2 Установ Б 1. Переустановити з обертотом на кут 120° 2. Фрезерувати шпонковий паз в розмір 3,4	
035	Контрольна	

Загальна тривалість обробки деталі складається з тривалості кожної операції і становить $T = 254,51$ хв.

Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-04.03.ПТПОД	Арк.
------	------	--------	--------	------	------------------------------	------

4 ПРОЕКТУВАННЯ КОНТРОЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ

4.1 Вибір схеми контролю

Для деталі «Вал» необхідно спроектувати контрольний пристрій, призначений для перевірки радіального биття трьох циліндричних поверхонь. Контроль виконується відносно бази Г з такими допусками: для поверхні діаметром 240 мм – не більше 0,2 мм, для діаметра 200 мм – також не більше 0,2 мм, і для діаметра 180 мм – не перевищує 0,2 мм.

Проектування схеми контролю здійснюється з урахуванням вимог до точності, а також допустимих відхилень форми та розташування поверхонь (див. рис. 4.1).

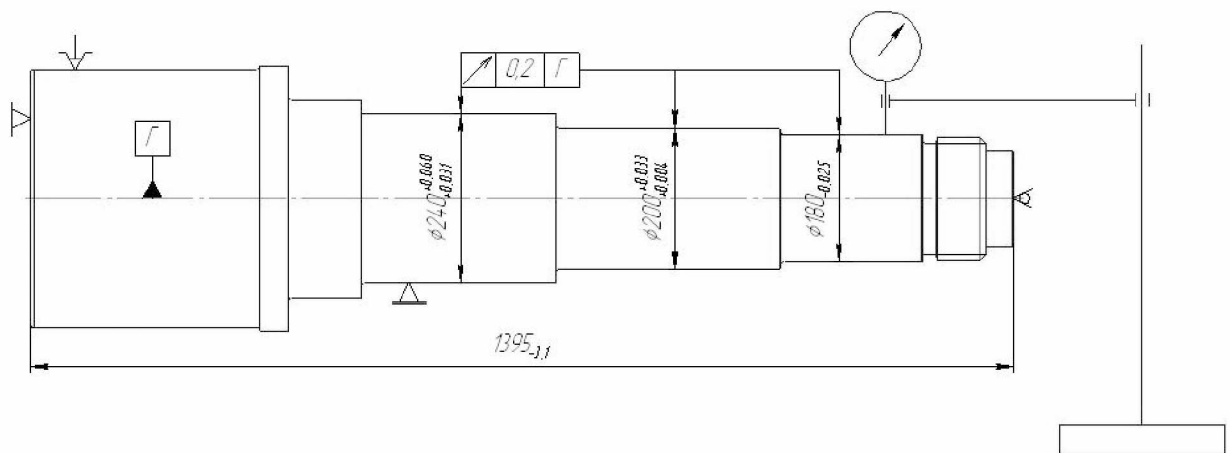


Рисунок 4.1 – Схема базування деталі при виконанні контролю

4.2 Вибір установчих елементів пристрою

Вибір установчих елементів пристрою виконуємо відповідно до схеми базування та контролю, а також конструктивних параметрів деталі.

До установчих елементів контрольної пристрою входять:

- трьохкулачковий патрон
- обертаючий центр

4.3 Вибір контрольної прилади

Вимірювальні засоби вибираємо в залежності від точності вимірювальної величини:

Для контролю радіального биття не більше 0,2 мм, ціна поділу індикатора повинна бути на порядок точніше від вимірювальної величини, тобто дорівнювати 0,01 мм;

					КНУ.КБР.131.25.1-04.04.ПІАРІ		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Проектування технологічного оснащення		
Розроб.	Воронін						
Перевір.	Кіяниський						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-21		

В якості вимірювального пристрою вибираємо індикатор часового типу mitutoyo "SIGNAL-INDICATOR" 524-601 (рисунок 4.2).

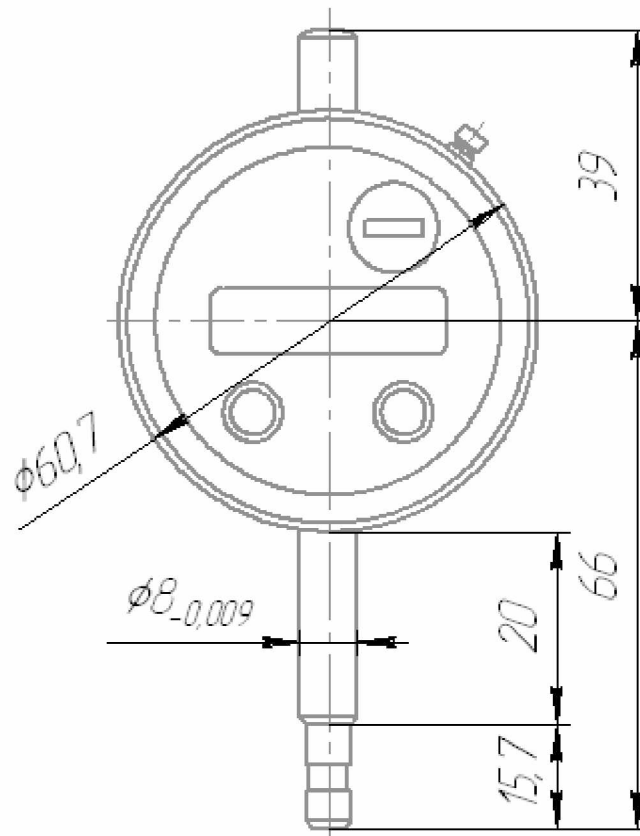


Рисунок 4.2 – Індикатор електронний "Digimatik Indscator ID-S" 543 – 683B

Характеристика електронного індикатора "Digimatik Indscator ID-S" 543-683B:

- діапазон вимірювання: $\pm 12,7$ мм;
- точність: 0,00012 мм;
- границя похибки: ± 1 мкм;
- стрижень: D8 h6;
- вільний хід: 3 мм;
- вимірювальне зусилля: 1.2 Н;
- вага 140 г.

4.4 Загальна компоновка контрольного пристрою

Виконуємо загальну компоновку контрольного пристрою для торцевого биття торців колеса робочого (рис. 4.3).

Вимірювання починаються з того, що попередньо стрілку індикатора налаштовують на позначці шкали індикатора на нуль.

Вимір здійснюється у декількох місцях по поверхні деталі, яка дає можливість зафіксувати відхилення стрілки вимірювання.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

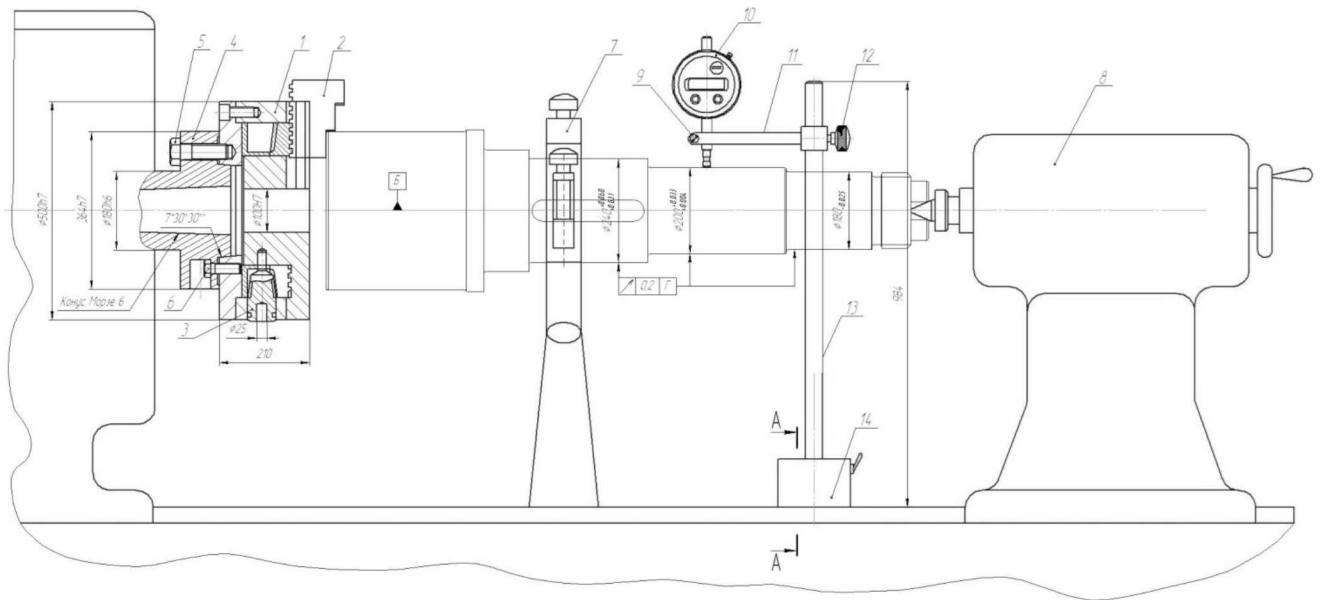


Рисунок 4.3 – Загальна компоновка контрольного пристрою

4.5 Розрахунок точності контрольного пристрою

Допустима похибка контролю знаходиться за формулою:

$$[\Delta] = (0,08 \div 0,3)T, \text{ мм} \quad (4.1)$$

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

T – допуск на вимірювальний розмір, $T = 0,2$ мм.

$$[\Delta] = 0,3 \cdot 0,04 = 0,012 \text{ мм.}$$

Визначаємо сумарну похибку вимірювання, за формулою (8.13):

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{л.р.}} + \Delta_{\text{п.п.}} + \Delta_{\text{у.е.}} + \sqrt{\Delta_{\text{б.}}^2 + \Delta_{\text{деф.}}^2 + \Delta_{\text{вип.}}^2 + \Delta_{\text{з.}}^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2}, \text{ мм} \quad (4.2)$$

де $\Delta_{\text{л.р.}}$ – похибка лінійних розмірів, мм;

$\Delta_{\text{п.п.}}$ – похибка передаючих пристроїв, мм;

$\Delta_{\text{у.е.}}$ – похибка виготовлення установчих елементів, мм;

$\Delta_{\text{б.}}$ – похибка базування, мм;

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

$\Delta_{\text{вип.}}$ – випадкові похибки, мм;

$$\Delta_{\text{вип.}} = 0,05 \cdot T = 0,05 \cdot 0,2 = 0,001 (\text{мм})$$

$\Delta_{\text{з.}}$ – похибка закріплення, мм;

$\Delta_{\text{інд.}}$ – похибка індикатора, мм. $\Delta_{\text{інд.}} = 0,01$ мм.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Остаточно формула буде мати вигляд:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.E.} + \sqrt{\Delta_{\text{вип}}^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2}, \text{ мм} \quad (4.3)$$

$$\Delta_{y.E.} = \Delta_{\Sigma} - \sqrt{\Delta_{\text{вип}}^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2}, \text{ мм} \quad (4.4)$$

$$\Delta_{y.E.} = 0,06 - \sqrt{0,001^2 + 0,0012^2} = 0,05 \text{ мм}$$

Допустима похибка виготовлення установчих елементів 0,05 мм. Вона включає в себе мінімальні зазори в з'єднанні шпиндель – перехідний фланець – патрон і співвісність передньої та задньої бабки.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Розробка верстатно -інструментального налагодження та розрахунково технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК

Проводимо розробку верстатно-інструментального налагодження на свердлильну операцію, що виконується на горизонтально - розточному верстаті 2637ГФ2. Верстат представлений на рисунку 5.1, стіл верстату - на рис. 5.2, шпиндель верстату – на рис. 5.3. Технічні характеристики представлені у табл.5.1.



Рисунок 5.1 – Верстат горизонтально – розточний 2637ГФ2

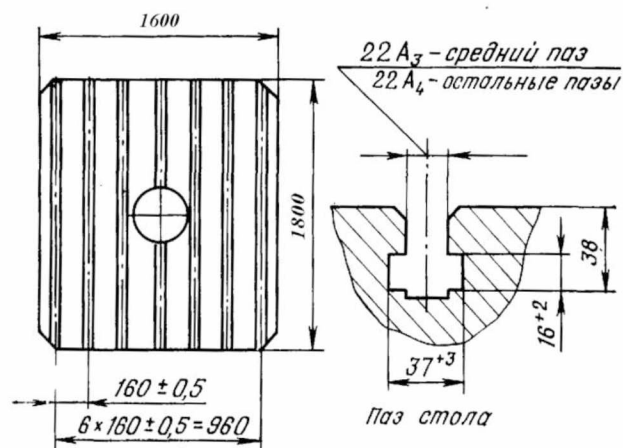


Рисунок 5.2 – Стіл верстату 2637ГФ2

					КНУ.КБР.131.25.1-04.05.МПОМО		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Моделювання та програмування операцій механічної обробки Літ. Арк. Архив Каф. ТМ, гр. ПМ-21		
Розроб.	Воронін						
Перевір.	Кіянєвський						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						

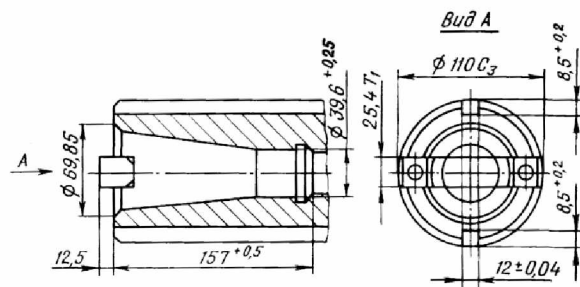


Рисунок 5.3 – Шпиндель верстату 2637ГФ2

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики верстату 2637ГФ2

Характеристика	Параметр
Шпиндель	50
Розміри вбудованого поворотного столу, мм	1600x1800
Точність	Н
Потужність, кВт	35,5
Габарити, мм	6960x5070x4805
Вага, кг	32000

Обробка деталі виконується у наступній послідовності: спочатку виконується центрування чотирьох отворів, далі – свердління отворів діаметром Ø14 мм на глибину 45 мм. Після цього зенкуються фаски розміром 2×45°, а завершальним етапом є нарізання різьби М16 на глибину 40 мм.

На кресленні позначаються початкові координати верстата, інструментів та заготовки. Інструменти розміщуються згідно з послідовністю обробки у положеннях, які вони займають у шпинделі верстата. Траєкторія руху інструментів наноситься з урахуванням опорних точок, при цьому напрямки переміщення вказуються стрілками. Розробляється керуюча програма для виконання технологічної операції на пристрої ЧПК моделі 2П32-3. Цей пристрій забезпечує позиціонування столу за координатами X та Y, а також дозволяє одночасне переміщення за обома осями і виконання робочих подач по осі Z. Максимальні ходи по координатах становлять: X – 630 мм, Y – 400 мм. Точність позиціонування (дискретність) для всіх осей – 0,01 мм.

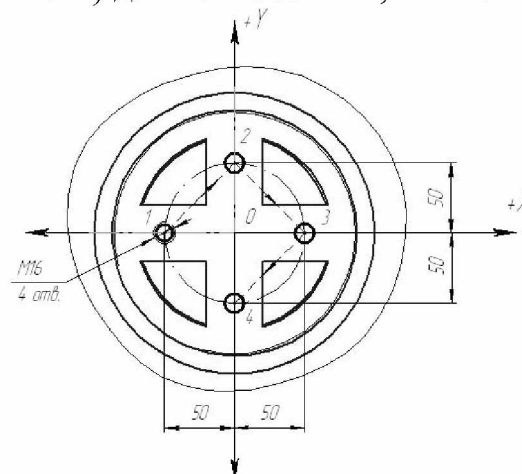


Рисунок 5.4 – Обробка деталі на верстаті

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-04.05.МПОМО	Арк.
------	------	----------	--------	------	------------------------------	------

У таблиці 5.2 наведено перелік інструментів, які використовуються для виконання даної операції. Координати проміжних точок, необхідні для обробки, подано в таблиці 5.3. Керуюча програма для операції наведена у таблиці 5.4.

