

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Маточина» ходового механізму з використанням CAD/CAM-систем

Виконав: здобувач групи ЗПМ-23ск
Сліпко В.Р.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

Кривий Ріг
2026 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Маточина» ходового механізму з використанням CAD/CAM-
систем

Виконав здобувач гр. ЗПМ-23ск

(підпис)

Віталій СЛІПКО

Керівник КБР

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

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

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

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувача групи ЗПМ-23ск Сліпко Віталія Руслановича

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Маточина» ходового механізму з використанням CAD/CAM-систем

Керівник проекту: доц., к.т.н. Нечаєв В.П.

Затверджена наказом по КНУ № _____ від « ____ » _____ 2026 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи « ____ » _____ 2026 р.

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

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

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Маточина. 2. Ескізи операцій. 3. Верстатно-інструментальне налагодження. 4. Пристрій верстатний. 5. Моделювання процесу обробки.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	25.02.2026
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2026
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2026
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2026
5.	Креслення деталі (А1-А4).	18.03.2026
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.2026
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2026
8.	Вибір параметрів різальної частини інструментів.	12.04.2026
9.	Розрахунок конструктивних параметрів різальної частини інструменту.	19.04.2026
10.	Вибір розмірів різального інструменту.	25.04.2026
11.	Креслення спеціального різального інструменту (А2-А4).	01.05.2026
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	04.05.2026
13.	Вибір допоміжних інструментів.	08.05.2026
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального налагодження (А1-А2)	12.05.2026
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.2026
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2026
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2026
18.	Висновки	01.06.2026
19.	Оформлення РПЗ	07.06.2026
20.	Попередній захист	15.06.2026

Дата видачі завдання: «_____» _____ 2026 р.

Завдання видав керівник КБР

/Нечаєв В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти

/Сліпко В.Р./

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документація		
		A4		1	КНУ.КБР.131.26.4-04.ПЗ	Пояснювальна записка	48	
						Креслення		
		A1		2	КНУ.КБР.131.26.4-04.Н	Маточина	1	
		A1		3	КНУ.КБР.131.26.4-04.ЕО	Ескізи операцій	1	
		A1		4	КНУ.КБР.131.26.4-04.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
		A1		5	КНУ.КБР.131.26.4-04.ПВ	Пристрій верстатний	1	
		A3		6	КНУ.КБР.131.26.4-04.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дфл	Подп. и дата	КНУ.КБР.131.26.4-04.ВМКБР				
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Разраб.	Сліпка			Відомість матеріалів КБР	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Нечаєв				Н		1
	Н.контр.	Нечаєв						
	Утв.	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ЗПМ-23ск		
Копировал								
Формат А4								

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 48 стор., 25 рисунків, 15 таблиць, 5 листів графічної частини.

Кваліфікаційна бакалаврська робота присвячена конструкторсько-технологічній підготовці виробництва деталі «Маточина» ходового механізму з використанням сучасних CAD/CAM систем.

Об'єктом дослідження є процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Маточина» ходового механізму – від аналізу конструкції та розробки технологічного процесу до програмування обробки на обладнанні з ЧПК із застосуванням CAD/CAM систем.

Предметом дослідження є методи та засоби конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталей типу «Маточина», технологічні рішення щодо механічної обробки, алгоритми та інструменти CAD/CAM систем для автоматизованого проєктування технологічних процесів і розробки керуючих програм для верстатів з ЧПК.

Дослідження охоплює повний цикл підготовки виробництва: від аналізу конструкції деталі та вимог до її якості до розробки технологічного процесу механічної обробки із застосуванням CAD/CAM систем, вибору технологічного оснащення та розробки керуючих програм для верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Деталь «Маточина» є типовою деталлю ходового механізму, що виготовляється у середньосерійному та великосерійному виробництвах. Точність її виготовлення безпосередньо впливає на надійність, довговічність та безпеку експлуатації транспортних засобів. Тому розробка раціонального технологічного процесу з використанням сучасних CAD/CAM систем є актуальним практичним завданням.

Актуальність теми обумовлена також необхідністю підготовки висококваліфікованих інженерних кадрів, здатних ефективно застосовувати сучасні комп'ютерні технології в практичній діяльності, що відповідає вимогам Індустрії 4.0 та курсу на цифрову трансформацію промисловості України.

Практична цінність роботи полягає у розробці комплексу технологічної документації та тривимірної моделі деталі, що може бути безпосередньо використано у виробничих умовах машинобудівного підприємства. Розроблені рішення дозволяють скоротити тривалість технологічної підготовки виробництва, підвищити точність і стабільність виготовлення деталі «Маточина», а також знизити трудомісткість і собівартість її виготовлення.

МАТОЧИНА, РЕДУКТОР РМ400, СОБІВАРТІСТЬ, МОДЕЛЮВАННЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.Р			
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Розроб.	Сліпко				Реферат			
Перевір.	Нечаєв							
Реценз.								
Н. контр.	Нечаєв							
Зав. каф.	Рязанцев							
					Літ.	Арк.	Арк.шіт	
					Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск			

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 48 pages, 25 figures, 15 tables, 5 sheets of the graphic part.

The bachelor's qualification thesis is devoted to the design and technological preparation of manufacturing the «Hub» component of a travel mechanism using modern CAD/CAM systems.

The object of the study is the process of design and technological preparation for manufacturing the «Hub» component of a travel mechanism – from design analysis and process planning to CNC machining programming using CAD/CAM systems.

The subject of the study comprises methods and tools for the design and technological preparation of manufacturing hub-type components, technological solutions for machining operations, as well as CAD/CAM system algorithms and tools for the automated design of technological processes and the development of CNC machine control programs.

The research covers the complete production preparation cycle: from analyzing the component design and quality requirements to developing a machining process using CAD/CAM systems, selecting technological tooling, and creating control programs for computer numerical control (CNC) machine tools.

The «Hub» component is a typical part of a travel mechanism manufactured in medium-scale and large-scale production. The accuracy of its manufacture directly affects the reliability, durability, and operational safety of transportation equipment. Therefore, the development of an efficient technological process using modern CAD/CAM systems is a relevant practical task.

The relevance of the topic is also determined by the need to train highly qualified engineering specialists capable of effectively applying modern computer technologies in professional practice, which corresponds to the requirements of Industry 4.0 and the digital transformation strategy of Ukraine's industrial sector.

The practical value of the thesis lies in the development of a complete set of technological documentation and a three-dimensional model of the component, which can be directly implemented in the production environment of a mechanical engineering enterprise. The proposed solutions make it possible to reduce the duration of production planning and preparation, improve the accuracy and consistency of manufacturing the *«Hub»* component, and decrease both labor intensity and production costs.

HUB, PRODUCTION COST, MODELING, PRODUCTIVITY, MODERNIZATION.**

					КНУ.КБР.131.26.4-04.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 параметрів точності різьбового з'єднання	12
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	14
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	14
2.2 Аналіз якості поверхонь деталі	15
2.3 Технічний контроль робочого креслення	16
2.4 Аналіз технологічності деталі	17
2.5 Вибір діючого заводського технологічного процесу. Задачі проектування	18
3 Проектування технологічного процесу обробки деталі	19
3.1 Вибір, техніко – економічне обґрунтування та проектування заготовки	19
3.2 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь	20
3.3 Розробка маршруту обробки деталі	22
3.4 Вибір типорозміру різальних та допоміжних інструментів	24
4 Проектування технологічного оснащення	30
4.1 Аналіз вихідних даних. Вибір способу обробки і типу верстату	30
4.2 Визначення способу встановлення заготовки та розробка схеми базування	30
4.3 Вибір або проектування опорних та базових елементів	31
4.4 Розрахунок похибки базування	32
4.5 Розробка схеми закріплення деталі	32
4.6 Розрахунок пристрою на точність	33
4.7 Опис пристрою	35
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	36
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	36
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	38
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	41
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	41
6.2 Екологія виробництва та охорона праці при шліфувальних операціях	45
Висновки	47
Список використаних джерел	48

					КНУ.КБР.131.26.4-04.3		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.	Сліпка						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск		

ВСТУП

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

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

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

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

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

					КНУ.КБР.131.26.4-04.В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Сліпка				Вступ		
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						
						Літ.	Арк.
						Арх.	Арх.
						Каб. ТМ, гр. ЗПМ-23ск	

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідною інформацією для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи стали робочі креслення деталі «Маточина» та складальної одиниці, до якої вона належить – ходового механізму мостового крану. Також було враховано річну програму випуску продукції, яка складає 1500 одиниць. На рисунку 1.1 наведено тривимірну модель зазначеної деталі.

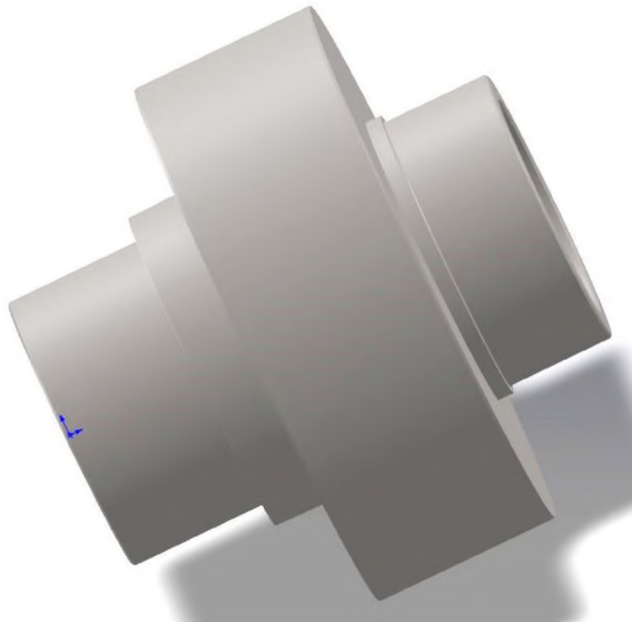


Рисунок 1.1 – Об’ємна модель деталі «Маточина»

Метою кваліфікаційної бакалаврської роботи є розробка конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Маточина» ходового механізму на основі комплексного застосування CAD/CAM систем, що забезпечить підвищення ефективності технологічного процесу, скорочення часу підготовки виробництва та підвищення якості готової деталі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз конструкції деталі «Маточина», визначити її службове призначення, технічні вимоги та умови роботи у вузлі ходового механізму;
- виконати аналіз технологічності конструкції деталі та розробити рекомендації щодо її вдосконалення з точки зору технологічності виготовлення;
- визначити тип виробництва та обґрунтувати вибір заготовки з урахуванням матеріалу деталі, серійності виробництва та техніко-економічних показників;

					<i>КНУ.КБР.131.26.4-04.01.АСПМ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Сліпка</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск</i>		

- розробити раціональний технологічний процес механічної обробки деталі із зазначенням послідовності операцій, режимів різання та технічних норм часу;
- виконати тривимірне моделювання деталі «Маточина» із застосуванням CAD-системи;
- розробити керуючі програми для обробки деталі на верстатах з ЧПК із використанням САМ-системи;
- розрахувати та спроектувати спеціальне технологічне оснащення для базування та закріплення деталі;
- провести техніко-економічний аналіз розробленого технологічного процесу та оцінити ефективність впровадження CAD/CAM систем.

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

Задана деталь «Маточина» є складовою частиною ходового механізму мостового крану. Мостові крани загального призначення серії КМ вантажопідйомністю 80/20 т широко застосовуються у важкому машинобудуванні (рис. 1.2), зокрема в складальних та механоскладальних цехах, де здійснюється монтаж великогабаритного та масивного обладнання, такого як турбіни, преси, редуктори та інші складні агрегати. Основним призначенням крана є виконання підйомно-транспортних операцій, що включають підйом, переміщення та точне встановлення вантажів у межах робочої зони. Конструкція крана забезпечує переміщення вантажу в трьох взаємно перпендикулярних напрямках: підйом/опускання, пересування візка та пересування самого моста вздовж підкранових колій.

Одним із ключових вузлів крана є механізм пересування моста, який забезпечує його горизонтальне переміщення по рейкових шляхах. Механізм пересування мостового крана призначений для забезпечення переміщення самої конструкції або візка. Переміщення може виконуватися як по горизонтальній поверхні, так і по похилій траєкторії. До складу цього механізму входять електродвигун, редуктор, муфта, система валів та ходові колеса. Саме в цьому механізмі використовується розглянута деталь – маточина, яка є невід'ємною частиною ходового колеса.

Маточина являє собою масивну литу деталь, виготовлену зі сталі, що працює в умовах значних статичних і динамічних навантажень. Вона розташовується в кінцевих балках моста крана та виконує функцію з'єднувального елемента між приводним валом і ходовим колесом. Конструктивно маточина має внутрішнє шліцьове отвір, за допомогою якого вона насаджується на шліцьовий вал приводу. Такий тип з'єднання забезпечує рівномірний розподіл навантаження по всій довжині контакту, підвищує надійність передачі крутного моменту та дозволяє працювати в умовах частих пусків, зупинок і реверсів, характерних для кранових механізмів.