Таблиця 5.2 – Кодування інструментів

№	Код	Інструмент
1	T01	свердло Seco d =14 мм PMX6-25P7-EB845-RX2000
2	T02	свердло Seco d =14 мм PMX6-14P7-EB845-RX2000
3	T03	зенківка 2353-0136 ДСТУ ГОСТ 14953:2015
4	T04	мітчик Seco M16 MTP-M16X2.00ISO6HX-TB-P004

Таблиця 5.3 – Координати точок

T01			T02		
точки	X	Y	точки	X	Y
1	2	3	5	6	7
1	-50	0	1	-50	0
2	-50	0	2	-50	0
3	-50	0	3	-50	0
4	0	-50	4	0	-50
5	0	-50	5	0	-50
6	0	-50	6	0	-50
7	-50	0	7	-50	0
8	-50	0	8	-50	0
9	-50	0	9	-50	0
10	0	-50	10	0	-50
11	0	-50	11	0	-50
12	0	-50	12	0	-50
T03			T04		
точки	X	Y	точки	X	Y
1	-50	0	1	-50	0
2	-50	0	2	-50	0
3	-50	0	3	-50	0
4	0	-50	4	0	-50
5	0	-50	5	0	-50
6	0	-50	6	0	-50
7	-50	0	7	-50	0
8	-50	0	8	-50	0
9	-50	0	9	-50	0
10	0	-50	10	0	-50
11	0	-50	11	0	-50
12	0	-50	12	0	-50

					КНУ.КБР.131.25.1-04.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.4 – Керуюча програма для горизонтально – розточної операції

Точка	Код програми	Пояснення
1	2	3
1	%:1 G81 T1 S7 F9 M4 L1 R0 Z215 X-005000 Y000000 ПС	Центрування 4-х отворів
2	N002 X-005000 Y000000 ПС	
3	N003 X-005000 Y000000 ПС	
4	N004 X000000 Y+005000ПС	
5	N005 X000000 Y+005000ПС	
6	N006 X000000 Y+005000ПС	
7	N007 X+005000 Y000000 ПС	
8	N008 X+005000 Y000000 ПС	
9	N009 X+005000 Y000000 ПС	
10	N010 X000000 Y-005000 ПС	
11	N011 X000000 Y-005000 ПС	
12	G91 X000000 Y-005000 ПС	
1	:13 G81 T2 S12 F14 M4 L2 R190 Z280 X-005000 Y000000 ПС	Свердлити 4 отвори Ø14 мм на глибину 45 мм
2	N014 X-005000 Y000000 ПС	
3	N015 X-005000 Y000000 ПС	
4	N016 X000000 Y+005000ПС	
5	N017 X000000 Y+005000ПС	
6	N018 X000000 Y+005000ПС	
7	N019 X+005000 Y000000 ПС	
8	N020 X+005000 Y000000 ПС	
9	N021 X+005000 Y000000 ПС	
10	N022 X000000 Y-005000 ПС	
11	N023 X000000 Y-005000 ПС	
12	G91 X000000 Y-005000 ПС	
1	:25 G82 T3 S12 F14 M4 L2 R290 Z340 X-005000 Y000000 ПС	Зенкування 4-х фасок 2×45°
2	N026 X-005000 Y000000 ПС	
3	N027 X-005000 Y000000 ПС	
4	N028 X000000 Y+005000ПС	
5	N029 X000000 Y+005000ПС	
6	N030 X000000 Y+005000ПС	
7	N031 X+005000 Y000000 ПС	
8	N032 X+005000 Y000000 ПС	
9	N033 X+005000 Y000000 ПС	
10	N034 X000000 Y-005000 ПС	
11	N035 X000000 Y-005000 ПС	
12	G91 X000000 Y-005000 ПС	

					КНУ.КБР.131.25.1-04.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 5.4

1	:37 G82 T4 S10 F17 M4 L3 R200 Z280 X-005000 Y000000 ПС	Нарізати різьбу M16 в чотирьох отворах
2	N038 X-005000 Y000000 ПС	
3	N039 X-005000 Y000000 ПС	
4	N040 X000000 Y+005000ПС	
5	N041 X000000 Y+005000ПС	
6	N042 X000000 Y+005000ПС	
7	N043 X+005000 Y000000 ПС	
8	N044 X+005000 Y000000 ПС	
9	N045 X+005000 Y000000 ПС	
10	N046 X000000 Y-005000 ПС	
11	N047 X000000 Y-005000 ПС	
12	G91 X000000 Y-005000 ПС	
	N048 M06 ПС	Ручна зміна інструмента
	N049 X0 Y0 ПС	Повернення в O_c
	N050 M2 ПС	Кінець програми

5.2 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК

Для виконання токарної обробки була створена керуюча програма та змодельовано повний технологічний процес із використанням програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM. Процес обробки реалізовано на багатофункціональному центрі з ЧПК Weisser Artery M-2 5X. Детальні технічні характеристики даного верстата подано в таюл. 5.5, а його загальне зображення наведено на рисунку 5.5.

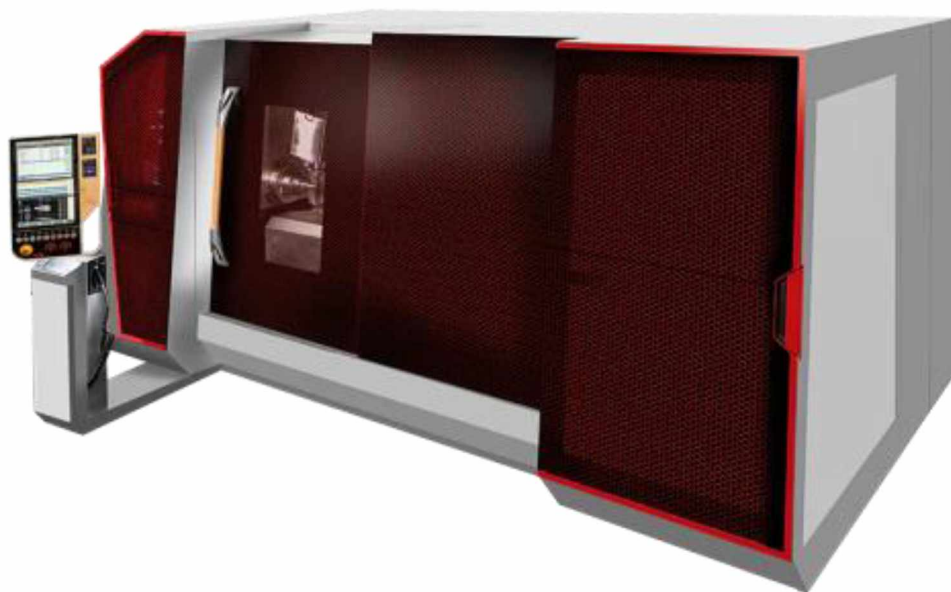


Рисунок 5.5 – Багатофункціональний центр Weisser Artery M-2 5X

					КНУ.КБР.131.25.1-04.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.5 – Технічні характеристики багатфункціонального центру з ЧПК Weisser Artery M-2 5X

Параметр	Значення
Довжина точіння	1500 мм
Діаметр патрона	до 390 мм
Система ЧПК	Siemens 840 Dsl
Макс. Швидкість переміщення W/X/Y/Z	45 / 40 / 40 / 45 м/хв
Робочий хід по осі Z (зверху / знизу)	1200 / 1400 мм
Робочий хід по осі Y	250 (+130 / -80) мм
Робочий хід X (верх / низ)	250 / 250 мм
Діаметр шпинделя	80 (120) мм
Потужність приводу 100 % CDF	22 (48) кВт
Максимальна частота обертання	5.700 (3.200) об/хв
Номинальна частота обертання	1.400 об/хв

5.2.1 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Під час розробки керуючої програми для обробки деталі «Вал» було поетапно змодельовано весь технологічний процес у середовищі FeatureCAM. Враховуючи технічні характеристики верстата Weisser Artery M-2 5X та параметри використаного різального інструменту, було побудовано раціональну послідовність операцій механічної обробки. Додатково здійснено перевірку обґрунтованості та правильності прийнятих технологічних рішень.

На рисунках 5.6–5.12 наведено основні етапи симуляції обробки деталі «Вал» і результати моделювання, що засвідчують відповідність запропонованого технологічного процесу вимогам щодо точності та продуктивності.

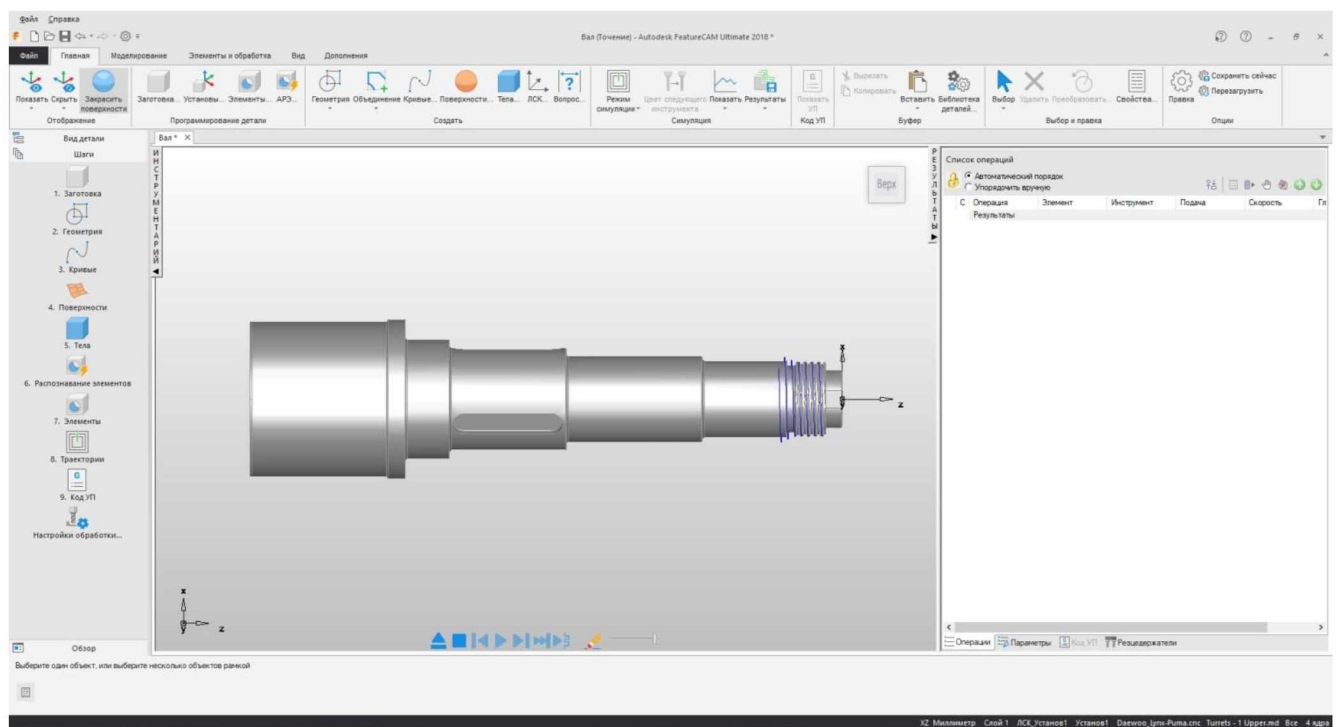


Рисунок 5.6 – 3D модель деталі «Вал» у FeatureCAM

					КНУ.КБР.131.25.1-04.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

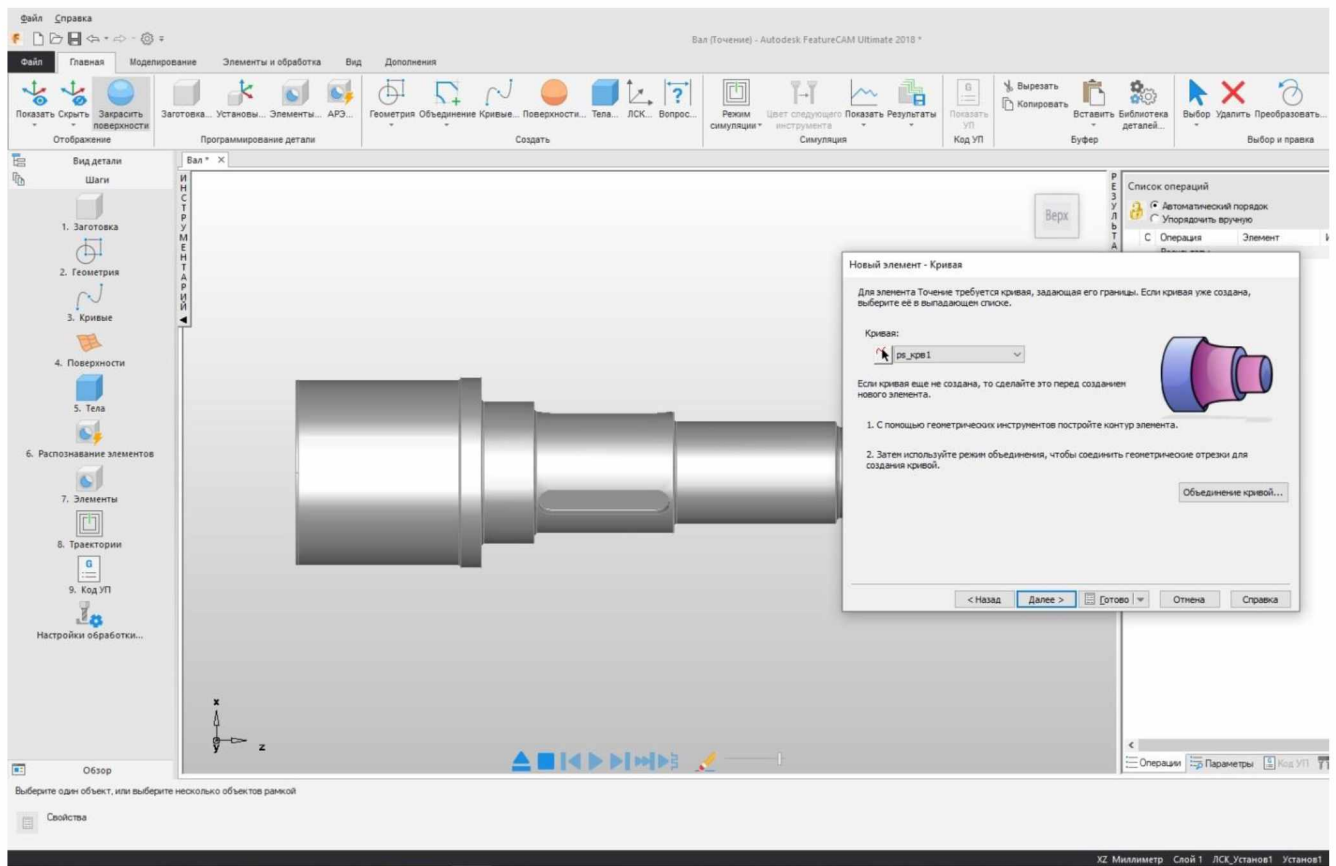


Рисунок 5.7 – Розпізнавання елементів деталі «Вал»

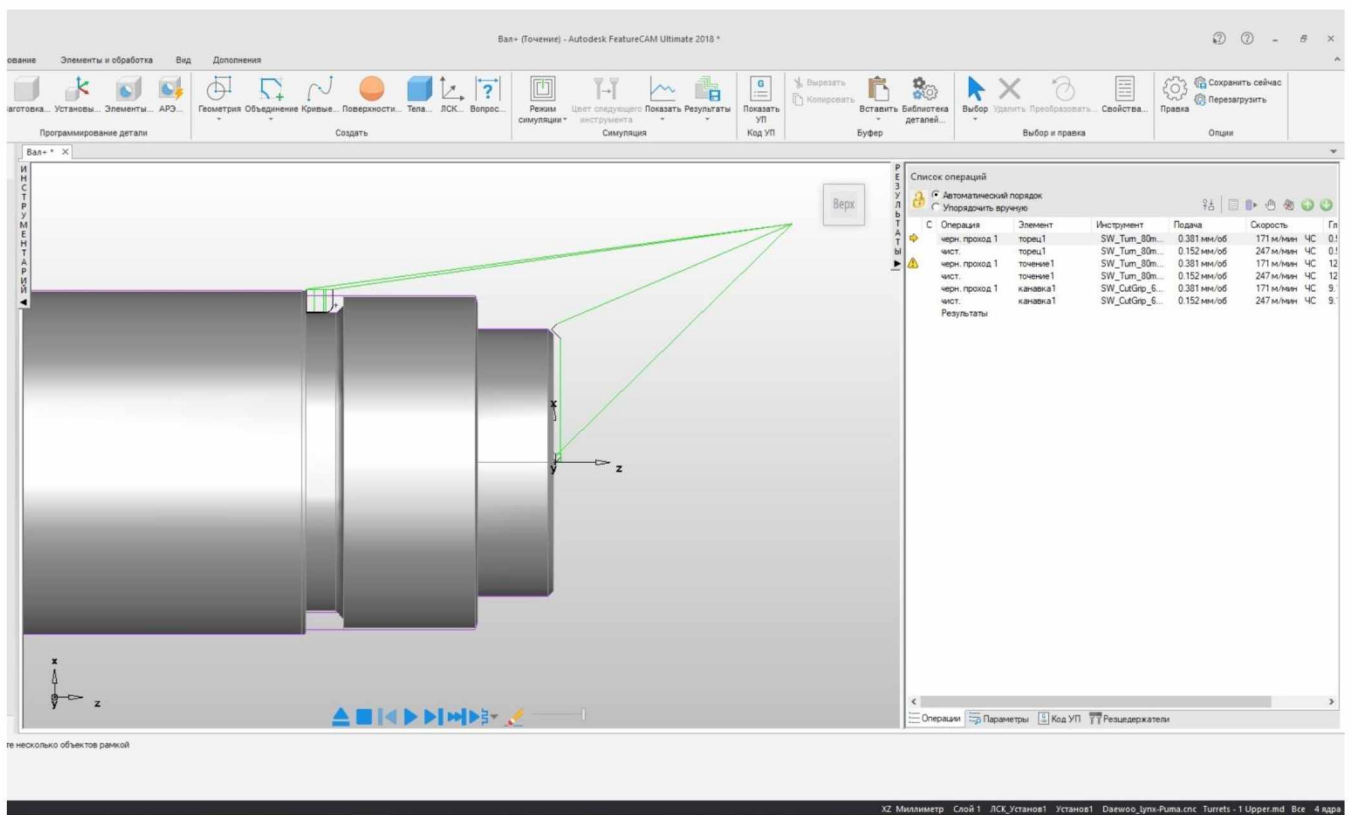


Рисунок 5.8 – Етапи обробки деталі у FeatureCAM

					КНУ.КБР.131.25.1-04.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

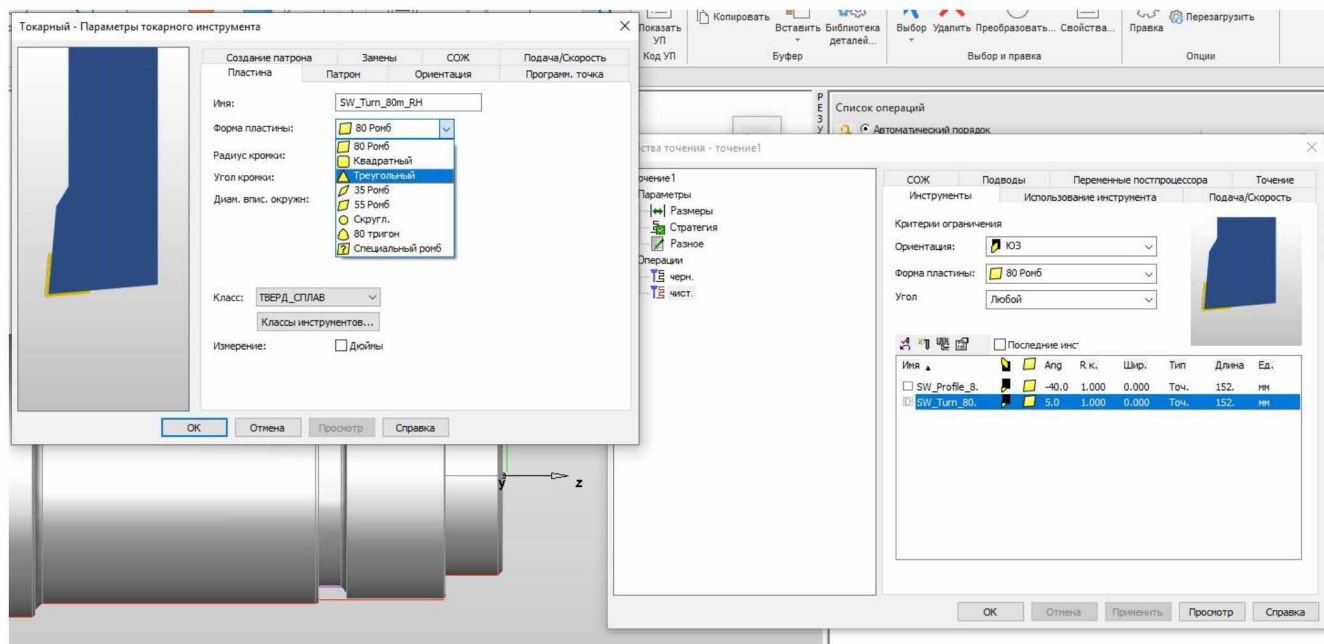


Рисунок 5.9 – Підбір різального інструменту – різець

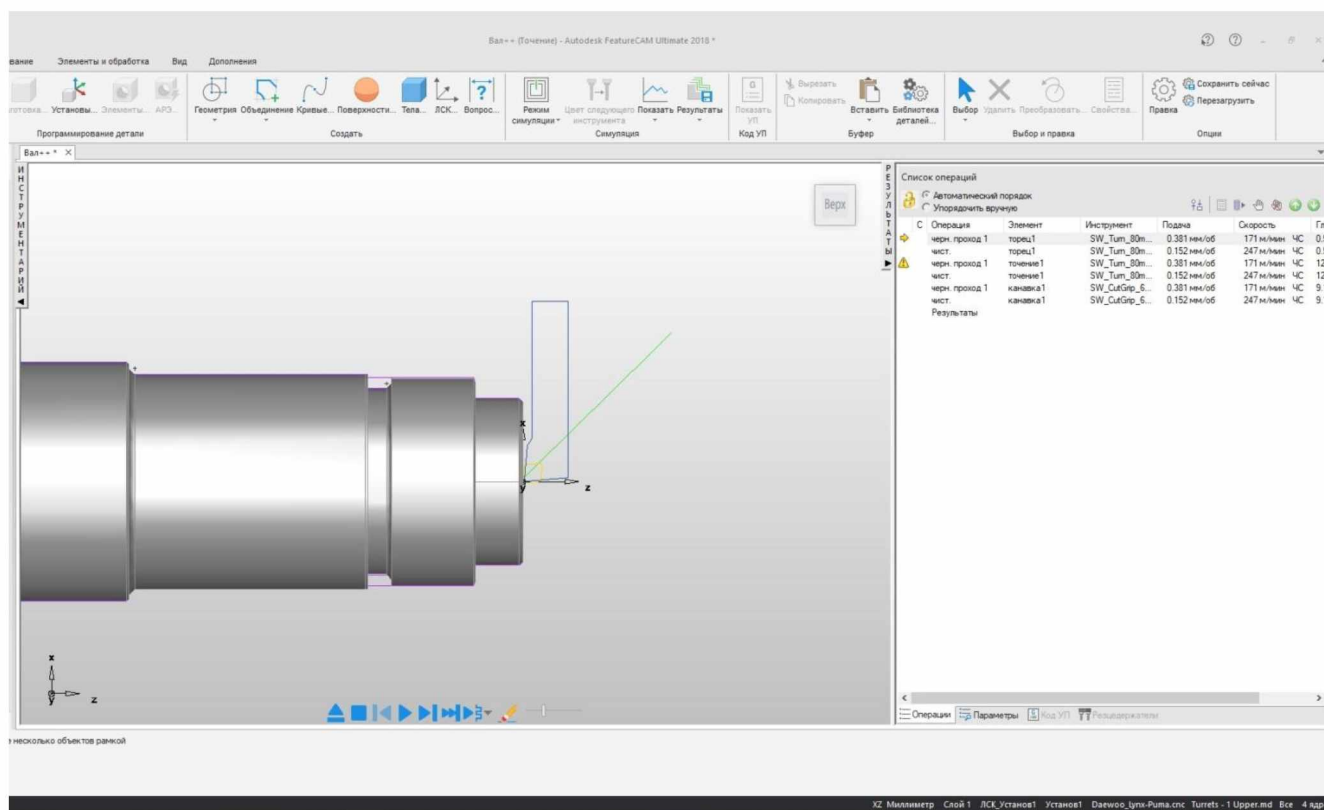


Рисунок 5.10 – Процесс обработки вала – подрезания торца

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-04.05.МПОМО

Арк.



6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

У рамках дослідження проведено економічний аналіз та визначено собівартість виготовлення деталі «Вал» за двома альтернативними технологічними маршрутами. Здійснено оцінку економічної ефективності модернізації виробничого процесу шляхом заміни застарілих верстатів (моделі 1А64Ф3 і 6Р13П) на сучасний багатофункціональний центр з ЧПК Weisser Artery M-2 5X.

Результати дослідження, включаючи розрахунки строку окупності модернізації, наведено в таблицях 6.1-6.4.

Таблиця 6.1 містить основні вхідні дані для подальших обчислень.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	1А64Ф3	6Р13П	Weisser Artery
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.	69	21	75
Час наладки верстата, хв.	16	4	18
Розряд:			
	контролера		5
	верстатника		3
	наладчика		3
наладчика інструменту			4
			4
Кількість кадрів програми, шт.	300		330
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	6750		6750
Вартість комплекту спец. пристосувань $K_{пр}$, грн	50000	35000	60000

					КНУ.КБР.131.25.1-04.06.0ЕПВ		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Воронін				Організаційно- економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.
Перевір.	Кіянський						Арк.
Реценз.							Арк.
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	0,5	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	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		8,9
Вартість розробки ПК $K_{ПК}$, грн.	2670		2937
Середньочасова зарплатня робітника, грн:			
верстатника $H_{ст}$	130	140	130
наладчика $H_{нал}$	140	130	140
наладчика інструмента $H_{ін}$	130	120	130
контролера H_K	115		115
Верстати			
Клас точності верстата	Н	Н	А
Маса верстата, т	11,4	4,2	11
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,825 x 2	2,56 x 2,26	4,5 x 2,5
Габарити пристрою ЧПК, м			0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК			Siemens 840 Dsl
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рц}$, років	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	32
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини R_M	27,7	15	26,86
електротехнічної частини R_e	14	9,8	20,8
Кількість верстатів, що обслуговує один	1	1	2

					КНУ.КБР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Оптова ціна верстата Ц, грн.	435000	215000	5145000
Коефіцієнт завантаження верстата η_3	0,75	0,35	0,9
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	11,7	5,8	11,3
Площа пристрою ЧПК А _у , м. кв.	0,25		0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.			
механічної частини Н _м	401	401	272
електротехнічної частини Н _е	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	0	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	3,5	2,5	3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата Ф _{об} , год	3975	3975	3845
Виробничі та інші площі			
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{пл.зд} , грн	500		500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл. поб} , грн	1000		1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого А _б , м. кв.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Н _{пл} , грн.	180	180	200

Таблиця 6.2 містить інформацію про допоміжні розрахункові показники.

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	1А64ФЗ	6Р13П	Weisser Artery
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	400	700	1500
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5,333333	1,333333	6
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0,00	8,088889	20,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	33,2	58,1	124,5
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,22	0,38	0,40
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0007	0,0032
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0,0000	0,004349	0,01075
(дійсна)	0	1	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,02	0,031	0,07
(дійсна)	1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,07	0,00	0,22
(дійсна)	1	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	7		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,18	0,5041	0,44

					КНУ.КБР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	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											
										C_1 на деталь = 177,06 C_2 на деталь = 150,44	
I_3	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 247802 + 1446,68 + 970,67 + 890,00 + 31733,3 + 0 + 3445,20 + 2665,17 + 49000 + 5673,1 + 0 + 10499,50 =$										354125,37	
$C_2 = 162057 + 1320,88 + 234,00 + 979,00 + 22400 + 0 + 53991,63 + 3024,00 + 35000 + 6700,8 + 848,63 + 14317,50 =$										300873,10	
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	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 205350 + 7403 + 49000 + 1403478 + 85000 + 2670 =$						1752902					
$K_2 = 1018710 + 3623 + 28000 + 737124 + 60000 + 2937 =$						1850393,07					

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

Приведені витрати			
$З_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$			
617061	354125	0,15	1752902
$З_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$			
578432	300873	0,15	1850393

Річний економічний ефект			
$E = Z_1 - Z_2$			
38629	617061	578432	

Строк окупності			
$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
1,83	1850393	1752902	354125 300873,1

					КНУ.КБР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

На основі аналізу встановлено, що впровадження одного сучасного ЧПК-центру замість двох застарілих верстатів забезпечує значне скорочення часу обробки деталей. Запропонована модернізація визнана економічно обґрунтованою: прогнозований строк окупності становить 1,83 року, а щорічний економічний ефект – 38629 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці при складальних операціях на машинобудівному виробництві

Сучасне машинобудівне виробництво є основою промислового потенціалу будь-якої країни. Воно забезпечує виготовлення складної техніки, обладнання, транспортних засобів та іншої продукції, що використовується у всіх сферах господарства. Одним із важливих етапів у технологічному процесі машинобудування є складальні операції, на яких відбувається з'єднання окремих деталей і вузлів у готові вироби. У ході цих операцій задіяні як люди, так і обладнання, використовується широкий спектр допоміжних матеріалів, що може супроводжуватися утворенням шкідливих викидів, забрудненням повітря, шумом, тепловими навантаженнями та іншими впливами на довкілля й організм працівника. Водночас складальні операції часто пов'язані з підвищеним рівнем травмонебезпеки, фізичним і психоемоційним навантаженням на персонал. У зв'язку з цим надзвичайно важливими є заходи з охорони праці та зменшення негативного впливу виробництва на довкілля. Завданням сучасного підприємства є досягнення ефективного, безпечного та екологічно відповідального виробництва. Даний пункт КБР присвячено аналізу основних екологічних проблем, пов'язаних зі складальними процесами, а також організації охорони праці в умовах машинобудівного виробництва.

6.2.1 Екологічні аспекти складальних операцій

Під час складальних робіт використовуються мастильні матеріали, розчинники, фарби, клеї, а також енергетичні ресурси. Це призводить до таких екологічних наслідків: викиди шкідливих речовин у повітря (леткі органічні сполуки, аерозолі, пил); відходи упаковки та залишки хімічних речовин, що потребують спеціальної утилізації; шумове забруднення, що також є чинником навколишнього середовища. Для мінімізації шкідливого впливу необхідно використовувати екологічно безпечні матеріали; запроваджувати системи вентиляції та фільтрації; впроваджувати технології замкнутого циклу; проводити екологічний моніторинг у зоні виробництва.

6.2.2 Охорона праці під час складальних операцій

Складальні роботи можуть бути пов'язані з низкою небезпечних або шкідливих виробничих факторів: фізичних (механічні травми, шум, вібрація, мікроклімат), хімічних (вдихання парів розчинників або контакт зі шкідливими речовинами), психофізіологічних (напружена увага, монотонність, навантаження на зір). Для забезпечення охорони праці на дільницях складання необхідно проводити інструктажі з техніки безпеки; використовувати засоби

					КНУ.КБР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

індивідуального захисту (респіратори, окуляри, рукавиці); забезпечити ергономічні робочі місця; організувати регламентовані перерви та ротацію працівників; проводити профілактичні медогляди.

6.2.3 Законодавче регулювання

Екологічна та трудова безпека регулюються такими нормативно-правовими актами: Закон України «Про охорону праці», Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», ДСТУ, СанПіН щодо умов праці, допустимих рівнів шуму, концентрацій шкідливих речовин тощо, а також внутрішніми стандартами підприємства. Дотримання цих нормативів дозволяє зменшити ризики для здоров'я працівників та довкілля, а також уникнути правових і фінансових санкцій.

6.2.4 Висновки

Машинобудівне виробництво, зокрема складальні операції, справляє помітний вплив як на здоров'я працівників, так і на довкілля. В умовах зростаючих вимог до безпеки праці та охорони природи підприємства повинні постійно вдосконалювати організацію робочих процесів, впроваджувати сучасні технології зниження шкідливого впливу, модернізувати засоби індивідуального захисту, застосовувати автоматизовані системи контролю за умовами праці та навколишнім середовищем. Комплексний підхід до вирішення питань охорони праці та екології є не лише юридичним обов'язком, а й фактором підвищення ефективності виробництва, мотивації персоналу, інвестиційної привабливості та соціальної відповідальності підприємства. Таким чином, екологічна відповідальність та охорона праці мають бути невід'ємною частиною управлінської стратегії кожного машинобудівного підприємства.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У межах виконання КБР здійснено повний комплекс досліджень, спрямованих на забезпечення ефективної КТПВ деталі «Вал», що входить до складу опори верхньої спіралі класифікатора 2КС-30.