Зовнішня частина маточини виконана у вигляді фланця з отворами під болтові з'єднання, за допомогою якого до неї кріпиться ходове колесо або його

					КНУКБР.131.26.4-04.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

складові частини. Таким чином, маточина одночасно виконує дві функції: передачу крутного моменту від приводу до колеса та забезпечення надійного механічного кріплення колеса.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд мостового крану

Принцип роботи механізму пересування полягає в наступному. Електродвигун створює обертальний рух, який передається на редуктор. Редуктор знижує частоту обертання та відповідно збільшує крутний момент до значень, необхідних для переміщення крана. Далі через муфту обертання передається на проміжний вал, який має шліцьове з'єднання з маточиною. Маточина, у свою чергу, передає обертання на ходове колесо, яке взаємодіє з рейкою, забезпечуючи переміщення моста крана вздовж підкранового шляху.

Застосування шліцьового з'єднання у маточині обумовлене необхідністю передачі значних крутних моментів при високих динамічних навантаженнях. У порівнянні зі шпонковими з'єднаннями, шліци забезпечують більшу площу контакту, що зменшує питомі напруження та підвищує довговічність вузла. Крім того, така конструкція полегшує монтаж і демонтаж колеса під час технічного обслуговування або ремонту.

Механізм пересування мостового крана серії КМ 80/20 т характеризується значними експлуатаційними параметрами, що обумовлені його призначенням для роботи з важкими вантажами. Типовими є використання електроприводу з циліндричним редуктором, наявність чотирьох або восьми ходових коліс, швидкість пересування в межах 20-100 м/хв, а також застосування фланцевих

					КНУ.КБР.131.26.4-04.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

болтових з'єднань для кріплення коліс. Матеріали деталей підбираються з урахуванням умов роботи, зокрема ступиці виготовляються з литих сталей типу 35Л, що забезпечують необхідну міцність і зносостійкість.

Отже, розглянута маточина є відповідальним елементом механізму пересування мостового крана, від надійності якого залежить ефективність і безпека роботи всього підйомно-транспортного обладнання. Вона забезпечує передачу крутного моменту від приводу до ходового колеса, сприймає значні навантаження та відіграє важливу роль у забезпеченні довговічності та працездатності механізму.

1.3 Розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання

Деталь «Маточина» має внутрішню різьбову поверхню (різьбовий отвір). Виконаємо розрахунок параметрів точності даного різьбового з'єднання.

Параметр різьби – М20х2,5-7Н

М – метрична різьба;

20 – номінальний діаметр різьби, мм;

2,5 – Р, крок різьби, мм;

7Н – поле допуску середнього діаметру;

7Н – поле допуску внутрішнього діаметру.

1.3.1 Визначення номінальних значень діаметрів різьби

Зовнішній – $D = 20$ мм – не нормується

Внутрішній – $D_1 = D - 3 + 0,294 = 20 - 3 + 0,294 = 17,294$ мм.

Середній – $D_2 = D - 2 + 0,376 = 20 - 2 + 0,376 = 18,376$ мм.

1.3.2 Визначення граничних відхилень діаметрів

Граничні відхилення визначаються номінальним діаметром, величиною кроку різьби та встановленим полем допуску:

D_2 – поле допуску 7Н;

D_1 – поле допуску 7Н.

$\varnothing 18,376 - 7Н;$

$ES_2 = +280$ мкм;

$EI_2 = 0.$

$\varnothing 17,294 - 7Н;$

$ES_1 = +560$ мкм;

$EI_1 = 0.$

1.3.3 Визначення граничних розмірів та величин допусків

$D_{2\max} = D_2 + ES_2 = 18,376 + 0,280 = 18,656;$

$D_{2\min} = D_2 + EI_2 = 18,376 + 0 = 18,376;$

$D_{1\max} = D_1 + ES_1 = 17,294 + 0,560 = 17,854;$

$D_{1\min} = D_1 + EI_1 = 17,294 + 0 = 17,294.$

$TD_2 = D_{2\max} - D_{2\min} = 18,656 - 18,376 = 0,280;$

$TD_2 = ES_2 - EI_2 = 280 - 0 = 280$ мкм.

$TD_1 = D_{1\max} - D_{1\min} = 17,854 - 17,294 = 0,560;$

$TD_1 = ES_1 - EI_1 = 560 - 0 = 560$ мкм.

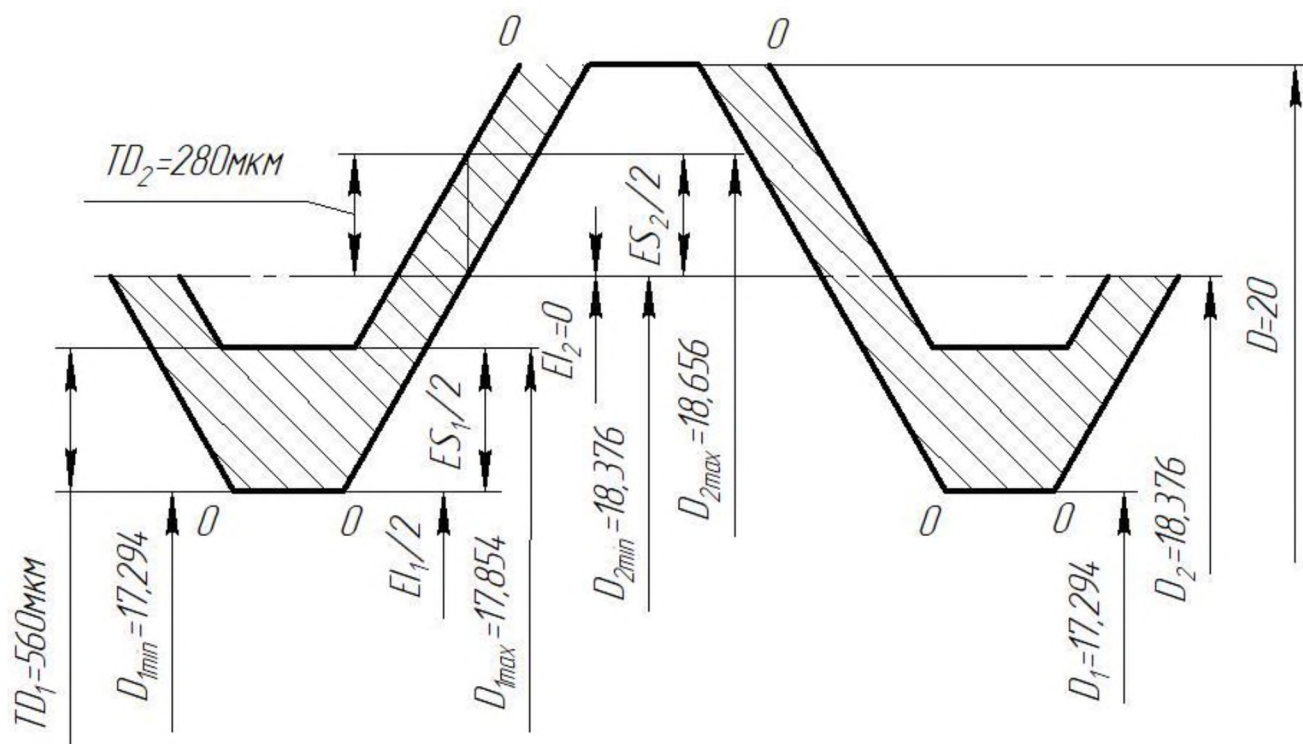
					КНУ.КБР.131.26.4-04.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Результати розрахунку параметрів різьби

Позначення різьби	Елементи різьби	Розміри (мм)			Допуск, мм
		номінальний	найбільший	найменший	
M20x2,5- 7H	D	не нормується			
	D_2	18,376	18,656	18,376	0,375
	D_1	17,294	17,854	17,294	0,630

1.3.4 Побудова схеми полів допусків різьбової поверхні

Схему полів допусків різьбової поверхні деталі «Маточина» показано на рисунку 1.3.



Рисунку 1.3 – Схема полів допусків різьби отвору маточини

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.4-04.01.АСПМ	Арк.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन

Маточина ходового колеса мостового крана працює в складі механізму пересування, який експлуатується в умовах значних навантажень, змінних режимів роботи та підвищених вимог до надійності. Умови роботи даної деталі визначаються характером функціонування всього механізму та специфікою експлуатації кранів великої вантажопідйомності.

У процесі роботи маточина постійно перебуває під дією крутного моменту, що передається від приводу через шліцьове з'єднання. При цьому величина моменту може істотно змінюватися залежно від маси вантажу, режиму пуску та гальмування, а також умов руху крана по рейковому шляху. Особливо небезпечними є динамічні навантаження, які виникають під час різких пусків, зупинок або реверсування руху, оскільки вони викликають ударні напруження в зоні шліців та в місцях кріплення колеса до маточини.

Окрім крутного моменту, маточина сприймає радіальні навантаження, що передаються від ходового колеса, яке контактує з рейкою. Ці навантаження обумовлені масою самого крана, вантажу та додатковими динамічними впливами, такими як перекося моста, нерівності рейкового шляху та коливання під час руху. У результаті в тілі маточини виникає складний напружений стан, що включає кручення, згин і контактні напруження.

Умови роботи також характеризуються повторно-короткочасним режимом навантаження, що призводить до втомного руйнування матеріалу при тривалій експлуатації. Додатково слід враховувати вплив зовнішніх факторів, таких як пил, волога, перепади температур, що можуть спричинити корозійні процеси та погіршення умов тертя у з'єднаннях.

Призначення маточини полягає у забезпеченні надійної передачі крутного моменту від приводу до ходового колеса та формуванні жорсткого з'єднання між валом і колесом. Завдяки наявності внутрішнього шліцьового отвору ступиця забезпечує рівномірний розподіл навантаження по поверхні контакту, що значно підвищує довговічність з'єднання порівняно зі шпонковими варіантами. Зовнішній фланець маточини призначений для кріплення колеса за допомогою болтового з'єднання, що забезпечує зручність монтажу та демонтажу під час технічного обслуговування.

Таким чином, маточина виконує одночасно силову та з'єднувальну функції, забезпечуючи ефективну передачу енергії в механізмі пересування крана та сприймаючи комплекс навантажень, що виникають у процесі його роботи. Надійність і довговічність цієї деталі безпосередньо впливають на працездатність і безпеку експлуатації всього кранового обладнання.

					<i>КНУ.КБР.131.26.4-04.02.ТПВД</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Сліпка</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск</i>		

Для зменшення зносу деталі потрібно призначити гартування поверхням та підвищити твердість до HB 207... 269 одиниць.

Матеріал деталі – 35Л-II ДСТУ 8781:2018. Це ливарна вуглецева сталь. Хімічний склад та механічні властивості сталі 35Л-II ДСТУ 8781:2018. приводимо в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 35Л-II ДСТУ 8781:2018

Марка сталі	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	P, %	S, %
35Л-II	0,32÷0,4	0,17÷0,37	0,5÷0,8	0,17÷0,37	≤0,04	≤0,045

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 35Л-II ДСТУ 8781:2018

Марка сталі	σ_T кгс/мм ²	δ_5 %	σ_p кгс/мм ²	ψ_1 %	a_H кгс/см ²	HB
35Л-II	28	15	50	25	3,5	137...166

Корозійна стійкість сталі 35Л-II ДСТУ 8781:2018 низька, зварювальність сталі відмінна.

Матеріал заміни деталі – 35ХМЛ-II ДСТУ 8781:2018. Це високолегована ливарна сталь.

Хімічний склад сталі: 0,35% вуглецю, 1% хрому, 1% марганцю.

Границя міцності – при розтягненні 18 кгс/мм², стріла прогину 8 мм на відстані 600 мм.

Матеріал заміни – 35ХНЛ-II ДСТУ 8781:2018.

Хімічний склад сталі: 0,35% вуглецю, 1% хрому, 1% нікелю.

2.2 Аналіз якості поверхонь деталі

Деталь «Маточина» відноситься до класу деталей – втулки.

Основні поверхні деталі – торцеві, шліцьові, зовнішні циліндричні поверхні.

Допоміжні поверхні – 16 отворів на торцевих поверхнях деталі.

Вільні поверхні – фаски, чотири отвори Ø80 мм

Таблиця 2.3 – Аналіз якості поверхонь

№ пов	Номінальний розмір, мм	ІТ	T, мм	Ra	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1	Ø360к6	6	0,036	1,6	/0,05
2	Торець Ø420	12	0,057	3,2	/0,05
3	Торець р-ру 240	12	0,46	3,2	/0,05
4	Ø700u8	8	0,08	3,2	/0,05
5	конус	12	0,18	12,5	
6	Торець р-ру 240	12	0,46	3,2	
7	Торець Ø380	12	0,57	3,2	/0,05
8	Торець Ø360, р-ру 655	12	0,57	3,2	/0,05

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.4-04.02.ТПВД		Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	--	------

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
9	Торець Ø360, p-ру 655	12	0,57	3,2	/0,05
10	Ø285	12	0,57	12,5	
11	16 отв. М20-7Н	7	0.021	3,2	
12	10 пазів 10x245Н12x270Н9x30Н12	12	0,21	3,2	
13	Ø245	12	0,46	6,3	
14	Ø360к6	6	0,04	1,6	/0,05
15	Фаска 30x30 ⁰	12	0,25	6,3	
16	Ø80, 4 отв.	12	0,3	12,5	
17	Торець Ø285, p-ру 300	12	0,57	12,5	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Креслення виконане у форматі А1 із застосуванням масштабу 1:2,5, що є доцільним з огляду на значні габарити деталі. Основні проекції, розрізи та перерізи (Б-Б, В-В) присутні, що дозволяє повністю зрозуміти конструкцію деталі, її внутрішню геометрію та форму окремих елементів. Наявність локальних перерізів забезпечує достатню наочність для складних ділянок, зокрема зони шліцевого отвору та переходів.