У першому розділі проаналізовано вихідні дані, конструктивні особливості та призначення деталі. Було встановлено, що «Вал» є відповідальною складовою частиною класифікатора, яка передає обертовий рух і забезпечує роботу спірального механізму. Проведено розрахунок розмірних ланцюгів, що дозволило визначити раціональні припуски на обробку та забезпечити необхідну точність у процесі виготовлення.

У другому розділі досліджено службове призначення деталі та проаналізовано вимоги до якості оброблених поверхонь. Більшість поверхонь потребують високої точності та чистоти, що зумовлює необхідність застосування сучасних технологій обробки. Було обґрунтовано вибір типового технологічного процесу з урахуванням характеристик матеріалу та вимог до експлуатації.

У третьому розділі виконано вибір заготовки – поковки, виготовленої куванням на молотах, як найбільш доцільної з огляду на геометрію деталі. Обрано і обґрунтовано бази, що використовуються в процесі обробки. Розроблено маршрут механічної обробки, до якого увійшли операції фрезерно-центрувальна, токарна, токарна з ЧПК, горизонтально-розточна та вертикально-фрезерна. Такий підхід забезпечує належну точність і продуктивність виготовлення.

У четвертому розділі спроектовано контрольне оснащення для перевірки радіального биття трьох відповідальних циліндричних поверхонь вала. Це дозволяє забезпечити якісний контроль точності деталі в умовах виробництва.

У п'ятому розділі виконано моделювання та програмування токарних операцій у програмному середовищі Autodesk FeatureCAM. Розроблено та оптимізовано управляючу програму для верстата з ЧПК Weisser Artery M-2 5X, що дозволяє знизити трудомісткість виготовлення, підвищити точність та автоматизувати процес механічної обробки.

У шостому розділі проведено розрахунок ключових техніко-економічних показників, було встановлено, що строк окупності модернізованої технології становить 1,83 роки, а загальний економічний ефект – 38 629 грн. Також розглянуто питання охорони праці та екології на етапі складання, з урахуванням вимог до безпечної експлуатації обладнання та мінімізації впливу на навколишнє середовище.

Загалом, виконана робота демонструє цілісний підхід до проектування й технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» з урахуванням сучасних інженерних підходів, CAD/CAM технологій, принципів економічної доцільності та вимог безпечного виробництва. Отримані результати можуть бути впроваджені у практику машинобудівних підприємств.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-04.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Варанін</i>				<i>Висновки</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>Арх.шіф</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.131.25.1-04.СВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>		
Розроб.		<i>Воронін</i>					
Перевір.		<i>Кіяновський</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>			<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 виготовлення
деталі «Вал» класифікатора збагачувального виробництва та
обґрунтування параметрів різальних інструментів за допомогою
CAD/CAM систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Руслан ВОРОНІН

Керівник КБР

(підпис)

Микола КІЯНОВСЬКИЙ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАСЬ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2025 р.

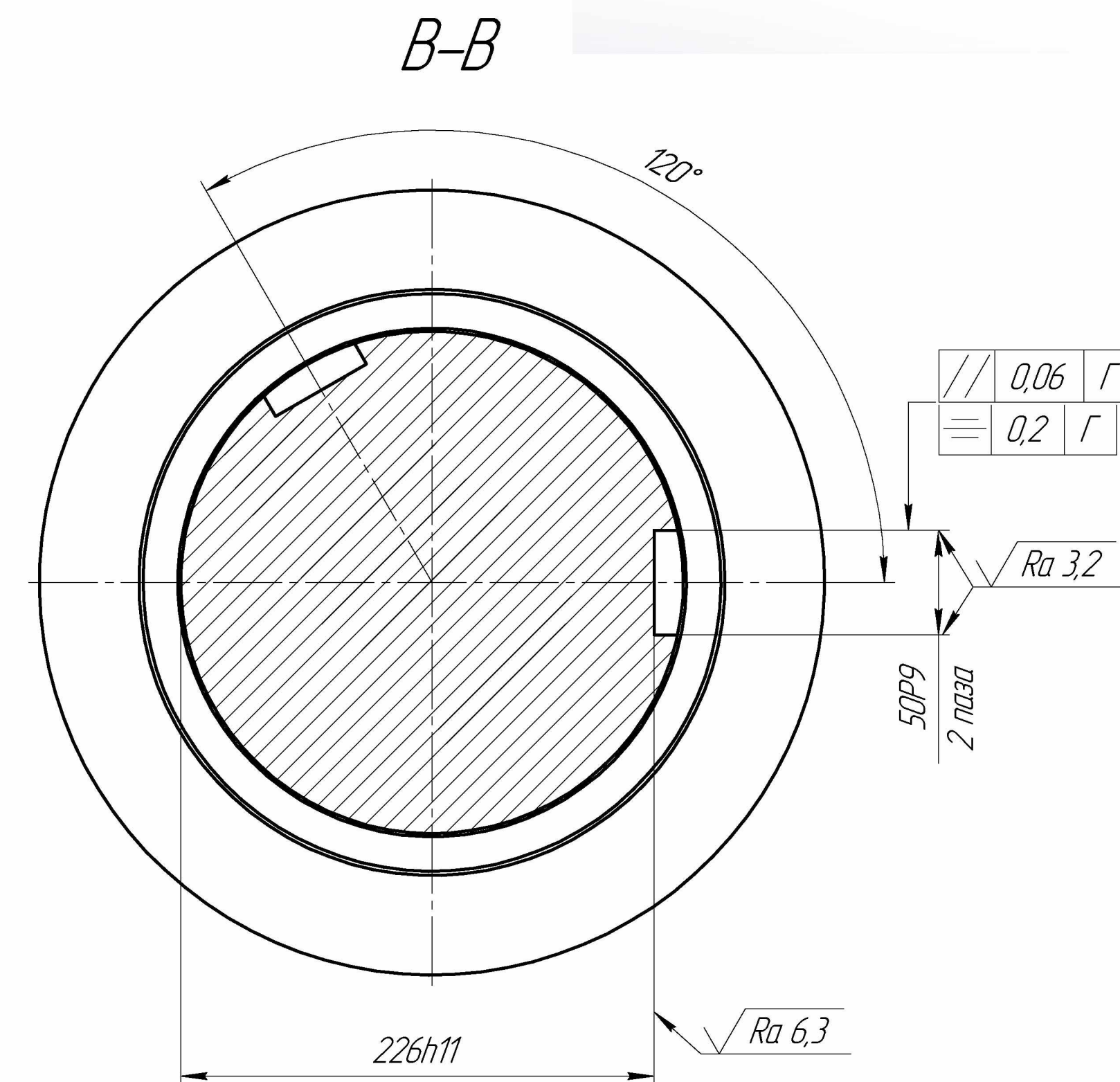
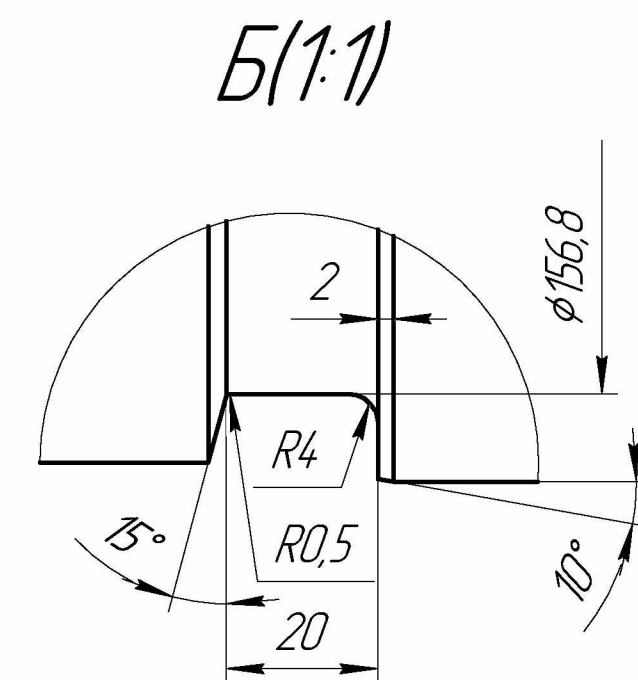
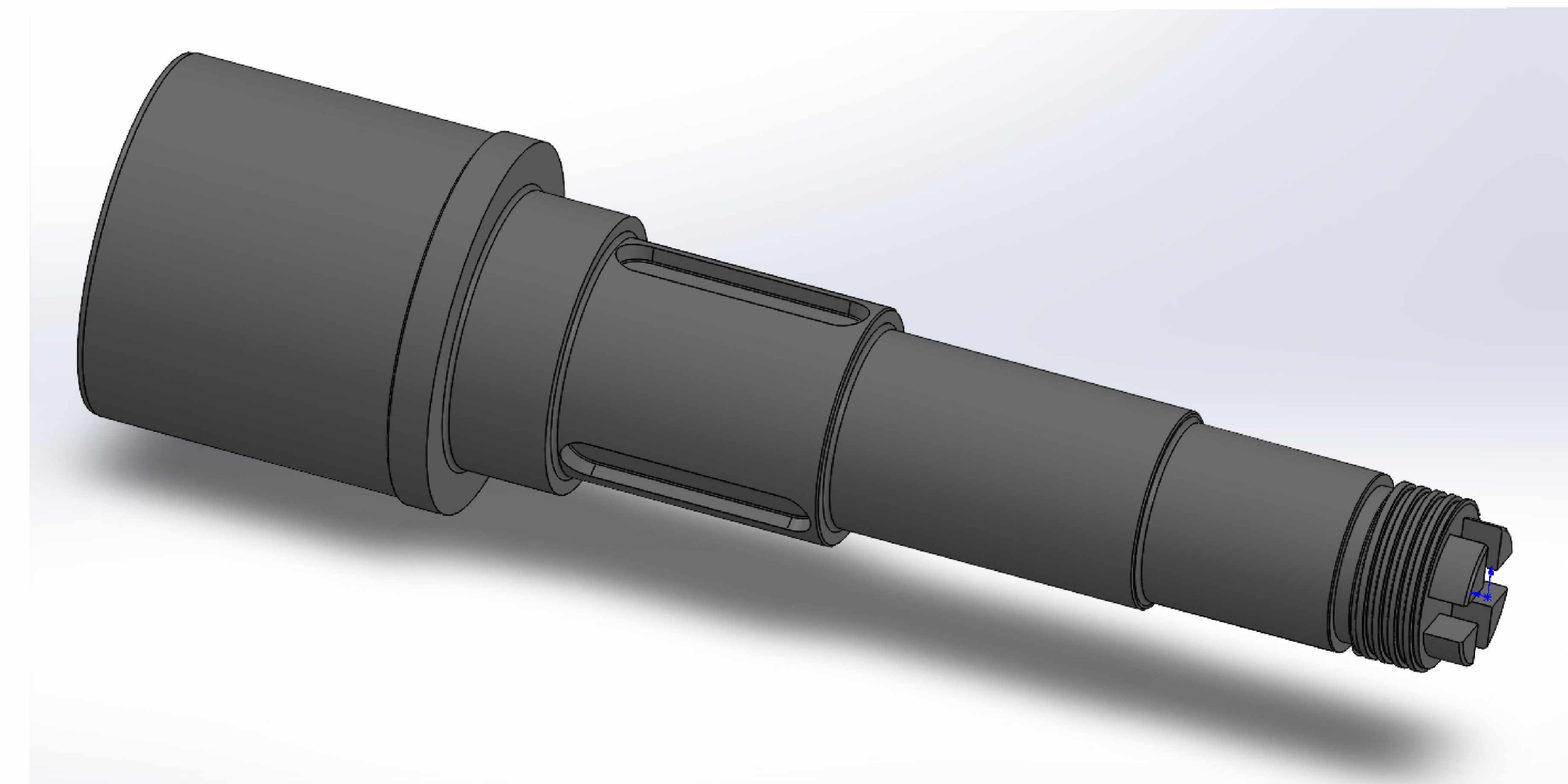


1. Розміру для довідок.

КНД.КБР.131.25.1-04.0Б

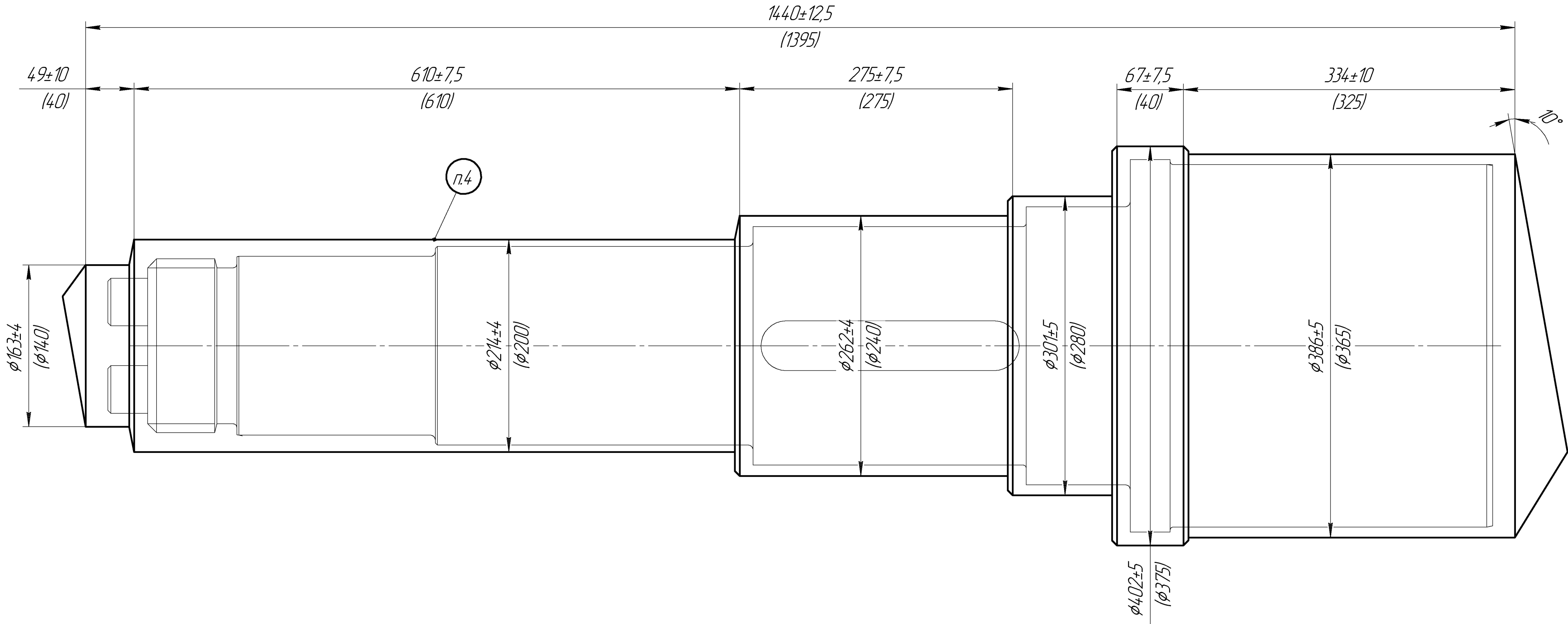
Мм	Маса	Модулитат
H	349	1,25
Маса	Маса	1

2D. PM-21



1. Невказані граничні відхилення: $h14; \pm IT14/2$.

					КНУКБР.131.25.1-04.В		
Эм.лист	№ докум.	Підпис	Дата	Вал	Лит	Маса	Масштаб
Розродий	Воранин				Н	584,1	1:25
Кервник	Кияновський				Лист	Листів	1
Нкапел	Нечайов			Сталь 45 ДСТУ 7809:2015	Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
Зап.	Резанцев						

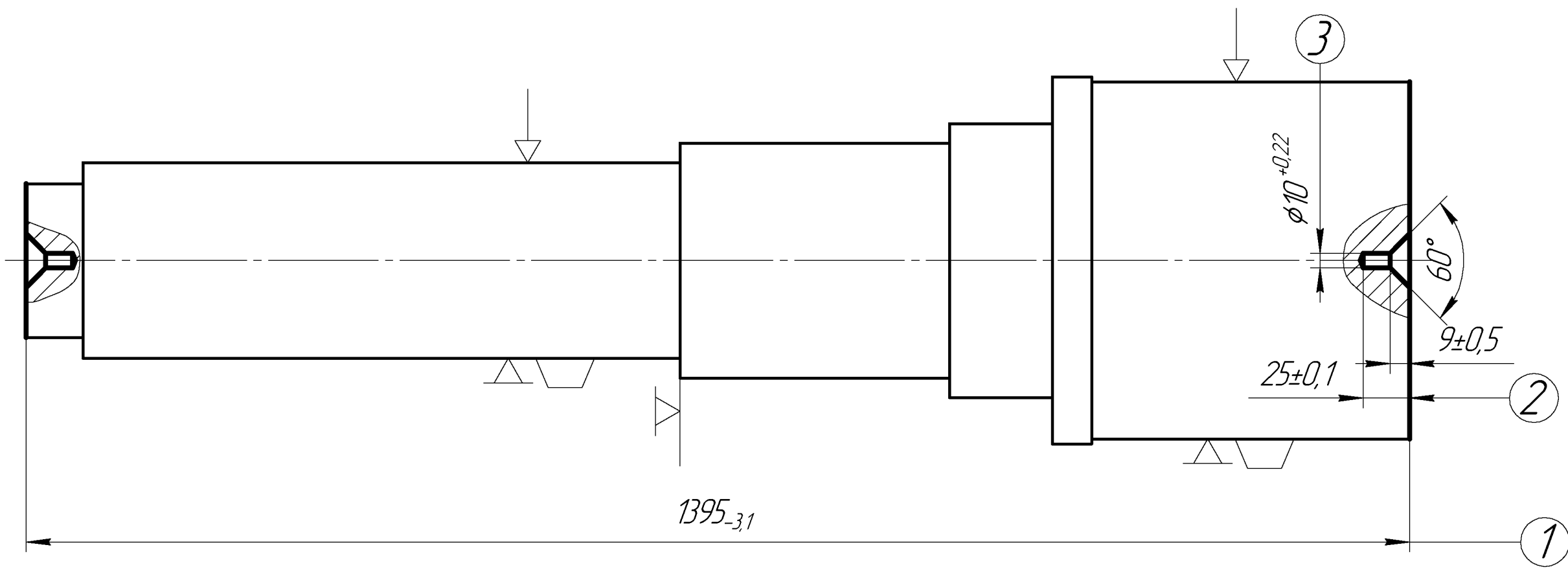


1. Можлива заміна матеріалу на сталь 40Х, 50, 50Г2 ДСТУ 7806:2015.
2. Відпалити до 210 НВ.
3. Поверхню поковки дробеструїти.
4. Місце виміру твердості.
5. Невказані ковочні ухили – 1°...10°.
6. Відхилення від прямолінійності загальної осі не більше 1,5 мм.
7. Контролювати 20% заготовок.

					КНУ.КБР.131.25.1-04.ВП			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Вал (поковка)	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Воронін					Н	640	1:2,5
Керівник	Кіянівський					Лист	Листів 1	
Н.контр.	Нечаєв				Сталь 45 ДСТУ 7809:2015	Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
Затв.	Рязанцев							

Операція 010 Фрезерно-центрувальна
верстат фрезерно – центровальний МР75М

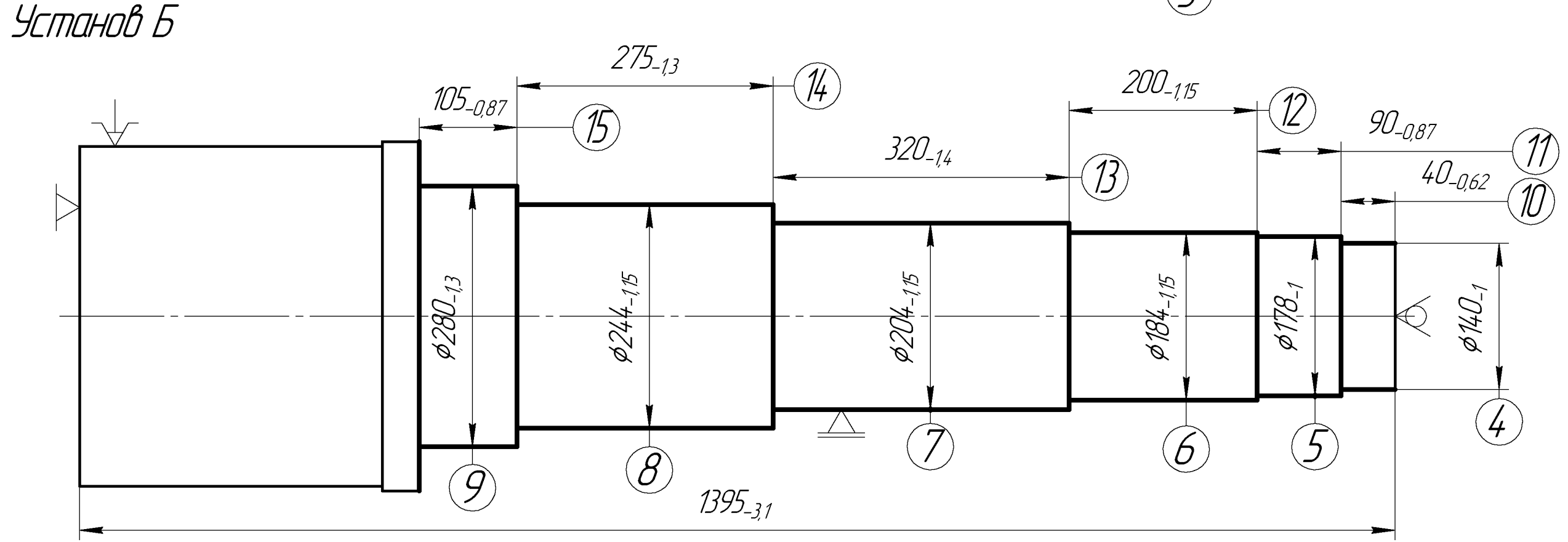
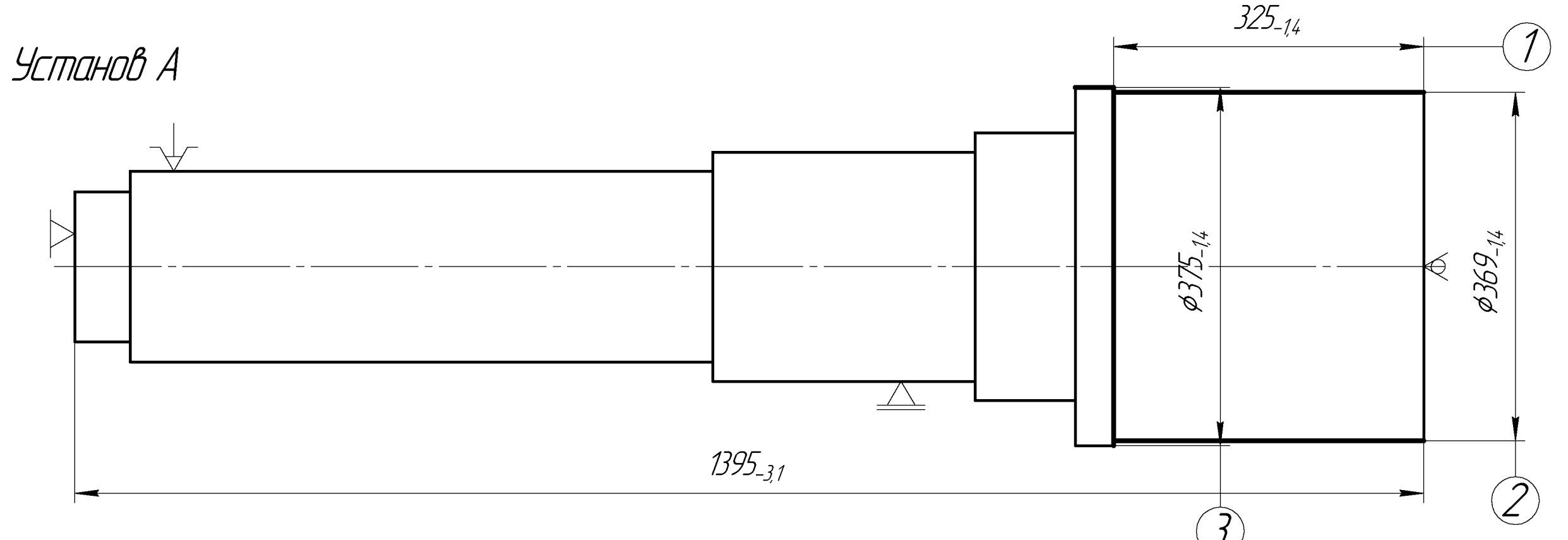
✓ Ra 12,5



Свердлити центрові отвори 3,4	5	0,21	1125	35,3	1	0,21	
Фрезерувати торці в розмір 1,2	22,5	0,2	500	312	1	1,06	10,292
Зміст переходу	t	S	n	V	i	T ₀	T _{шт}

015 Токарна
верстат токарно – гвинторізний 16К30

✓ Ra 12,5

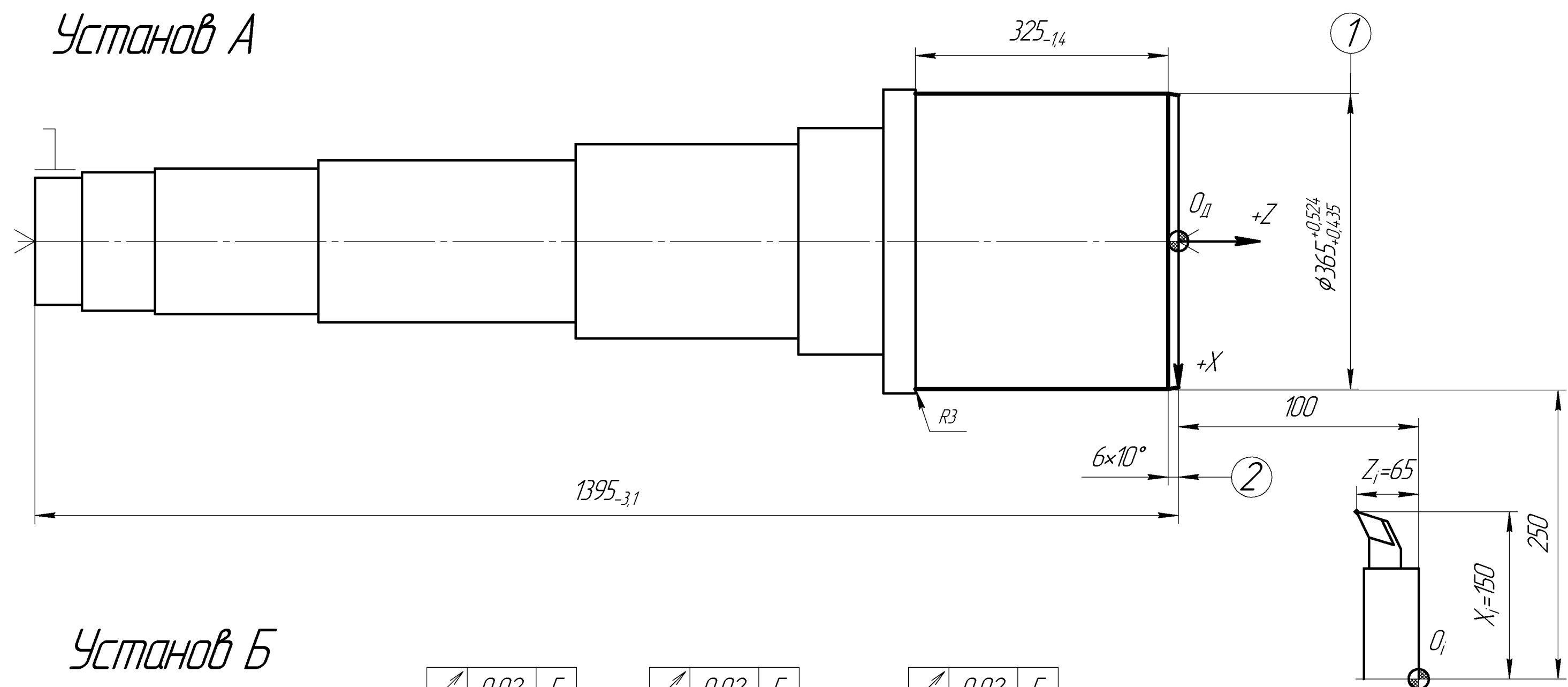


Точити поверхню 9 в розмір 15	10,5	0,63	100	87,92	3	13,22	
Точити поверхню 8 в розмір 14	9	0,63	120	91,98	3	11,03	
Точити поверхню 7 в розмір 13	5	0,7	160	102,48	2	5,76	
Точити поверхню 6 в розмір 12	10	0,63	160	92,44	3	6,04	
Точити поверхню 5 в розмір 11	13	0,63	160	89,42	3	2,76	
Точити поверхню 4 в розмір 10	11,5	0,63	200	87,92	3	1,02	
Установ Б							
Точити поверхню 3	13,5	0,63	72	84,82	3	2,84	
Підрізати торець 1	2	0,91	120	141,37	1	0,08	
Точити поверхню 2 в розмір 1	8,5	0,63	72	83,46	3	21,69	
Установ А							
Зміст переходу	t	S	n	V	i	T ₀	T _{шт}

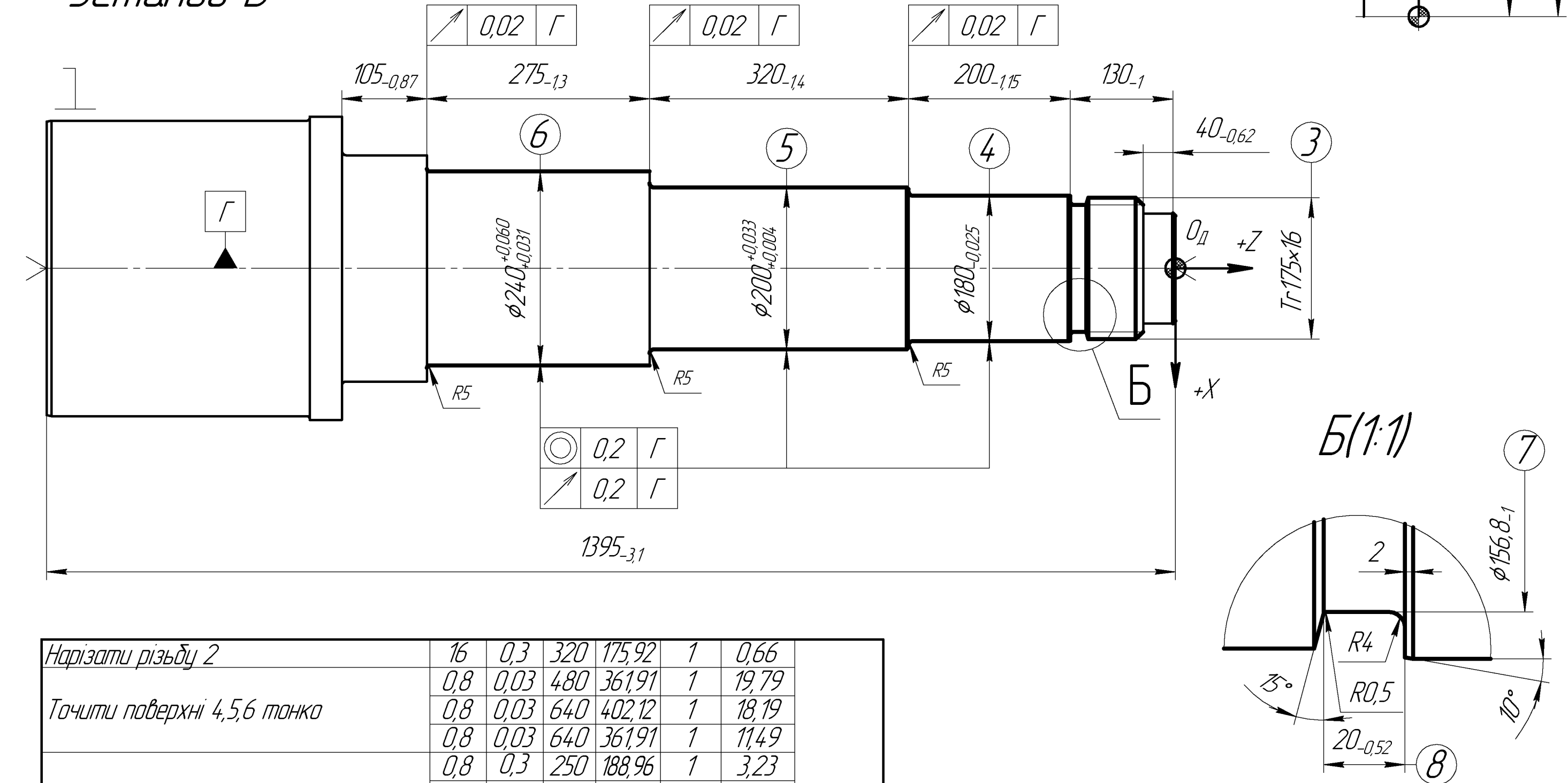
020 Токарна з ЧПК
верстат токарний патронно-центровий 16К30Ф3