Розміри на кресленні нанесені в цілому коректно та забезпечують визначення геометрії деталі. Вказані як габаритні, так і приєднувальні розміри, зокрема діаметри посадкових поверхонь, довжини, товщини та параметри отворів. Разом з тим, окремі розміри потребують уточнення щодо їх функціонального призначення, а саме – не завжди чітко простежується поділ на базові, приєднувальні та довідкові розміри, що є бажаним для покращення технологічності.

Посадкові розміри задані із застосуванням полів допусків (наприклад, Ø270 Н9), що відповідає вимогам до точності з'єднань. Наявні позначення шорсткості поверхонь (Ra 1,6; Ra 3,2; Ra 6,3; Ra 12,5), які диференційовані залежно від функціонального призначення поверхонь. Це свідчить про врахування умов роботи деталі та необхідності забезпечення відповідної якості обробки.

На кресленні наведені технічні вимоги, зокрема:

- вказано твердість матеріалу після термічної обробки (НВ 240...293);
- зазначено точність відливки відповідно до стандарту;
- встановлено радіуси ливарних переходів;
- передбачена можливість заміни матеріалу на аналог;
- задані загальні допуски (Н14, h14, IT14/2).

Це забезпечує достатній рівень технологічної визначеності деталі при виготовленні.

Матеріал деталі (сталь 35Л) обрано обґрунтовано, враховуючи умови роботи маточини у складі навантаженого механізму. Вказівка на литу заготовку також відповідає конструктивній формі деталі та її габаритам.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

У цілому креслення відповідає основним вимогам ЄСКД та містить необхідну інформацію для виготовлення деталі, однак потребує незначного доопрацювання з метою підвищення однозначності трактування та технологічності.

2.4 Аналіз технологічності деталі

Розглянута деталь – маточина ходового колеса – є масивною тілом обертання складної форми з фланцевою частиною та внутрішнім шліцьовим отвором. Конструкція деталі в цілому відповідає її функціональному призначенню та умовам роботи, однак потребує оцінки з точки зору технологічності виготовлення.

Конструкція деталі характеризується достатньою симетричністю відносно осі обертання, що є позитивним фактором технологічності. Це дозволяє ефективно використовувати токарну обробку як основний метод формоутворення більшості поверхонь. Основні зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні є доступними для обробки стандартним інструментом, що спрощує технологічний процес.

Внутрішній шліцьовий отвір є найбільш складним елементом деталі з точки зору виготовлення. Для його отримання необхідне застосування спеціалізованого обладнання (протяжні або зубонарізні верстати), що підвищує трудомісткість і вартість виготовлення. Проте використання шліцьового з'єднання є конструктивно обґрунтованим, оскільки забезпечує надійну передачу значних крутних моментів.

Наявність фланця з великою кількістю отворів під болтове з'єднання (M20) дещо ускладнює технологію виготовлення, оскільки потребує виконання значної кількості свердлильних та різьбонарізних операцій. Разом з тим, отвори розташовані рівномірно по колу, що дозволяє застосовувати координатно-розточувальні або свердлильні верстати з подільними пристроями, що підвищує точність та продуктивність обробки.

Технологічність деталі також забезпечується раціональним вибором шорсткості поверхонь. Для відповідальних посадкових поверхонь задано менші значення шорсткості ($Ra\ 1,6-3,2$), тоді як для менш відповідальних – більші ($Ra\ 6,3-12,5$), що дозволяє уникнути зайвих витрат на обробку.

Разом з тим, у конструкції можна відзначити окремі недоліки з точки зору технологічності. Зокрема, значна масивність деталі може призводити до утворення внутрішніх напружень та дефектів лиття (усадочних раковин, пористості), що потребує додаткового контролю якості. Крім того, відсутність чітко визначених технологічних баз на кресленні може ускладнити процес встановлення деталі при обробці.

У цілому деталь можна вважати технологічною, оскільки її конструкція відповідає вимогам виготовлення литтям з подальшою механічною обробкою, а всі основні поверхні доступні для обробки стандартними методами. Наявні конструктивні ускладнення є обґрунтованими з точки зору експлуатаційних вимог і не призводять до суттєвого ускладнення технологічного процесу.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

2.5 Вибір діючого заводського технологічного процесу. Задачі проектування

Структура типового технологічного процесу виготовлення деталі складається з наступних технологічних операцій, які представлені в табл. 2.4

Таблиця 2.4 – Базовий технологічний процес виготовлення деталі

№ операції	Назва операції	Обладнання
005	Токарна чорнова	Верстат мод. 16K40
010	Токарна чистова	Верстат мод. 16K40
015	Довбальна	Верстат мод. 7410
020	Радіально-свердлувальна	Верстат мод. 2М55
025	Термічна	
030	Круглошліфувальна	Верстат мод. 3М197
035	Контрольна	

Згідно аналізу типового технологічного процесу механічної обробки деталі «Маточина» призначаємо задачі, які необхідно вирішити при виготовленні даної деталі у дипломному проекті:

1. Вдосконалити метод одержання заготовки.
2. Вдосконалити технологічний процес обробки деталі з використанням сучасного металорізального обладнання та верстатно-інструментальної технологічної оснастки.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	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

Ключовим завданням під час вибору заготовки є визначення такого способу її отримання, який забезпечить максимально близьку відповідність форми майбутньої деталі за мінімальних виробничих витрат. На основі заданих вихідних даних виконується аналіз і підбір найбільш ефективних методів виготовлення заготовки.

Деталь – маточина.

Матеріал деталі – сталь 35Л-II ДСТУ 8781:2018.

Маса деталі – 580 кг.

Річна програма – 1500 штук.

Виробництво – середньосерійне.

Складемо матрицю можливих способів отримання заготовки, дані заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Матриця впливу факторів

Методи обробки заготовок	Форма	Точність	Технічні властивості матеріалу	Програма випуску	Виробничі можливості підприємства	Підсумок
Відливка у піщану форму	+	+	+	+	+	5
Лиття під тиском	–	+	+	+	–	3
Лиття в металеву форму	+	+	+	+	+	5

Аналіз заготовок показує, що лиття в металеву форму є економічно доцільнішим порівняно з литтям у піщану форму. Тому обираємо метод виготовлення заготовки в металевій формі та переходимо до її проектування.

3.1.2 Проектування заготовок

Деталь відноситься до відливок другого класу точності.

Клас точності розмірів – 7т.

Клас точності мас – 7.

Ряд припусків – 2.

Допуски розмірів відливок – 1,8 мм.

Граничні відхилення зміщення – 1,6 мм.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.03.ПТПОД							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування технологічного процесу обробки деталі				Літ.	Арк.	Архів	
Розроб.	Сліпка											
Перевір.	Нечаєв											
Реценз.												
Н. контр.	Нечаєв											
Зав. каф.	Рязанцев											
					Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск							

Верхні граничні відхилення мас – 1 мм.

Припуски на механічну обробку призначаємо на одну сторону поверхні

Пов. 1 $\varnothing 360$ - 5 мм
 Пов. 2 $\varnothing 380$ - 5 мм
 Пов. 3 розмір 240 - 4 мм
 Пов. 4 $\varnothing 700$ - 7,5 мм
 Пов. 6 розмір 240 - 4 мм
 Пов. 9 торець розміру 655 - 6 мм
 Пов. 10 $\varnothing 285$ - 4 мм
 Пов. 13 $\varnothing 245$ - 3,5 мм
 Пов. 14 $\varnothing 360$ - 5 мм
 Пов. 16 торець розміру 655 - 6 мм

Додаткові припуски на одну сторону

Пов. 1 - 1,8 мм
 Пов. 2 - 1,9 мм
 Пов. 3 - 1,5 мм
 Пов. 4 - 3 мм
 Пов. 6 - 1,5 мм
 Пов. 9 - 2 мм
 Пов. 10 - 1,5 мм
 Пов. 13 - 1,3 мм
 Пов. 14 - 1,8 мм
 Пов. 16 - 2 мм

Загальні припуски на сторону

Пов. 1 $\varnothing 360 + 2(5 + 1,8) = 373,6 \approx 374$ мм
 Пов. 2 $\varnothing 380 + 2(5 + 1,9) = 393,8 \approx 394$ мм
 Пов. 3 розмір $240 + 4 + 1,5 = 245,5 \approx 246$ мм
 Пов. 4 $\varnothing 700 + 2(7,5 + 3) = 721$ мм
 Пов. 6 розмір $240 + 4 + 1,5 = 245,5 \approx 246$ мм
 Пов. 9 розмір $655 + 6 + 2 = 663$ мм
 Пов. 10 $\varnothing 285 - 2(4 + 1,5) = 274$ мм
 Пов. 13 $\varnothing 245 - 2(3,5 + 1,3) = 235,4 \approx 235$ мм
 Пов. 14 $\varnothing 360 + 2(5 + 1,8) = 373,6 \approx 374$ мм
 Пов. 16 розмір $655 + 6 + 2 = 663$ мм

Висновки: За даними матриці впливів факторів більш доцільно використовувати заготовку одержану методом литтям в металеву форму.

3.2 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Для кожної поверхні деталі визначаємо необхідну кількість і послідовність переходів, поступово досягаючи заданої точності та параметрів шорсткості. Отримані дані вносимо до таблиці 3.2.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Послідовність обробки поверхонь

№ пов.	Розмір, мм	Найменування переходів	Шорсткість R_a	Точність IT	Допуск T , мм
1	2	3	4	5	6
1	Ø360к6	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування чистове	12,5 3,2 1,6	12 9 6	0,57 0,155 0,036
2	Торець Ø420	Точіння чорнове Точіння чистове	12,5 3,2	12 12	0,57 0,057
3	Торець р-ру 240	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	12,5 6,3 3,2	12 12 12	0,46 0,46 0,46
4	Ø700U8	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	12,5 6,3 3,2	12 10 8	0,7 0,7 0,08
5	конус	Точіння чорнове	12,5	12	0,18
6	Торець р-ру 240	Точіння чорнове Точіння чистове	12,5 3,2	12 12	0,46 0,46
7	Торець Ø380	Точіння чорнове Точіння чистове	12,5 3,2	12 12	0,57 0,57
8	Торець Ø360 р-ру 655	Точіння чорнове Точіння чистове	12,5 3,2	12 12	0,57 0,57
9	Торець Ø360 р-ру 655	Точіння чорнове Точіння чистове	12,5 3,2	12 12	0,57 0,57
10	Ø285	Точіння чорнове	12,5	12	0,57
11	16 отв. M20-7H	Центрування Свердління Розсвердління Нарізання різьби	12,5 12,5 6,3 3,2	12 12 11 7	0,15 0,21 0,0520.02 1
12	10 пазів 10x245H12x270 H9x 30H12	Довбання чорнове Довбання чистове	12,5 3,2	12 10	0,24 0,084
13	Ø245	Точіння чорнове Точіння напівчистове	12,5 6,3	12 12	0,46 0,46
14	Ø360к6	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування	12,5 3,2 1,6	12 9 6	0,57 0,1550,04
15	Фаска 30x30 ⁰	Точіння чорнове Точіння напівчистове	12,5 6,3	12 12	0,25 0,25
16	Ø80, 4 отв.	Свердління	12,5	12	0,3
17	Торець Ø285 р-ру 300	Точіння чорнове	12,5	12	0,57

					КНУ.КБР.131.26.4-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

3.3 Розробка маршруту обробки деталі

На основі приведених даних таблиці 3.2 та вибраних металорізальних верстатів вносимо зміни до маршруту обробки деталі, дані вносимо до табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Технологічний маршрут обробки маточини

№ опер.	Найменування операції	№ оброблюємої поверхні	№ базуючої поверхні	Тип, модель верстата
005	Токарна ЧПУ Установ А Установ Б	8,1,7,6,4,10,17 9,14,5,3,15,13	9,14 8,1	Токарний верстат з ЧПК Cormak СКТ800
010	Токарна ЧПУ Установ А Установ Б	8,1,7,6,4 9,14,3,15,13	9,14 8,1	Токарний верстат з ЧПК Cormak СКТ800
015	Радіально-свердлильна Установ А Установ Б	11 11, 16	8,1 9,14	2570МФ4
020	Довбальна	12	1,13	7410
025	Термічна			
030	Круглошліфувальна Установ А Установ Б	14 1	8,1 9,14	3А172
035	Контрольна			

До кожної технологічної операції призначаємо тип металорізального пристрою та різального інструменту. Дані заносимо до таблиці 3.4.

До токарних та круглошліфувальних верстатів вибираємо патрон.