✓ Ra 1,6

Установ А



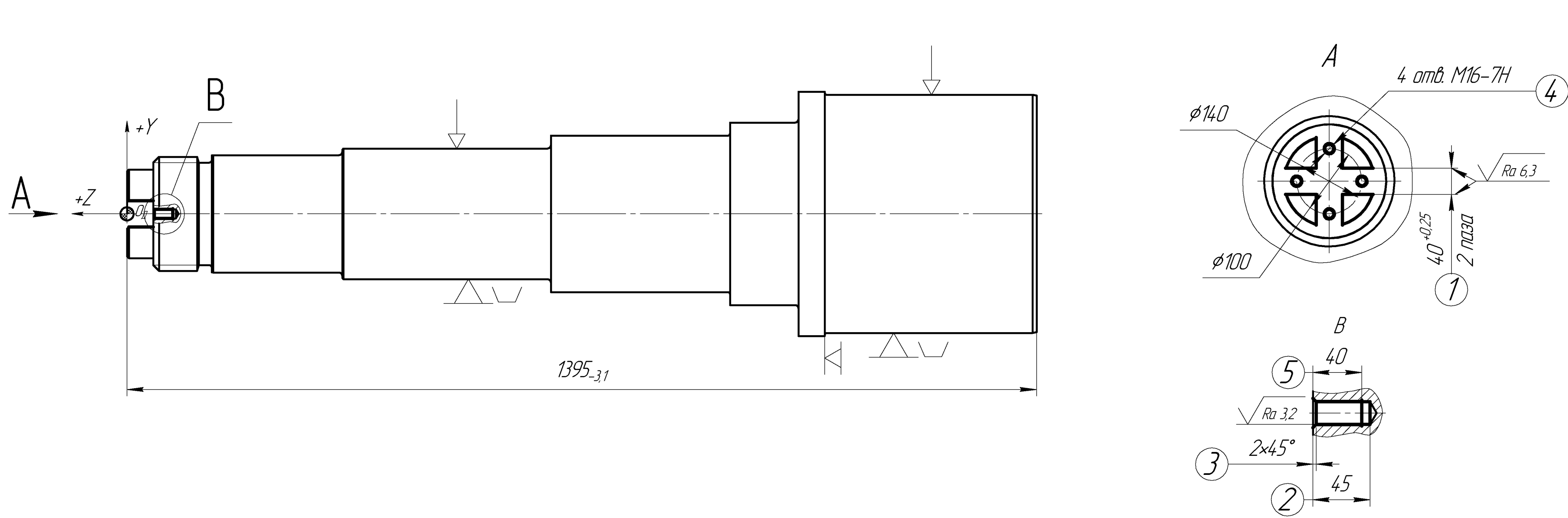
Установ Б



Нарізати різьбу 2	16	0,3	320	175,92	1	0,66	
Точити поверхні 4,5,6 танко	0,8	0,03	480	361,91	1	19,79	
	0,8	0,03	640	402,12	1	18,19	
	0,8	0,03	640	361,91	1	11,49	
Точити поверхні 4,5,6 чисто	0,8	0,3	250	188,96	1	3,23	
	0,8	0,3	320	201,66	1	3,09	
	0,8	0,3	250	181,55	1	1,96	
Точити канавку 7 в розмір 8	11,6	0,7	250	123,75	3	0,42	
	1	0,3	250	190,06	1	3,23	
Точити поверхні 3,4,5,6 напівчисто	1	0,3	320	203,07	1	3,09	
	1	0,3	320	182,96	1	1,95	
	15	0,3	320	175,92	2	1,44	
Установ Б							
точити поверхню 1 начисто	1	0,3	120	138,4	1	8,38	
Точити поверхню 1 напівчисто	1	0,3	120	138,4	1	8,38	
Установ А							
Зміст переходу	t	S	n	V	i	T ₀	T _{шт}

1. Невказані граничні розміри: h14, H14, $\pm \frac{IT14}{2}$
2. * Розміри для надвідок

025 Горизонтально –розточувальна
верстат горизонтально – розточувальний 2637ГФ2

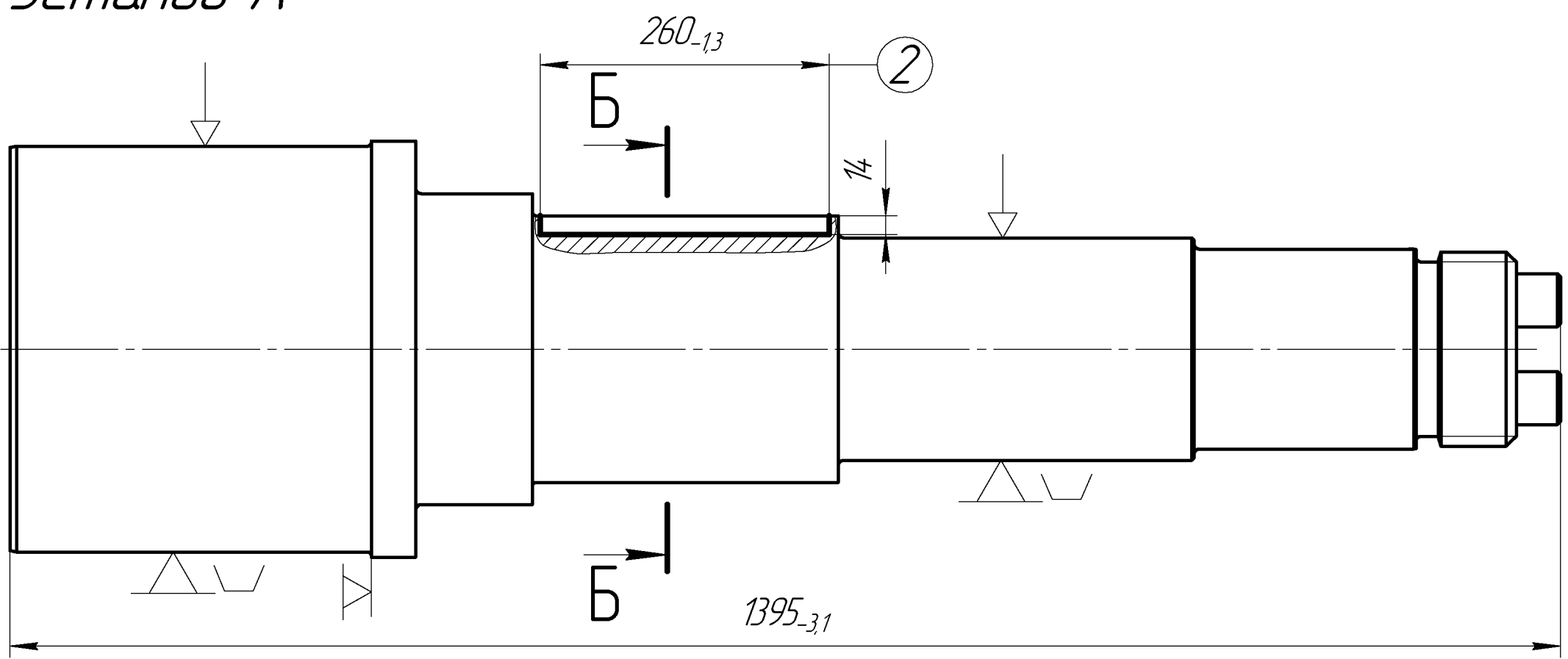


$\sqrt{Ra\ 3,2}$

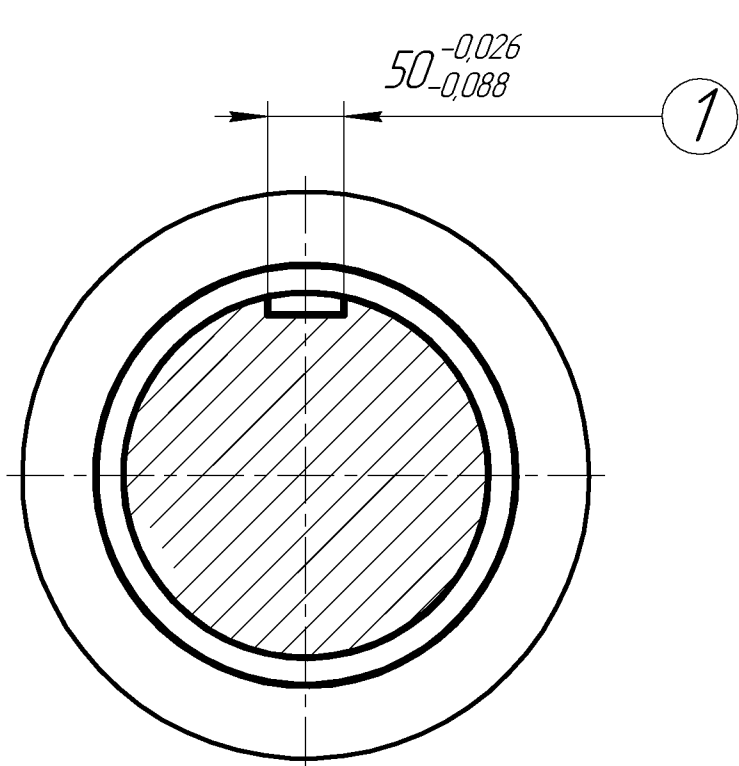
Нарізати різьду М16 в 4 отворах в розмір 4 на глибину 5	2	0,2	315	19,78	4	2	2159
Зенкувати фаски в розмір 3	2	0,2	800	35,18	4	0,3	
Свердлити 4 товари під різьду на глибину 2	7	0,2	800	35,18	4	2	
Фрезерувати 2 торцевих пази в розмір 1 по діаметру 140 мм	40	0,2	500	28,2	2	2,8	
Зміст переходу	t	S	n	V	i	T ₀	T _{шт}

030 Вертикально – фрезерна
верстат вертикально – фрезерний 6Р13

Установ А



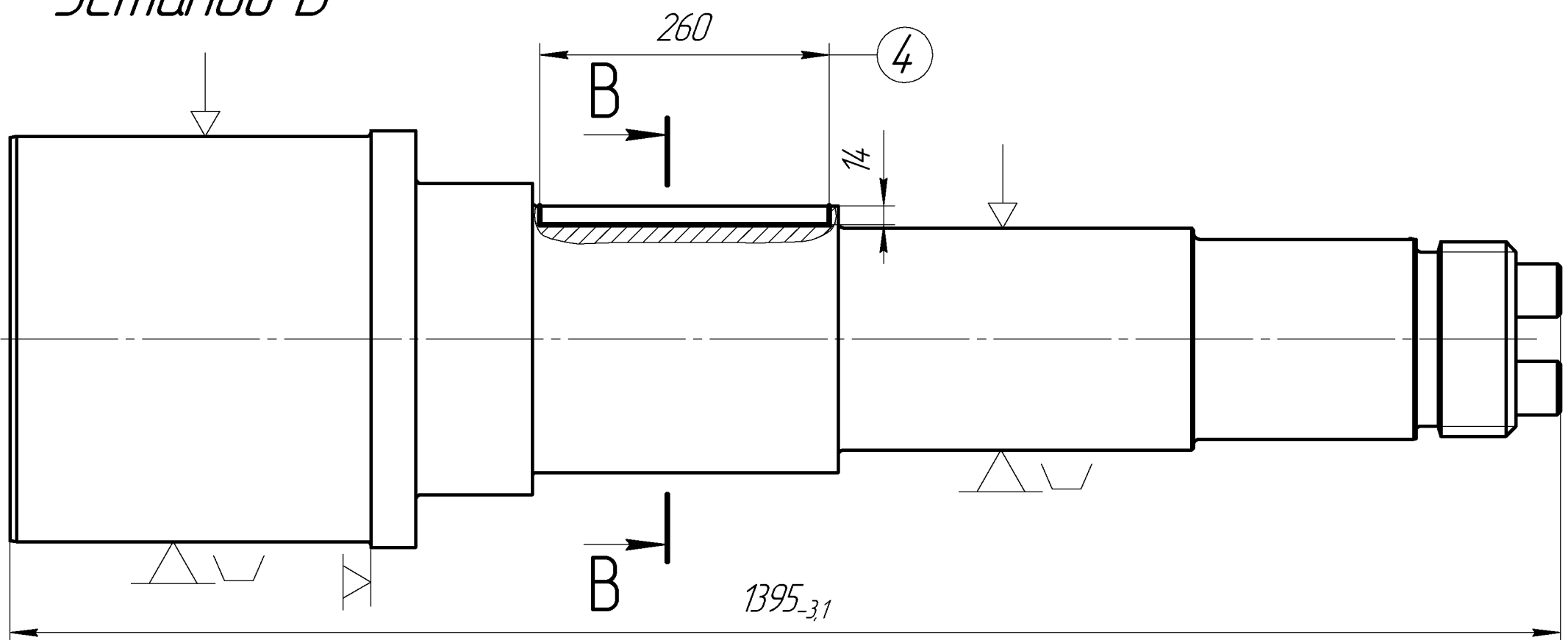
В-В



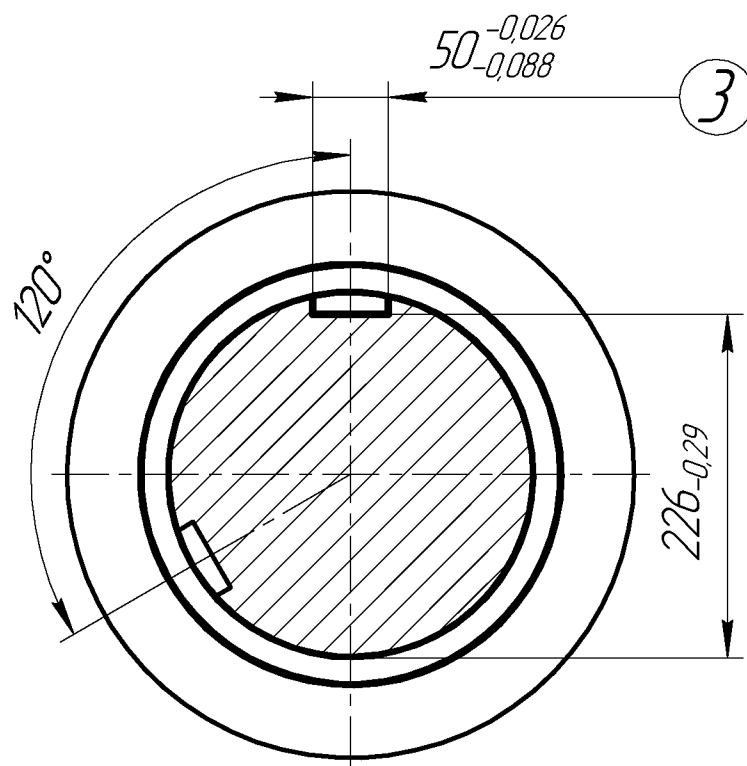
$\sqrt{Ra\ 3,2}$

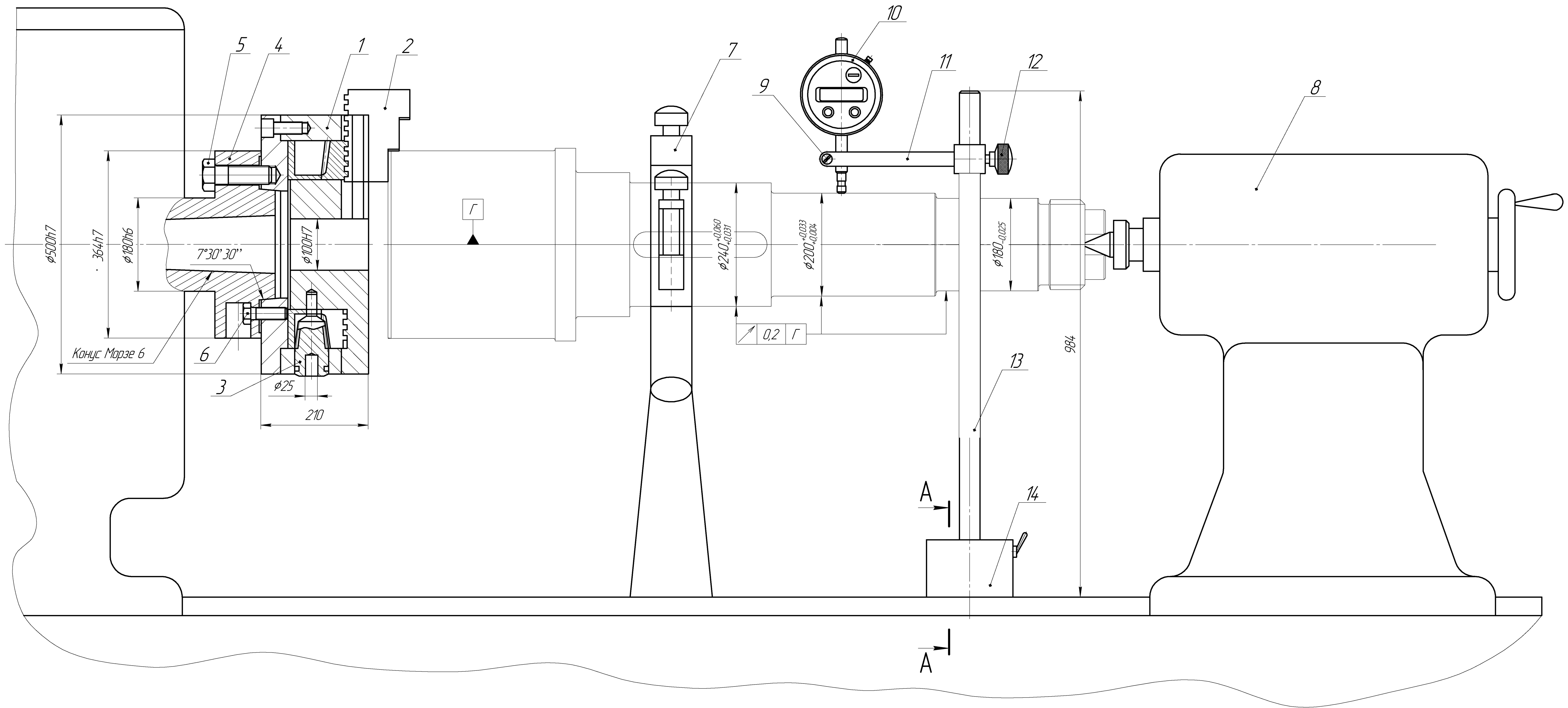
Фрезерувати шпоначний паз в розмір 3,4	14	0,2	500	18,84	1	2,6	1344
Установ Б							
Фрезерувати шпоначний паз в розмір 1,2	14	0,2	500	18,84	1	2,6	1344
Установ А							
Зміст переходу	t	S	n	V	i	T ₀	T _{шт}

Установ Б



Г-Г



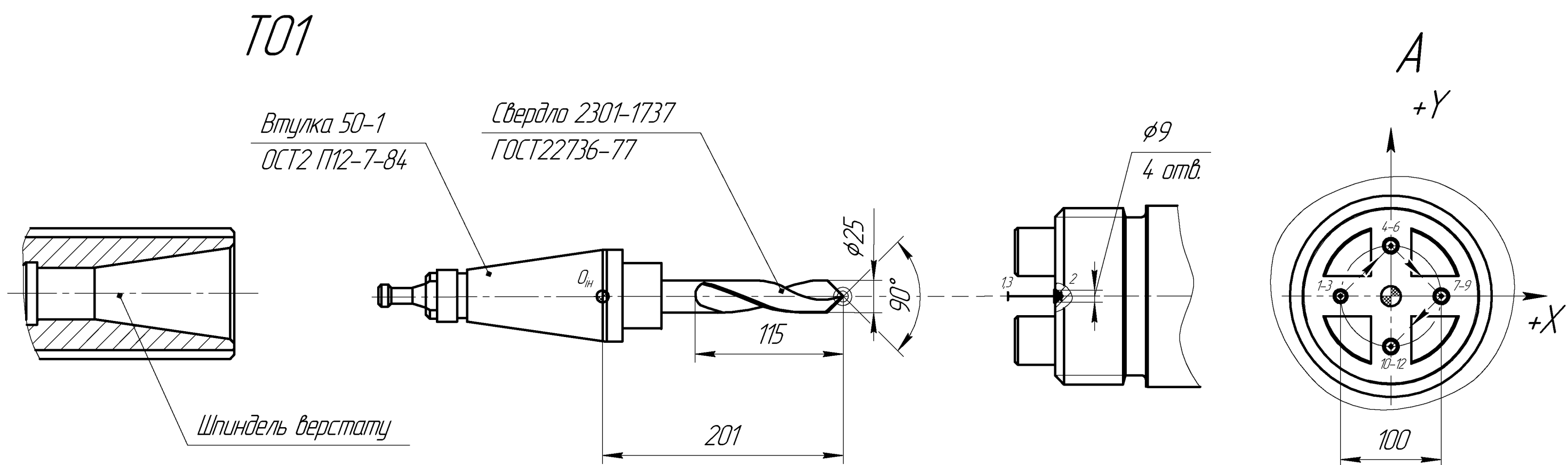


1. Точність контрольного пристрою становить 0,01мм
2. Пристосування призначене для контролю радіального диття шийок цапфи.

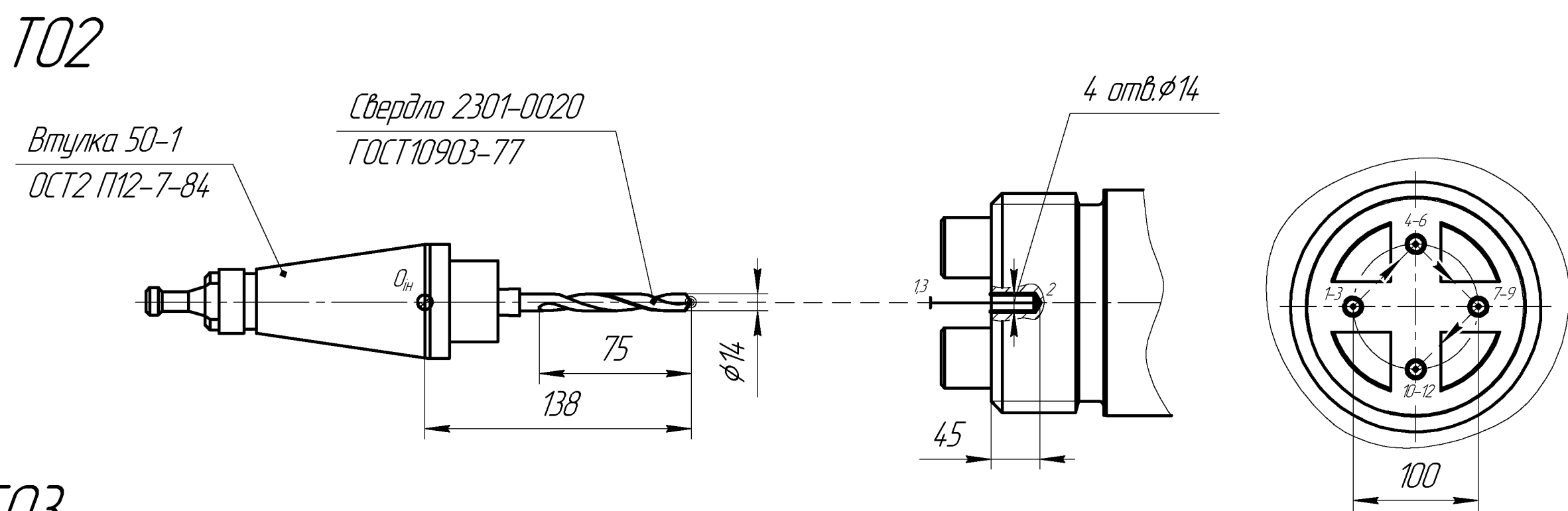
КНУКБР.131.25.1-04.КП				Контрольний пристрій		
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Лит.	Маса
Розробив	Варочин				Н	14
Керівник	Кірюхінський				Лист	Листів
Н.контр.	Нечасов				Кафедра ТМ	
Затв.	Рязанцев				гр. ПМ-21	

025 Горизонтально – розточна
верстат горизонтально – розточний 2637ГФ2

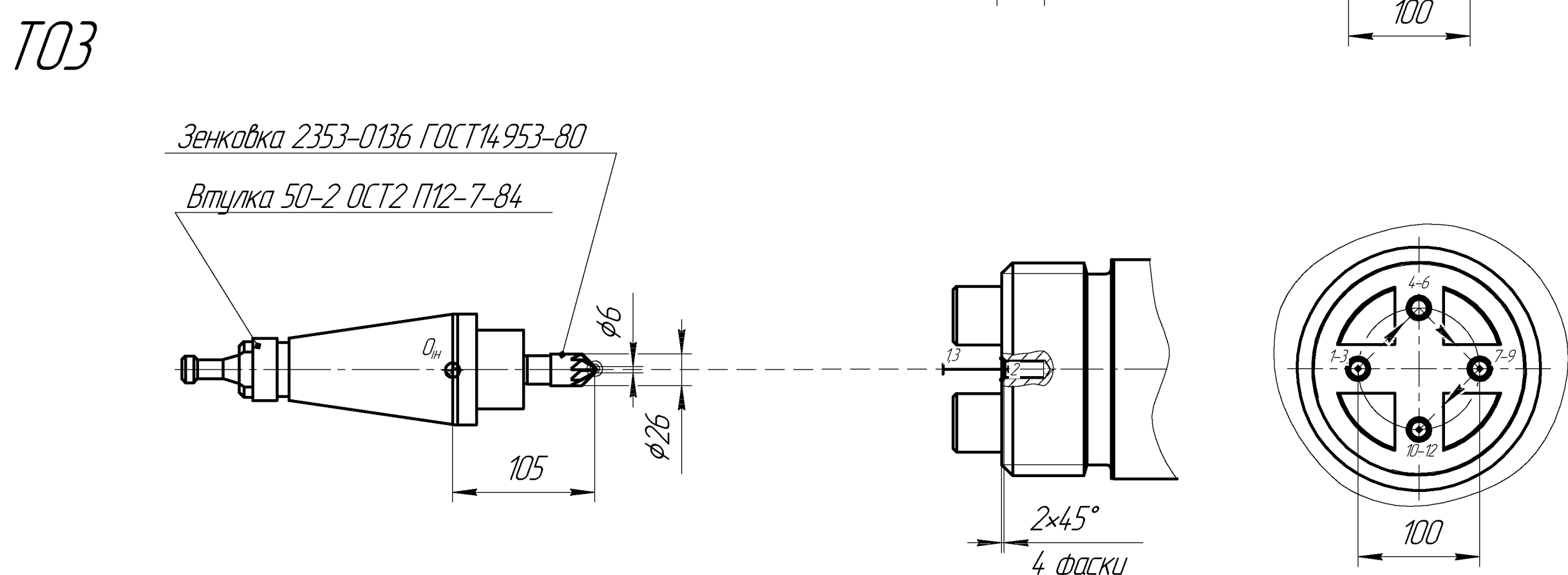
КНУКБР.13125.1-04.ВІН



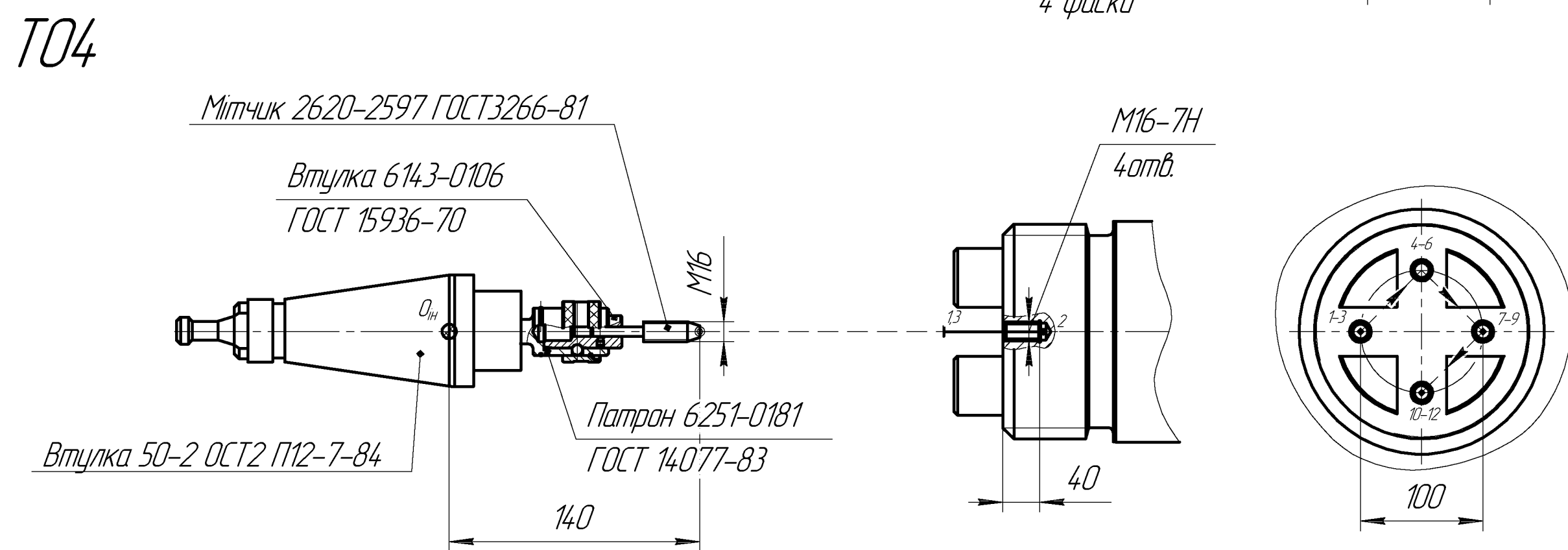
Инструмент	Точка	Координаты	
		X	Y
T01	1	-50	0
	2	-50	0
	3	-50	0
	4	0	50
	5	0	50
	6	0	50
	7	50	0
	8	50	0
	9	50	0
	10	0	-50
	11	0	-50
	12	0	-50



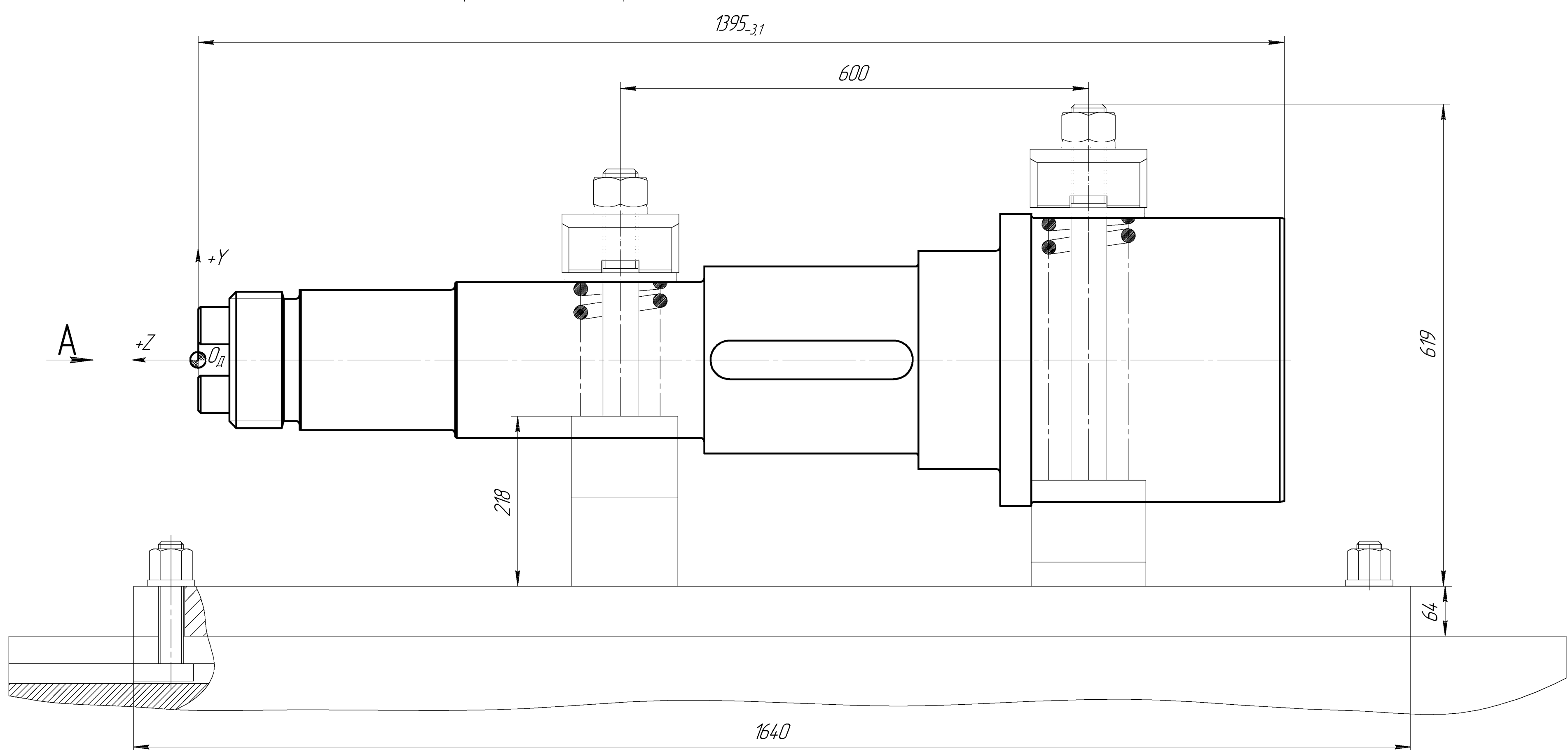
T02	1	-50	0
	2	-50	0
	3	-50	0
	4	0	50
	5	0	50
	6	0	50
	7	50	0
	8	50	0
	9	50	0
	10	0	-50
	11	0	-50
	12	0	-50