Таблиця 3.4 – Послідовність виконання технологічних операцій обробки

№ опер.	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів	Верстатний пристрій	Інструмент різальний
1	2	3	4
005	1. Токарна ЧПУ 2 Cormak СКТ800 3. Установ А Точити пов.8 Точити пов.1 Точити пов.7 Точити пов.6 Точити пов.4 Розточити пов.10 Точити пов.17	Патрон 3-х кулачковий гідравлічний 	Різець прохідний з механічним кріпленням

					КНУ.КБР.131.26.4-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4
005	Установ Б Точити пов.9 Точити пов.14 Точити пов.5 Точити пов.3 точити пов.15 Точити пов.13	Штангенциркуль ШЦ-III-700 ДСТУ ГОСТ 166:2009	Різець розточний з механічним кріпленням
010	1. Токарна ЧПУ 2. Sormak SKT800 3. Установ А Точити пов.8 Точити пов.1 Точити пов.7 Точити пов.6 Точити пов.4 Установ Б Точити пов.9 Точити пов.14 Точити пов.3 Точити пов.15 точити пов.13	Патрон 3-х кулачковий гідравлічний  Штангенциркуль ШЦ-III-700 ДСТУ ГОСТ 166:2009	Різець прохідний з механічним кріпленням Різець розточний з механічним кріпленням
015	1. Радіально-сверлильна 2. 2570ПМФ4 3. Установ А Центрувати пов.11 Свердлити пов.11 Розсвердлити пов.11 Нарізати різьбу пов.11 Установ Б Центрувати пов.11 Свердлити пов.11 Розсвердлити пов.11 Нарізати різьбу пов.11 Свердлити пов.16	СРП	Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком  Свердло спіральне проміжне Мітчик машинний  Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком  Свердло спіральне для розрочки отворів

Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.4-04.03.ПТПОД

Арк.

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4
020	1. Довбальна 2. 7410 3. довбання шліців пов.12	Патрон 3-х кулачковий гідравлічний  Штангенциркуль ШЦ-Ш-700 ДСТУ ГОСТ 166:2009	Різець спеціальний
030	1. Круглошліфувальна 2. 3A172 3. Установ А Шліфувати пов.14 Установ Б Шліфувати пов.1		Круг шліфувальний

3.4 Вибір типорозміру різальних та допоміжних інструментів

3.4.1 Вибір типорозміру різальних інструментів

Вибір різальних інструментів здійснюємо за каталогом SECO [7].

Поверхня 11 – M20-7H, 16 отв.

За каталогом SECO вибираємо свердло Perfomax [7] SD503, діаметром 17,5мм.



- Інформація по пластинам на стр. 149-151.
- По режимам обработки см. стр. 152-159.
- Внутренняя подача СОЖ.

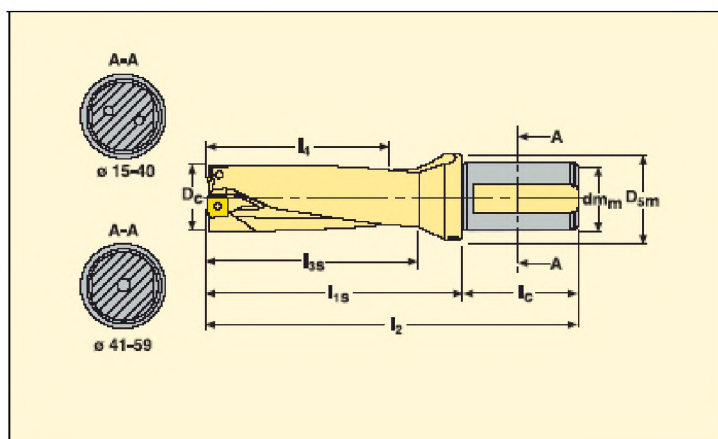


Рисунок 3.1 – Свердло зі змінними твердосплавними пластинами
SD503-17,5-59-25R7

Пластины для свердла:

Центральна: SPGX0602-C1; сплав – T400D. Режими різання: $S = 0,04 \dots 0,11 \text{ мм/об.}$ $V = 230 \dots 300 \text{ м/хв.}$

					КНУ.КБР.131.26.4-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Перефiрiйна: SPGX060204; сплав T2000D, T3000D. Режими рiзання: $S = 0,04 \dots 0,11 \text{ мм/об.}$ $V = 170 \dots 230 \text{ м/хв.}$

Поверхня 16 – свердло $\varnothing 80 \text{ мм}$. За каталогом SECO [7] вибираємо свердло Perfomax SD542.



- Інформація по пластинам на стр. 149-151.
- По режимам обработки см. стр. 152-159.
- Внутренняя подача СОЖ.

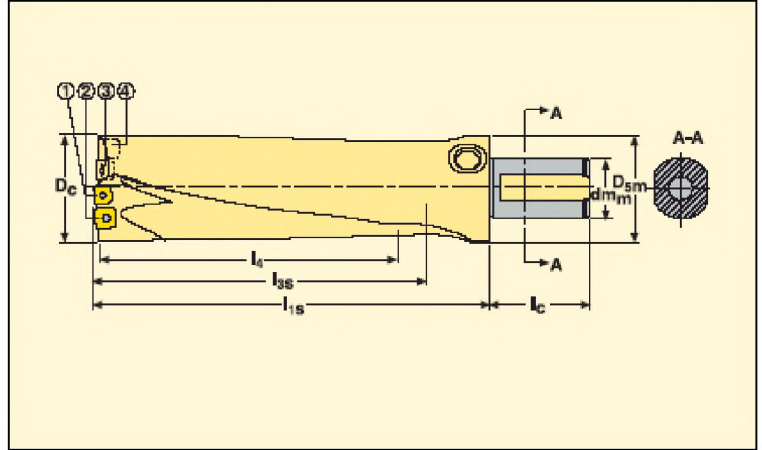


Рисунок 3.2 – Свердло зі змінними твердосплавними пластинами SD542-80-200-50R7

Пластины для свердла:

Центральна: SPGX12T3-C1; геометрія – C1; сплав – T400D. Режими рiзання: $S = 0,12 \dots 0,2 \text{ мм/об.}$ $V = 150 \dots 300 \text{ м/хв.}$

Перефiрiйні: SPGX120408; геометрія – P2; сплав – T2000D, T3000D. Режими рiзання: $S = 0,12 \dots 0,2 \text{ мм/об.}$ $V = 150 \dots 300 \text{ м/хв.}$

Поверхня 11 – M20 -7H . Вибір мiтчикiв здiйснюємо за каталогом компанії «KENNAMETAL» [8].



Рисунок 3.3 – Мiтчик iз швидкорiзучої сталі HSS-E-PM

Обираємо мiтчик iз швидкорiзучої сталі T630M200X250R6Y-D6, 4 канавки. Сплав – KP6525.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Поверхні 1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,14,

Схеми обробки поверхонь деталі показано на рисунку 3.4.

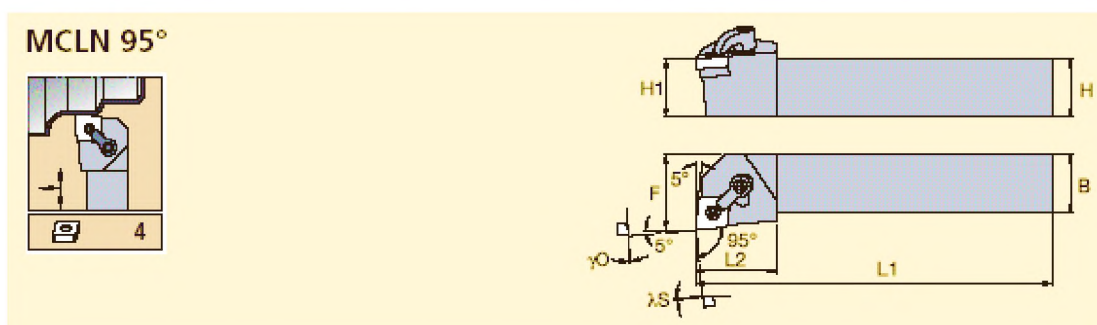


Рисунок 3.4 – Державка різця – MCLNR3232P19.

Пластина для чорнової обробки – CNMG190612-RW; сплав – KC9125.

Режими різання: $S = 0,4 \dots 1 \text{ мм/об}$; $V = 180 \dots 330 \text{ м/хв}$.

Пластина для напівчистої обробки – CNMG190612-MW; сплав – KC9110.

Режими різання: $S = 0,25 \dots 0,63 \text{ мм/об}$; $V = 150 \dots 300 \text{ м/хв}$.

Пластина для чистої обробки – CNMG190612- FW; сплав – KC9110.

Режими різання: $S = 0,1 \dots 0,4 \text{ мм/об}$; $V = 150 \dots 300 \text{ м/хв}$.

Поверхні 10, 17,13 – розточувальна головка за каталогом компанії «KENNAMETAL», тип H_PDUN93⁰.

Схема обробки поверхонь деталі показано на рисунку 3.5.

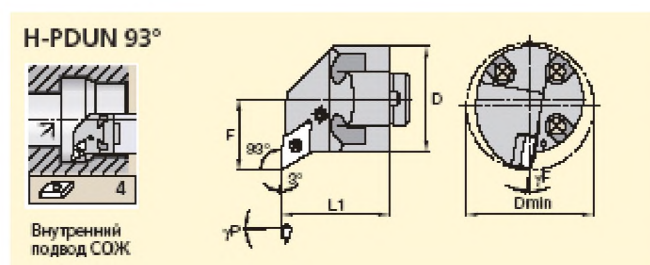


Рисунок 3.5 – Розточувальна головка – H50PDUNR15.

Пластина розточувальної головки вибираємо типу KENLOC.

Пластина для чорнової обробки – DNMG150608-RN; сплав – KC9125.

Режими різання: $S = 0,4 \dots 1 \text{ мм/об}$; $V = 180 \dots 330 \text{ м/хв}$.

Пластина для напівчистої обробки – DNMG150608-MW; сплав – KC9110.

Режими різання: $S = 0,25 \dots 0,63 \text{ мм/об}$; $V = 150 \dots 300 \text{ м/хв}$.

Пластина для чистої обробки – DNMG150608- FW; сплав – KC9110.

Режими різання: $S = 0,1 \dots 0,4 \text{ мм/об}$; $V = 150 \dots 300 \text{ м/хв}$.

Розточувальна бортштанга – вибір здійснюємо за каталогом компанії «KENNAMETAL» (рис. 3.6).

					КНУ.КБР.131.26.4-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

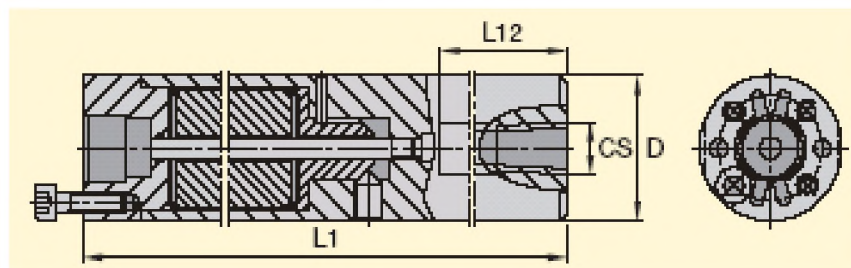


Рисунок 3.6 – Розточувальна бортштанга – D32MTTB447:
D = 32 мм, L = 422мм, l = 267мм

Поверхні 1, 14 – шліфування. Операція здійснюється шліфувальним кругом ПП100х40х30 24А 25-СМ27К35А ДСТУ ISO 603:1999.

3.4.2 Вибір допоміжних інструментів

Поверхні 1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,14 – державка різця – MCLNR3232P19.

Допоміжний інструмент – радіальний різцетримач В1-50х32 DIN1809 допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПУ (рис. 3.7).

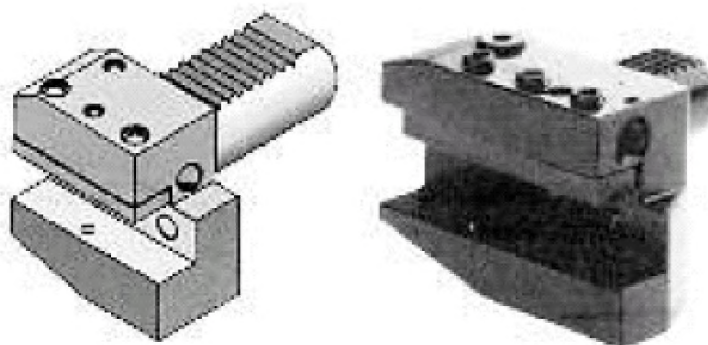


Рисунок 3.7 – Радіальний різцетримач В1-50х32 DIN1809

Поверхні 13,10,17. Розточувальна головка - H50PDUNR15 з розточувальною бортштангою – D32MTTB447.

Допоміжний інструмент – осьовий різцетримач Е2-50х32 DIN1809 допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПУ (рис. 3.8).

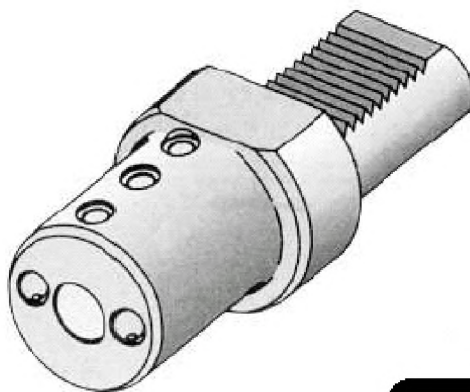


Рисунок 3.8 – Осьовий різцетримач Е2-50х32 DIN1809

					КНУ.КБР.131.26.4-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Поверхня 16. – отв. Ø80мм. Свердло зі змінними твердосплавними пластинами – SD542-80-200-50R7.

Допоміжний інструмент – тримач для свердла BSM0616100 40200.

Поверхня 11 – 16 отв. M20-7H.

Свердло зі змінними твердосплавними пластинами - SD503-17,5-59-25R7.

Допоміжний інструмент – тримач для свердла BSM0616100 25200.

Мітчик M20мм. KKENNAMETAL T331MF100X100R6H.

Допоміжний інструмент – швидкозмінний мітчиковий патрон тип T5283 (рис. 3.9) та тип T52852 100 080M20 (рис. 3.10).



• С растяжением и сжатием.

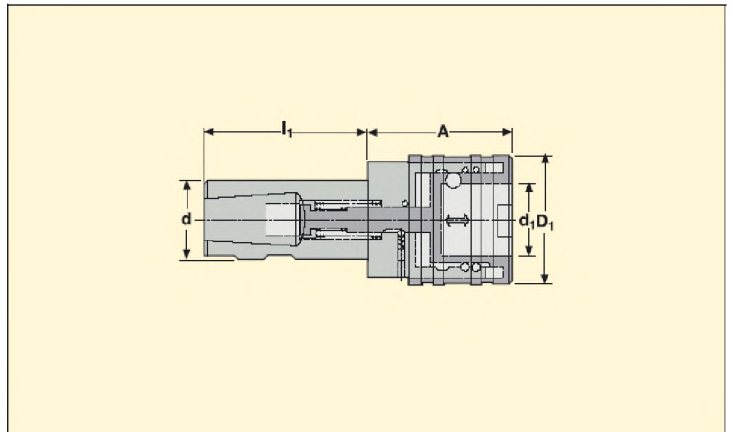


Рисунок 3.9 – Швидкозмінний мітчиковий патрон тип T5283



• Момент установлен в соответствии с размером резьбы.

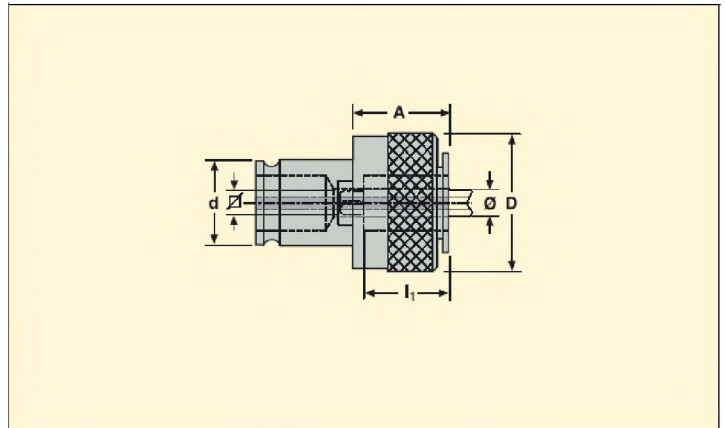


Рисунок 3.10 – Швидкозмінний мітчиковий патрон тип T52852 100 080M20

3.4.3 Виконуємо розрахунок на міцність інструмента при найбільш навантажених умовах.

В найбільш навантажених умовах працює свердло спіральне Ø17.5мм.

Визначаємо режим різання:

1) подачу на оберт знаходимо $S_0 = 0,4 \text{ мм/об}$ приймаємо 0,35 мм/об

2) знаходимо коефіцієнти для визначення швидкості головного руху різання

					КНУ.КБР.131.26.4-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$V=32$ м/хв,

Осьова складова сили різання

$$P_x = 9,81 \cdot C_p \cdot D^{x_p} \cdot S_0^{y_p} \cdot K_{M_p} \quad (3.1)$$

де $K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_6}{75} \right)^{0,75} = \left(\frac{45}{75} \right)^{0,75} = 0,682$

$$P_x = 9,81 \cdot 68 \cdot 17,5 \cdot 0,682 = 8116H$$

Момент сили опору різання (обертовий момент):

$$M_{o.p} = 9,81 \cdot C_M \cdot D^{M2} \cdot S_0^{y_M} \cdot K_M \quad (3.2)$$

$$C_M = 0,0345; z = 2,0; y_M = 0,8$$

$$M_{o.p} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 17,5^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,682 = 34H / M$$

$$K_{M_M} = \left(\frac{\sigma_6}{75} \right)^{0,75} = \left(\frac{45}{75} \right)^{0,75} = 0,682$$

$$[\tau] > \frac{M_{кр}}{F}, \text{ МПа}$$

$$[75] > \frac{34}{176} = 0,193 \text{ МПа.}$$

Умова виконується.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

4.1 Аналіз вихідних даних. Вибір способу обробки і типу верстату

Технічне завдання: Розробити верстатний пристрій на операцію 020 для свердління 16-ти отворів М20 -7Н (рис. 4.1).

Операція виконується на верстаті моделі 2570ПМФ4.

Параметри столу верстату:

Довжина –1600мм

Ширина –860мм

Кількість пазів – 4

Ширина паза – 22Н8

Відстань між пазами –180мм

Ріжучий інструмент – свердло Ø10,2h9 матеріал Р6М5 DIN 1.3355.

Режими різання – вісьова складова сили різання – $P_o = 2320 \text{ Н}$

Момент сил опіру різання (обертний момент) – $M_{кр} = 30,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

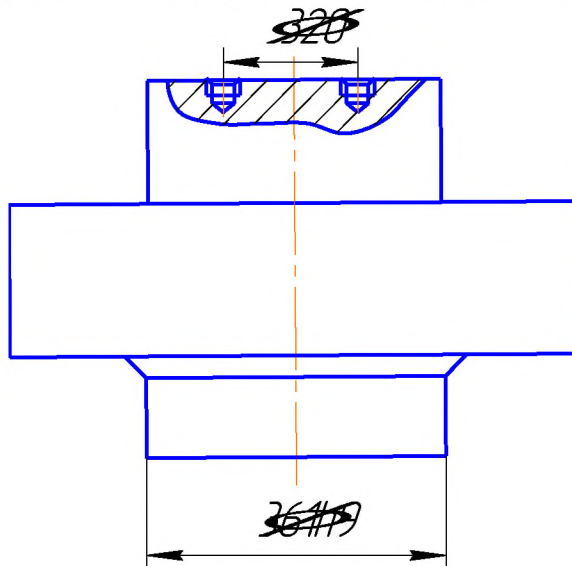


Рисунок 4.1 – Ескіз операції

4.2 Визначення способу встановлення заготовки та розробка схеми базування

При обробці отворів заготовка повинна розташовуватися на столі верстату торцевою поверхнею, а вісь отвору заготовки повинна співпадати з віссю шпинделя верстату.

Торець деталі Ø360к6 позбавляє деталь 3-х ступеней вільності, являється установочною базою (рис. 4.2). Направляючою базою, що позбавляє деталь двох ступеней вільності є зовнішня поверхня Ø360к6.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.04.ПІАРІ		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Проектування технологічного оснащення		
Розроб.	Сліпка						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23		

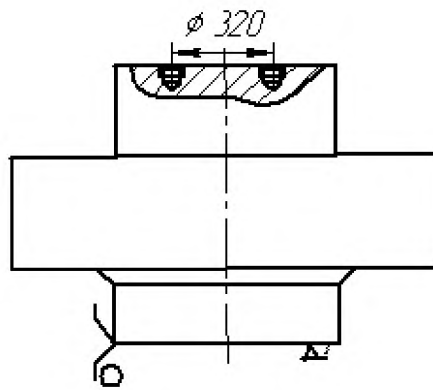


Рисунок 4.2 – Схема базування деталі

4.3 Вибір або проектування опорних та базових елементів

Згідно схеми базування установчими елементами будуть спеціальні елементи. Матеріал сталь 45 ДСТУ 7809:2015. До допоміжних елементів віднесемо комбінований затискач, шпонки, прихвати, пружини.

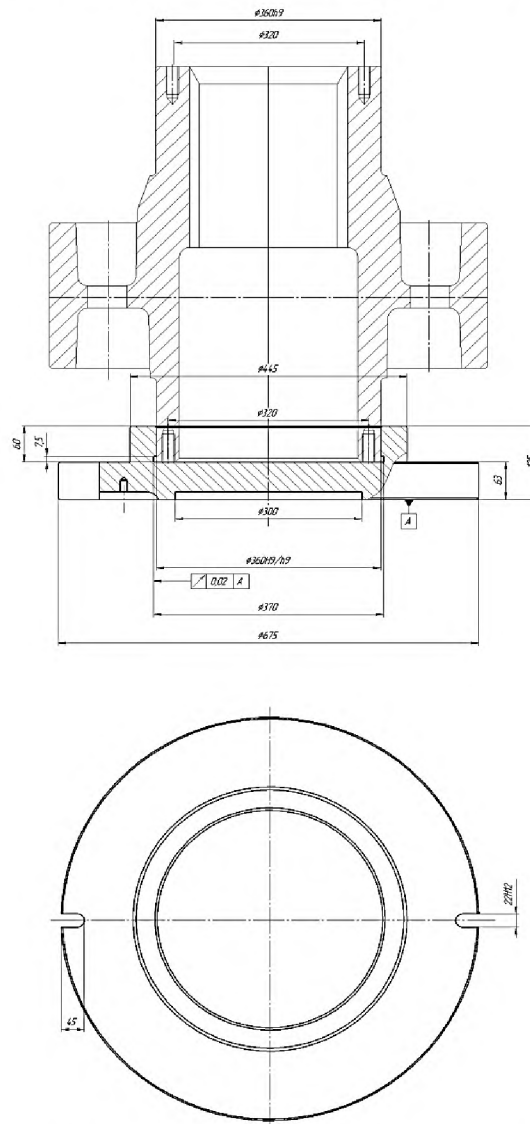


Рисунок 4.3 – Спеціальний установчий елемент

					КНУ.КБР.131.26.4-04.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

4.4 Розрахунок похибки базування

Розрахунок похибки базування виконується на основі схеми базування деталі в пристрою.

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5ITD + ITd_n + \Delta_{\text{гар}} \quad (4.1)$$

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,230 + 0,140 + 0 = 0,255 \text{ мм}$$

де ITD – допуск отвору

ITd_n – допуск деталі

$\Delta_{\text{гар}}$ - гарантований зазор.

4.5 Розробка схеми закріплення деталі

Схема закріплення розробляється на основі схеми базування.

Силу затиску направимо перпендикулярно установочому елементу – оправці.

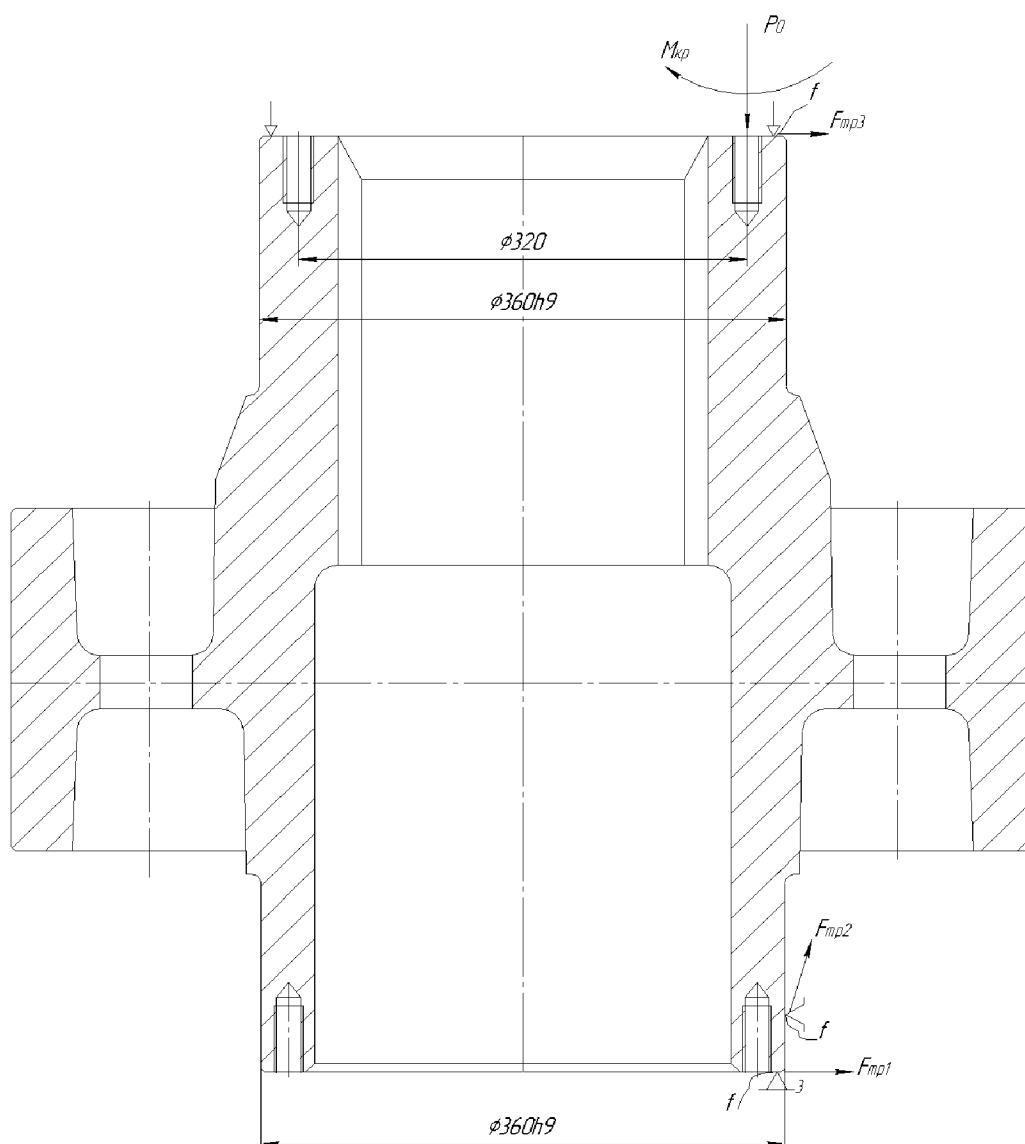


Рисунок 4.4 – Схема закріплення деталі

					КНУ.КБР.131.26.4-04.04.ПІАРІ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