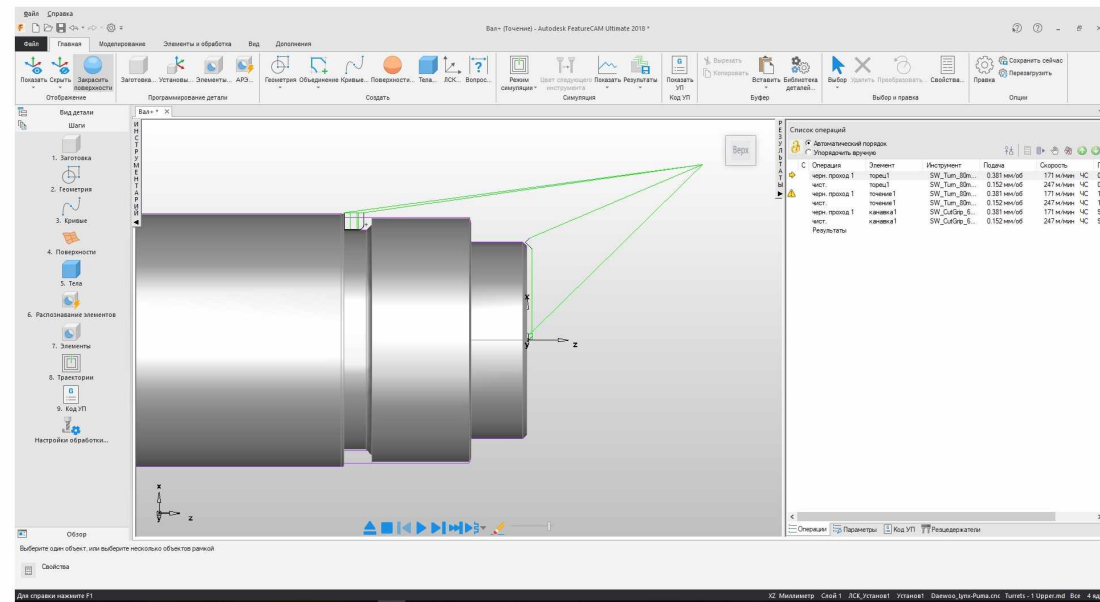
T03	1	-50	0
	2	-50	0
	3	-50	0
	4	0	50
	5	0	50
	6	0	50
	7	50	0
	8	50	0
	9	50	0
	10	0	-50
	11	0	-50
	12	0	-50



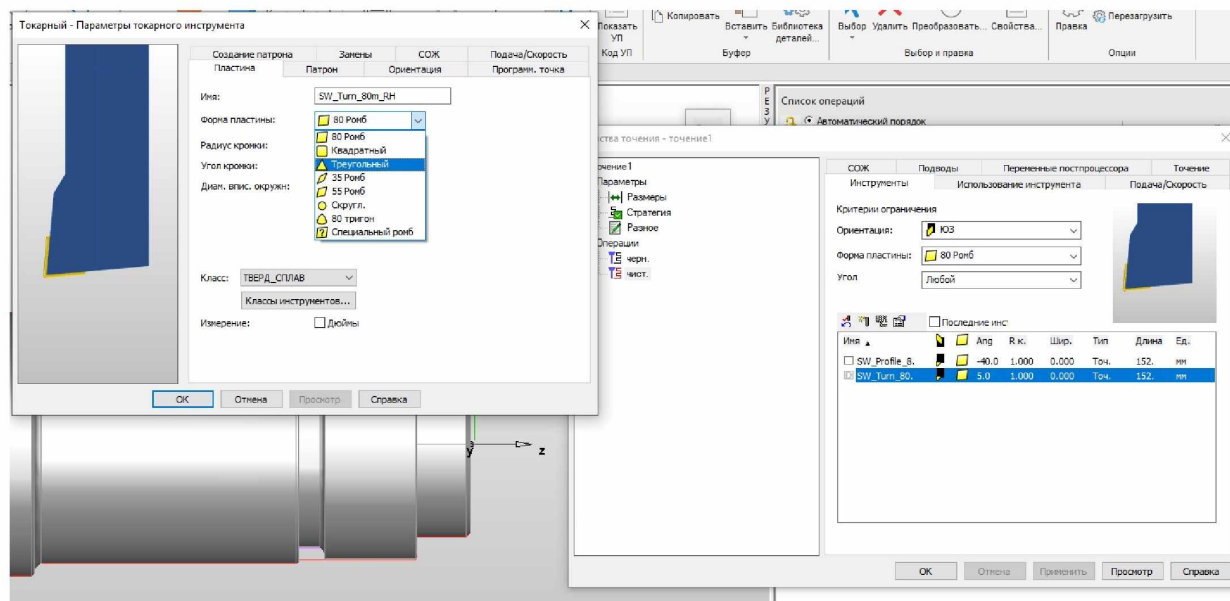
T04	1	-50	0
	2	-50	0
	3	-50	0
	4	0	50
	5	0	50
	6	0	50
	7	50	0
	8	50	0
	9	50	0
	10	0	-50
	11	0	-50
	12	0	-50



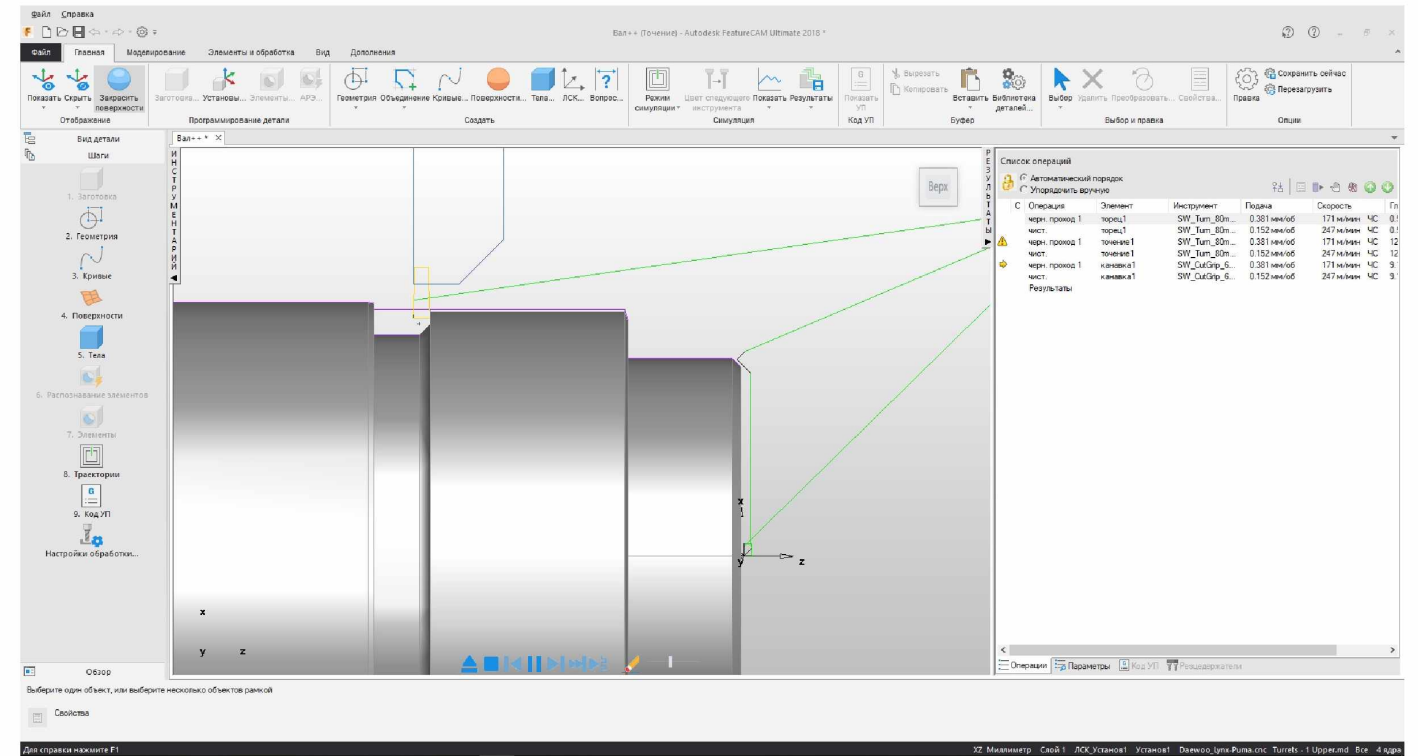
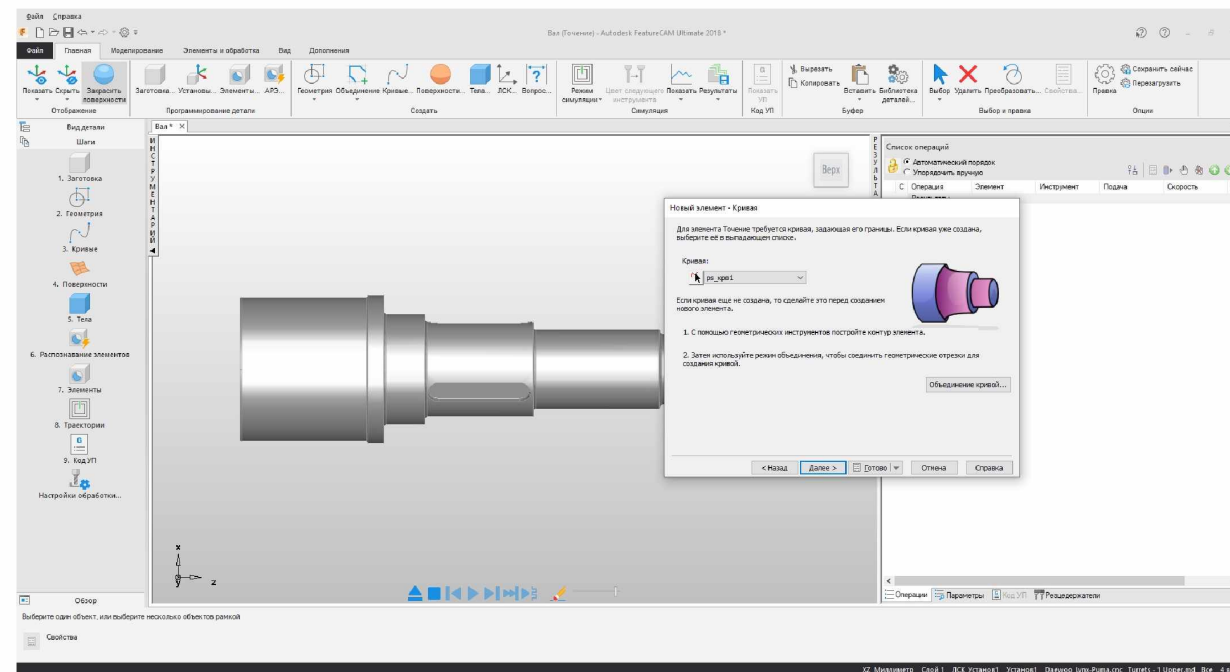
				КНУКБР.13125.1-04.ВІН			
Экз/лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Верстатно-інструментальне налагодження	Лист	Маса	Масштаб
					Н		14
					Лист	Листів	1
Н.контр.	Н.начальн.				Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев				гр. ПМ-21		



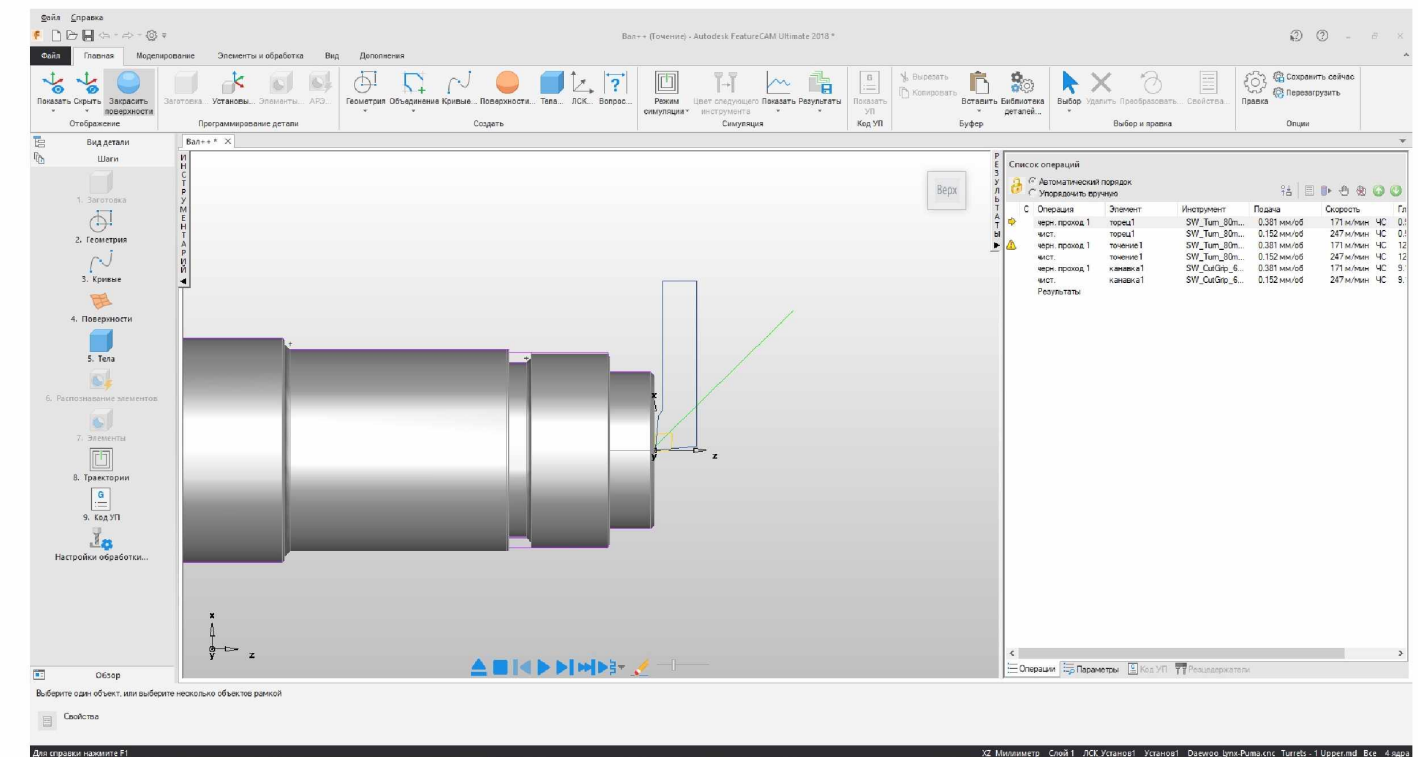
Етап вибору різального інструменту в меню програми



Розпізнавання елементів деталі



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (підрізання торцю)



				КНУ.КБР.131.25.1-04.МПМО		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Модельовання процесу механічної обробки	Лит.	Маса
Розробив	Воронін				Н	
Керівник	Кірюновський					
Н.контр.	Нечаєв				Лист	Листів 1
Затв.	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-21	