$$\Sigma M_o = 0$$

$$F_{\text{тл1}} \frac{d_1}{2} + F_{\text{тл2}} \frac{d_1}{2} + F_{\text{тл3}} \frac{d_2}{2} + P_o \cdot 160 = kM_{\text{кр}} \quad (4.2)$$

$$F_m = wf ; \quad f = 0,12$$

$$wf_1 \frac{d_1}{2} + wf_2 \frac{d_1}{2} + wf_3 \frac{d_2}{2} = kM_{\text{кр}} + P_o \cdot 160 \quad (4.3)$$

$$w = \frac{k \cdot M_{\text{кр}} + P_o \cdot 160}{f_1 \cdot \frac{d_1}{2} + f_2 \cdot \frac{d_2}{2} + f_3 \cdot \frac{d_3}{2}} = \frac{2,5 \cdot 6400 + 3000 \cdot 160 \cdot 0,12}{0,12 \cdot 180 + 0,12 \cdot 180 + 0,12 \cdot 180} = 1136H$$

Для затиску деталі використовуємо комбінований затискач.

Визначаємо номінальний діаметр гвинта:

$$d = \sqrt{\frac{W}{0,5G}} = \sqrt{\frac{1136}{0,5 \cdot 800}} = 1,6 \text{ см} \quad (4.4)$$

Призначаємо гвинт пазовий М18 мм згідно параметрів Т- подібного пазу.

Параметри прихвату : $l = l_1 = 70$ мм.

Сила вихідного затиску:

$$Q = \frac{w(l_1 + l_2)}{l_1 \eta} \quad (4.5)$$

$$Q = \frac{1136(70 + 70)}{70 \cdot 0,95} = 2392 \text{ Н}$$

Виконуємо перевірку на міцність найбільш відповідальних елементів пристрою. Перевірці на міцність підлягають гвинти М8, що закріплюють шпонки до установчого елементу.

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{P}{F} < [\sigma_{\text{ср}}] \quad (4.6)$$

де P – сила навантаження

F – площа перерізу гвинта

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{P_o}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (4.7)$$

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{1136}{\frac{3,14 \cdot 18^2}{4}} = 4,47 \text{ Н/мм}^2$$

Умова виконується.

4.6 Розрахунок пристрою на точність

Виконуємо розрахунок на точність пристрою.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \kappa \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{но}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2} ; \quad (4.8)$$

де ε_{δ} – похибка базування ;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка розташування пристрою на верстаті ;

$\varepsilon_{\text{но}}$ – похибка розташування опорних поверхонь деталі відносно посадочних поверхонь пристрою;

					КНУ.КБР.131.26.4-04.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

ε_s – похибка закріплення ;

κ – коефіцієнт який враховує закон розподілення складових похибок;

$\varepsilon_6 = 0,255$ мм

$\varepsilon_{no} = 0,05$ мм

$\varepsilon_s = 0,03$ мм

$\varepsilon_{pn} = 0,008$ мм

$\kappa = 1,1 \dots 1,12$

Підставляємо значення у формулу:

$$\varepsilon_{np} = 1,1 \sqrt{0,255^2 + 0,008^2 + 0,05^2 + 0,03^2} = 0,29 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{np} < T_{обр}$$

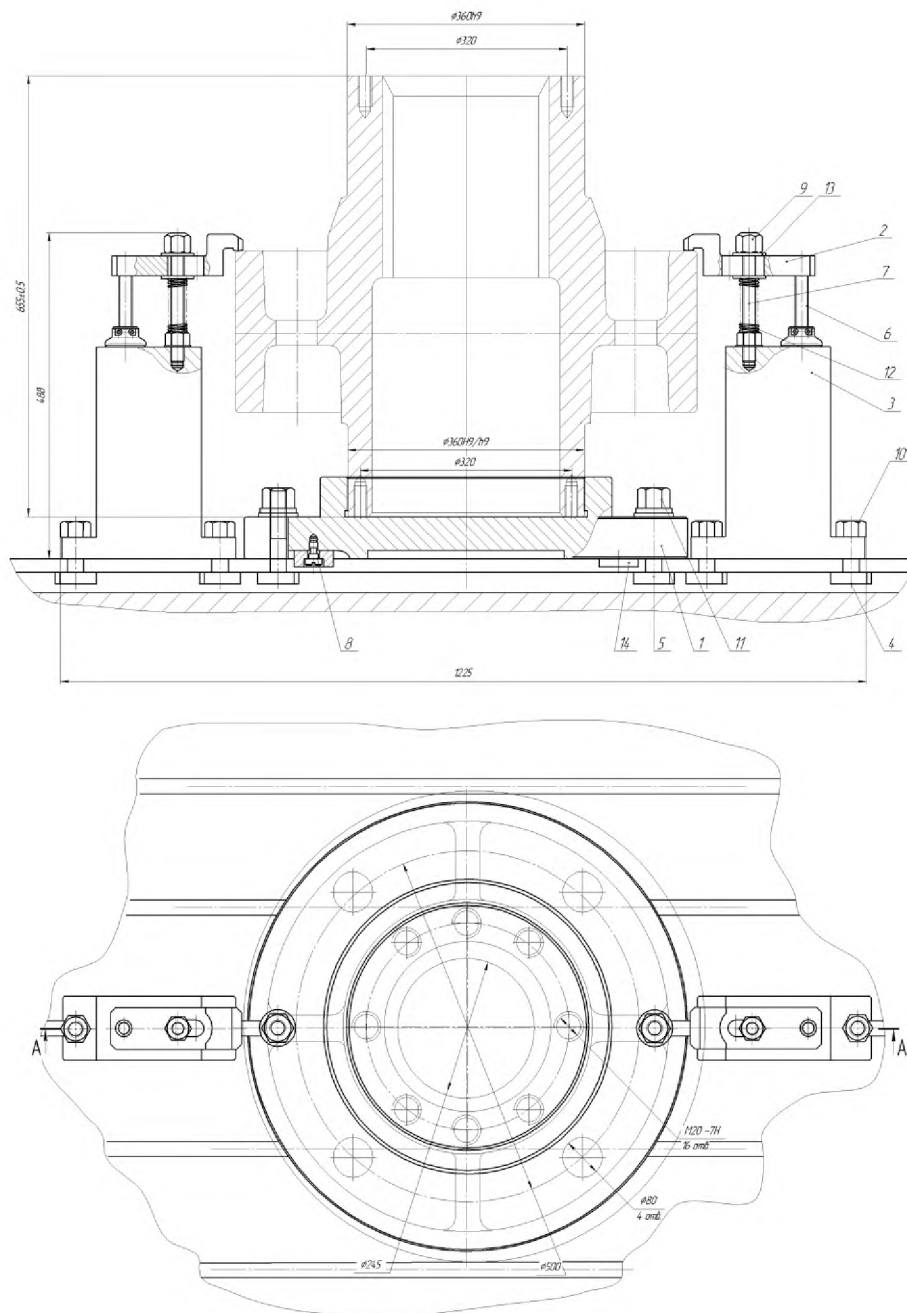


Рисунок 4.5 – Схема верстатного пристрою

									Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.4-04.04.ПІАРІ				

4.7 Опис пристрою

Деталь встановлюється зовнішньою поверхнею Ø361h9 в отвір спеціального установчого елемента Ø361H7. Закріплення деталі здійснюється за допомогою двох комбінованих затисків. Закріплення спеціального затиску виконується гвинтовою парою. Центрування пристрою здійснюється за допомогою двох шпонок.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для здійснення токарної обробки розроблено керуючу програму та виконано моделювання повного технологічного процесу із застосуванням програмного середовища Autodesk FeatureCAM. Обробка виконується на токарному верстаті з ЧПК Cormak SKT800. Його основні технічні характеристики наведені в таблиці 5.1, а загальний вигляд представлено на рисунку 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики верстата Cormak SKT800x2000

Параметр	Значення
Тип верстата	Токарний CNC
Максимальний діаметр обробки	800 мм
Діаметр над супортом	420-440 мм
Відстань між центрами	1500 мм
Діаметр отвору шпинделя	130 / 190 мм (опц. 220 мм)
Діапазон обертів шпинделя	22-800 / 835 об/хв
Потужність головного двигуна	11 кВт
Хід осей X / Z	420 / 1350 мм
Швидкі переміщення X / Z	4 / 8 м/хв
Повторюваність позиціонування X / Z	0.012 / 0.02 мм; до 0.025 мм
Кількість інструментів	4
Піноль задньої бабки	Ø100 мм
Хід пінолі	250 мм
Конус задньої бабки	MT5
Тип патрона	4-кулачковий 520 мм
Маса верстата	6100 кг
Габарити (Д×Ш×В)	4307 x 2040 x 1855 мм

Верстат Cormak SKT800 керується системою Siemens Sinumerik 808D, її технічні характеристики наведено в табл. 5.2.

Особливості системи Siemens Sinumerik 808D:

- моноблочна конструкція (PPU) – мінімум проводки, швидкий запуск;
- просте програмування – через G-code або діалогові цикли;
- Plug & Play підключення через USB;
- висока надійність для базових виробничих задач;
- оптимізована для токарних операцій (версія Turning).

					<i>КНУ.КБР.131.26.4-04.05.МПОМО</i>		
Зм.	Арк.	№ докц.	Підпис	Дата			
Розроб.	Сліпка				<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск</i>	
Зав. каф.	Рязанцев						



Рисунок 5.1 – Багатоцільовий токарний верстат Cormak SKT800x2000

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики системи Siemens Sinumerik 808D

Параметр	Значення
Архітектура	Моноблок (PPU – Panel Processing Unit)
Призначення	Токарні та фрезерні верстати
Кількість осей (макс.)	2-3 (X, Z + опціонально)
Кількість каналів	1
Тип керування	Замкнений контур (servo control)
Інтерполяція	Лінійна, кругова, гвинтова
Дисплей	7.5" LCD
Роздільна здатність	640 × 480
Панель оператора	Вбудована клавіатура + функціональні кнопки
Захист панелі	IP65
Пам'ять програм	~1.25 MB
Інтерфейси приводів	3 імпульсні (осі), 1 аналоговий (шпиндель)
Інтерфейси зв'язку	USB, RS-232
PLC	Вбудований
Підключення приводів	Siemens Sinamics V60
Серводвигуни	Siemens Simotics 1FL5
Програмування	ISO G-code (DIN 66025) + цикли
Технологічні цикли	Точіння, різьба, свердління, канавки
Максимум інтерпольованих осей	до 3
Режим ручного управління	JOG + маховик
Система вводу в експлуатацію	SINUMERIK startGUIDE
Програмне середовище	SINUMERIK Operate BASIC, programGUIDE

					КНУ.КБР.131.26.4-04.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

У процесі створення керуючої програми для виготовлення деталі «Маточина» було поетапно змодельовано повний технологічний процес у середовищі FeatureCAM. З урахуванням технічних характеристик верстата Cormak SKT800 та параметрів різального інструменту (див. розд. 3) сформовано оптимальну структуру обробних операцій. Крім того, проведено оцінку прийнятих технологічних рішень з точки зору їх доцільності та ефективності.

На рисунках 5.2-5.7 наведено ключові етапи симуляції обробки деталі «Маточина», а також результати моделювання, що підтверджують відповідність запропонованого технологічного процесу встановленим вимогам точності та продуктивності.

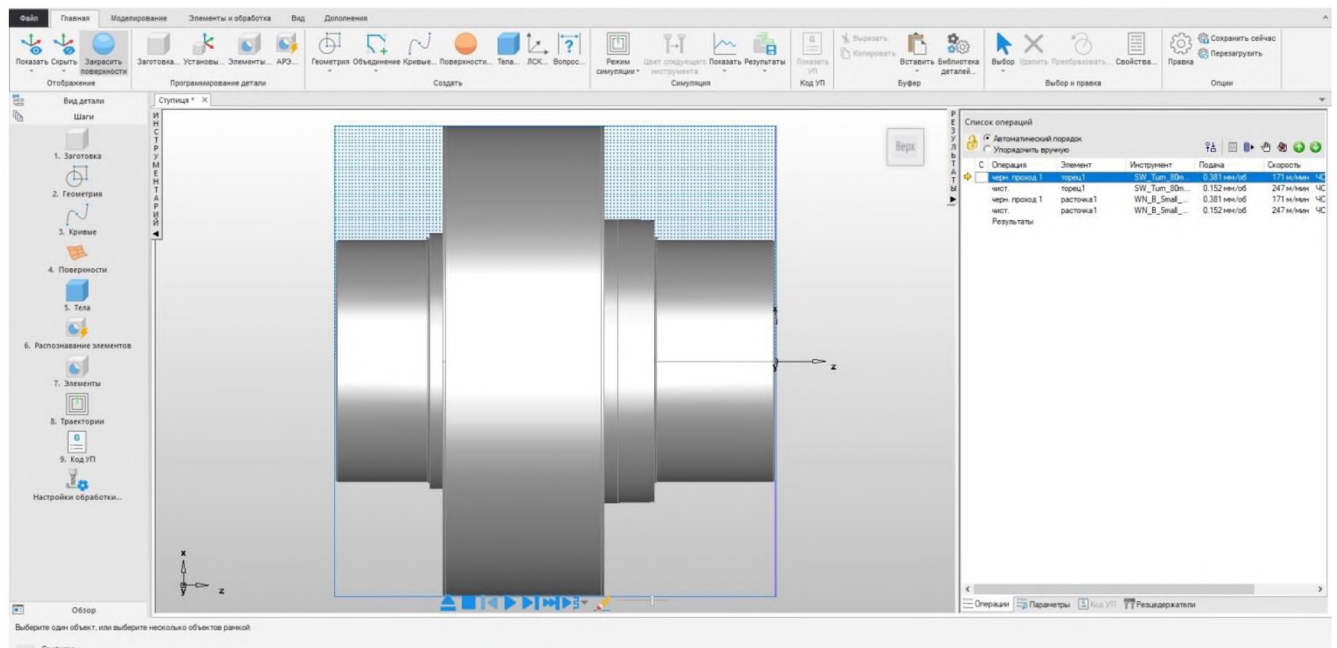


Рисунок 5.2 – Деталь «Маточина» у вікні FeatureCAM

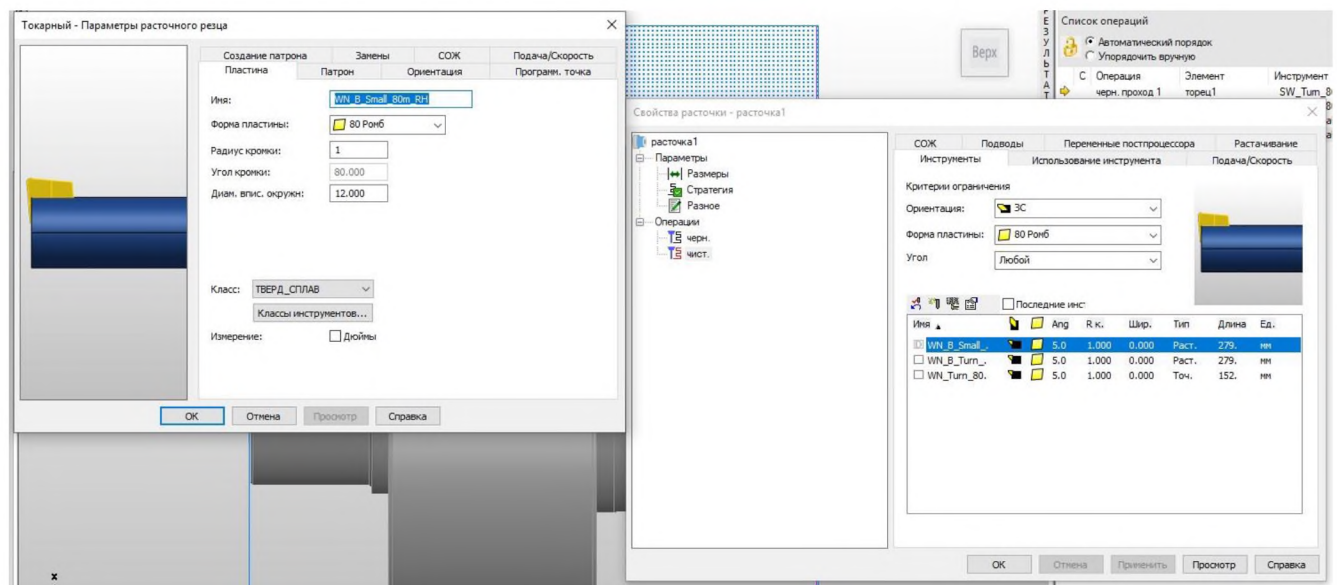
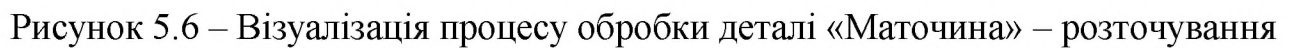


Рисунок 5.3 – Підбір металорізального різального інструменту – різець розточний

КНУ.КБР.131.26.4-04.05.МПМО					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	



					КНУКБР.131.26.4-04.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено економічне обґрунтування та визначено собівартість виготовлення деталі «Маточина» за двома варіантами технологічного процесу механічної обробки. Виконано аналіз доцільності модернізації виробництва шляхом заміни фізично і морально застарілого обладнання – двох токарних верстатів моделі 16К40 – на сучасний токарний верстат з ЧПК Cormak SKT800.

Результати проведених економічних розрахунків та визначення строку окупності інвестиційного проєкту наведено в таблицях 6.1-6.4. Зокрема, у таблиці 6.1 представлено вихідні дані, необхідні для виконання економічного аналізу; таблиця 6.2 містить допоміжні розрахункові показники, використані під час обчислень; у таблиці 6.3 наведено дані щодо собівартості річного випуску деталей і обсягу необхідних капітальних вкладень; у таблиці 6.4 подано загальні виробничі витрати, очікуваний річний економічний ефект та строк окупності запропонованого проєкту модернізації.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані				
Дані	Базовий варіант		Новий варіант	
	16K40	16K40	Cormak СКТ800х2000	
Деталь				
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1500		1500	
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20	
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3	
Штучний час обробки деталі t _{шт} , хв.	34	24	40	
Час наладки верстата, хв.	16	16	22	
Розряд: 				

					КНУ.КБР.131.26.4-04.06.0ЕПВ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Організаційно- економічна підготовка виробництва			Літ.	Арк.	Архшів
Розроб.		Сліпка								
Перевір.		Нечаєв								
Реценз.								Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск		
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

Продовження таблиці 6.1

Вартість заготовки S _{заг} , грн.	721		721	
грн	50000	50000	55000	
Оптова ціна на прокат одного УСП Ц _{усп} , грн				
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	1,5	1,5	1	
Середній період стійкості інструменту, хв.	60	60	120	
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	3	
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k _т	0,083	0,083	0,083	
Вартість одного кадру ПК, грн.			8,9	
Вартість розробки ПК K _{пк} , грн.			1958	
Середньочасова зарплатня робітника, грн:				
	верстатника Н _{ст}	130	130	130
	наладчика Н _{нал}	135	135	135
	наладчика інструмента Н _{ін}	120	120	120
	контролера Н _к	115		115
Верстати				
Клас точності верстата	Н	Н	А	
Маса верстата, т	11,4	11,4	6,1	
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,825 x 2	5,825 x 2	4,3 x 2,04	
Габарити пристрою ЧПК, м			0,5 x 0,5	
Тип пристрою ЧПК			Sinumerik 808D	
Строк служби верстата до капітального ремонту Т _{рц} , років	7	7	10	
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	14	14	22,4	
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:				
	механічної частини R _м	27,7	27,7	26,86
	електротехнічної частини R _е	14	14	18,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	2	
Оптова ціна верстата Ц, грн.	405000	405000	2935000	

					КНУ.КБР.131.26.4-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,7	0,55	0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	11,7	11,7	8,6
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.			0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, механічної частини H_m	401	401	272
електротехнічної частини H_e	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	0	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	3,5	3,5	3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975	3975	3935
Виробничі та інші площі			
Вартість 1 м. кв. площі механічної $C_{пл.зд}$, грн	500		500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення $C_{сл. поб}$, грн	1000		1000
що приходяться на одного робочого $A_б$, м. кв.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $H_{пл}$, грн.	180	180	200

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	16K40	16K40	Cormak СКТ800x2000
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	650	500	1200
год	5,33333	5,33333	7,33333333
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0	0,00	20,00
год	53,95	41,5	99,6
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.) (дійсна)	0,35	0,27	0,32
	1	1	1

					КНУ.КБР.131.26.4-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.2

Кількість наладчиків верстатів Р _н , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0029	0,0039
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Р _{н.ін} , чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,01075
(дійсна)	0	0	1
Кількість контролерів Р _к , чол. (розрах.)	0,03	0,02	0,05
(дійсна)	1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Р _{дод} , чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,16
(дійсна)	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	5		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,24	0,18	0,32

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = I_z + I_n + I_{нн} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k$											
де I_z – зарплатня верстатника; I_n – зарплатня за наладку верстата; $I_{нн}$ – 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 =	232,73
										C_2 на деталь =	158,96
I_z	I_n	$I_{нн}$	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 246592 + 2264,37 + 0,00 + 0,00 + 37333,3 + 0 + 8768,57 + 3049,71 + 35000 + 5115,8 + 0 + 10976,75 =$	349100,03										
$C_2 = 129645 + 1556,76 + 234,00 + 652,67 + 20533,3 + 0 + 30799,89 + 3024,00 + 35000 + 4903 + 629,79 + 11454,00 =$	238432,78										

Капітальні вкладення споживача

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

де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

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

$$K_1 = 185114 + 8471 + 35000 + 78287 + 100000 + 0 = 406872$$

$$K_2 = 581130 + 2788 + 28000 + 64839 + 55000 + 1958 = 733714,44$$

					КНУ.КБР.131.26.4-04.06.0ЕПВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

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

Приведені витрати				
З₁	=	C ₁	+	E _н · K ₁
410131		349100		0,15 · 406872
З₂	=	C ₂	+	E _н · K ₂
348490		238433		0,15 · 733714

Річний економічний ефект				
Е	=	З ₁	-	З ₂
61641		410131		348490

Строк окупності				
T_{ок}	=	(K ₂ - K ₁)	/	(C ₁ - C ₂)
2,95		733714 - 406872		349100 - 238432,8

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що заміна чотирьох морально застарілих верстатів одним сучасним верстатом з ЧПК дозволяє значно скоротити тривалість обробки деталей. Запропонована модернізація є економічно ефективною, оскільки строк окупності інвестицій становить 2,95 року, а очікуваний річний економічний ефект дорівнює 61641 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці при шліфувальних операціях

Шліфувальні операції належать до групи високоточного механічного оброблення матеріалів, однак вони супроводжуються низкою негативних екологічних і виробничих факторів, що потребують регламентованого контролю відповідно до чинного законодавства України.

Під час шліфування утворюються дрібнодисперсні пилові частинки (металевий, абразивний пил), а також аерозолі мастильно-охолоджувальних рідин (МОР). Ці фактори негативно впливають як на навколишнє середовище, так і на здоров'я працівників. Відповідно до вимог Закону України "Про охорону праці" роботодавець зобов'язаний забезпечити безпечні та нешкідливі умови праці, включаючи мінімізацію впливу шкідливих виробничих факторів.

Одним із ключових екологічних аспектів є забруднення атмосферного повітря. Викиди пилу та аерозолів регламентуються санітарними нормами, зокрема ДСП 201-97 "Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць". Для зниження рівня забруднення застосовуються локальні витяжні вентиляційні системи, пиловловлювачі (циклонні, електрофільтри) та системи очищення повітря.

Важливим джерелом екологічного навантаження є відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини. Вони містять токсичні компоненти (нафтопродукти, емульгатори, важкі метали) і підлягають утилізації відповідно до

					КНУ.КБР.131.26.4-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимог Закону України "Про відходи". Неправильне поводження з такими відходами може призвести до забруднення ґрунтів і водних ресурсів.

З точки зору охорони праці, шліфувальні операції характеризуються такими небезпечними факторами:

- висока швидкість обертання шліфувального круга (ризик руйнування);
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- пил та аерозолі;
- можливість травмування через контакт із рухомими частинами.

Норми безпеки під час виконання шліфувальних робіт регламентуються НПАОП 0.00-1.28-10 "Правила охорони праці під час обробки металів на верстатах". Згідно з цим документом, шліфувальні верстати повинні бути обладнані захисними кожухами, пристроями для балансування кругів, а також системами аварійної зупинки.

Особлива увага приділяється контролю шуму, рівень якого не повинен перевищувати гранично допустимі значення, встановлені ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму". Для зниження шумового впливу використовуються шумоізоляційні кожухи, амортизаційні основи та індивідуальні засоби захисту (навушники, беруші).

Ще одним важливим аспектом є забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Відповідно до НПАОП 0.00-4.01-08 "Положення про забезпечення працівників ЗІЗ" працівники повинні бути забезпечені:

- захисними окулярами або щитками;
- респіраторами для захисту від пилу;
- спеціальним одягом;
- рукавицями.

Екологічна безпека виробництва також передбачає впровадження маловідходних або безвідходних технологій. Зокрема, застосування сучасних синтетичних МОР із тривалим терміном експлуатації, систем їх регенерації та повторного використання значно зменшує негативний вплив на довкілля.

Крім того, відповідно до Закону України "Про охорону навколишнього природного середовища" підприємства зобов'язані здійснювати контроль за викидами, впроваджувати екологічно безпечні технології та забезпечувати раціональне використання природних ресурсів.

Таким чином, екологія виробництва та охорона праці при шліфувальних операціях є взаємопов'язаними складовими, що потребують комплексного підходу. Виконання вимог нормативних документів, впровадження сучасних технологій очищення та захисту, а також систематичний контроль умов праці дозволяють мінімізувати негативний вплив на довкілля і забезпечити безпеку працівників.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської випускної роботи було комплексно вирішено завдання конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Маточина» ходового механізму мостового крану із застосуванням сучасних CAD/CAM систем.

У першому розділі проведено аналіз вихідних даних та встановлено функціональне призначення деталі як відповідального елемента ходового механізму, що забезпечує передачу навантажень та надійність роботи обладнання. Виконано розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання, що дозволило обґрунтувати необхідні допуски та забезпечити взаємозамінність і довговічність вузла.

У другому розділі визначено службове призначення деталі, проаналізовано вимоги до якості її поверхонь та обґрунтовано вибір типового технологічного процесу виготовлення. Встановлено, що досягнення необхідних експлуатаційних характеристик можливе за рахунок раціонального поєднання методів механічної обробки та контролю якості.

У третьому розділі виконано вибір заготовки та її техніко-економічне обґрунтування. Обрано метод лиття в металеву форму, що забезпечує достатню точність і зниження витрат матеріалу. Розроблено маршрут обробки деталі із застосуванням токарних, свердлильних, довбальних і шліфувальних операцій. Здійснено підбір металорізального та допоміжного інструменту, що гарантує ефективність і стабільність процесу виготовлення.

У четвертому розділі спроектовано спеціальний верстатний пристрій для свердлильної операції, який забезпечує точне та одночасне виконання 16 отворів М20-7Н. Запропоноване рішення підвищує продуктивність праці та точність обробки.

П'ятий розділ присвячено моделюванню та програмуванню механічної обробки деталі з використанням системи Autodesk FeatureCAM. Розроблено керуючі програми для токарної обробки на верстаті Cormak SKT800, що дозволило автоматизувати процес та зменшити вплив людського фактору.

У шостому розділі виконано розрахунок техніко-економічних показників, який підтвердив доцільність впровадження розробленого технологічного процесу. Строк окупності становить 2,95 року, а очікуваний економічний ефект – 61641 грн. Розглянуто питання екології виробництва та охорони праці, зокрема при виконанні шліфувальних операцій, що забезпечує безпечні умови праці.

Таким чином, розроблений технологічний процес виготовлення деталі «Маточина» є технічно обґрунтованим, економічно ефективним та відповідає сучасним вимогам машинобудівного виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Сліпка				Висновки		
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Архів
					Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск		

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.131.26.4-04.СВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>		
Розроб.		<i>Сліпка</i>					
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск</i>		

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Маточина» ходового механізму з використанням CAD/CAM-
систем

Виконав здобувач гр. ЗПМ-23ск

(підпис)

Віталій СЛІПКО

Керівник КБР

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Нормоконтроль

(підпис)

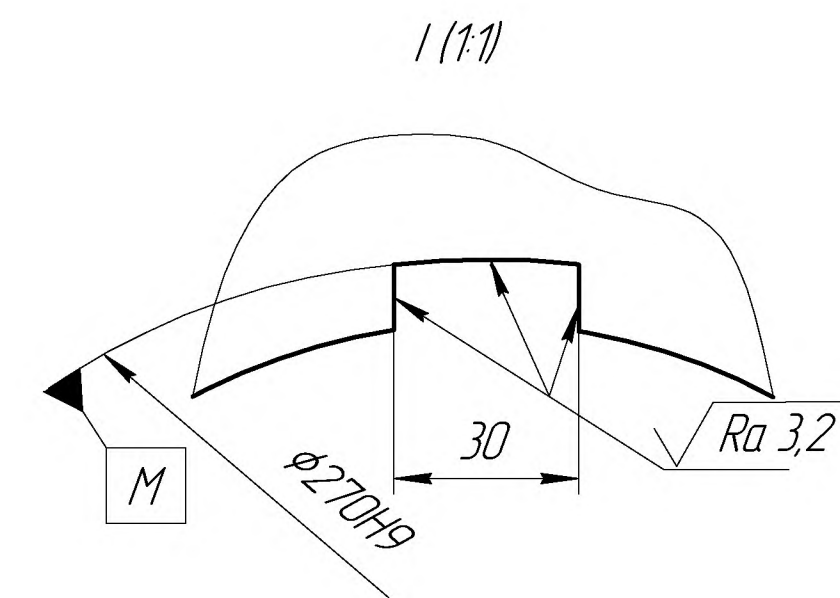
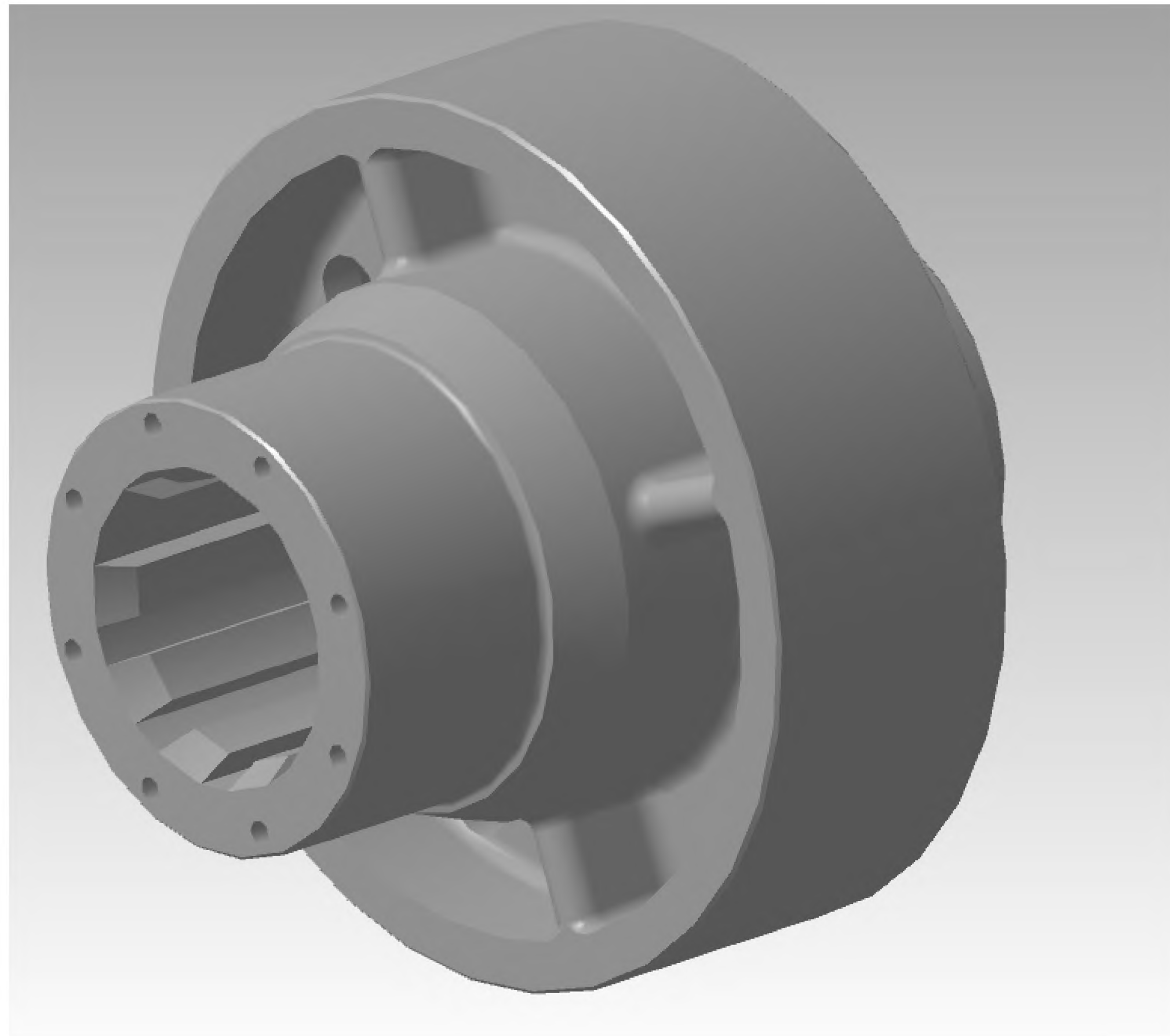
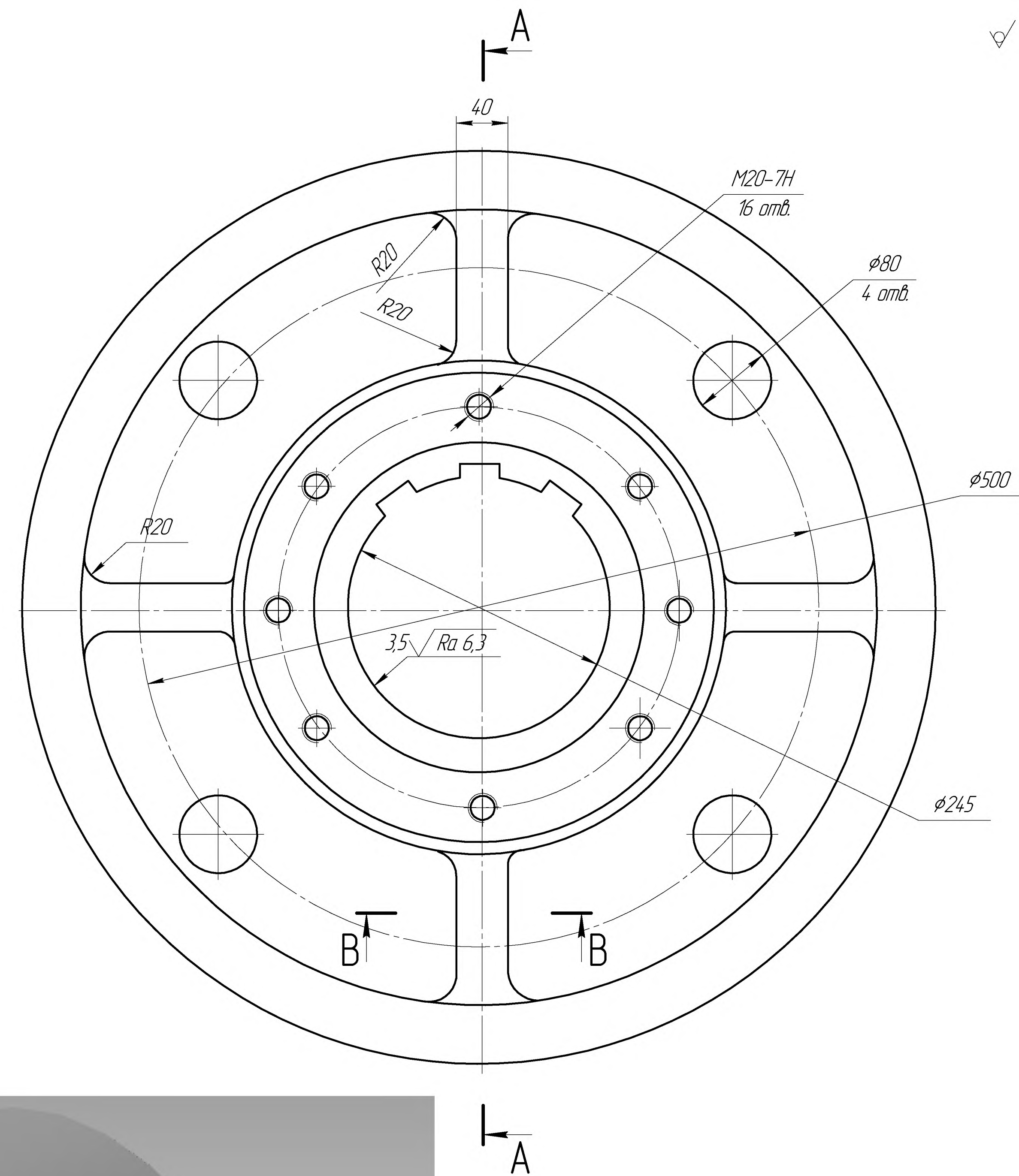
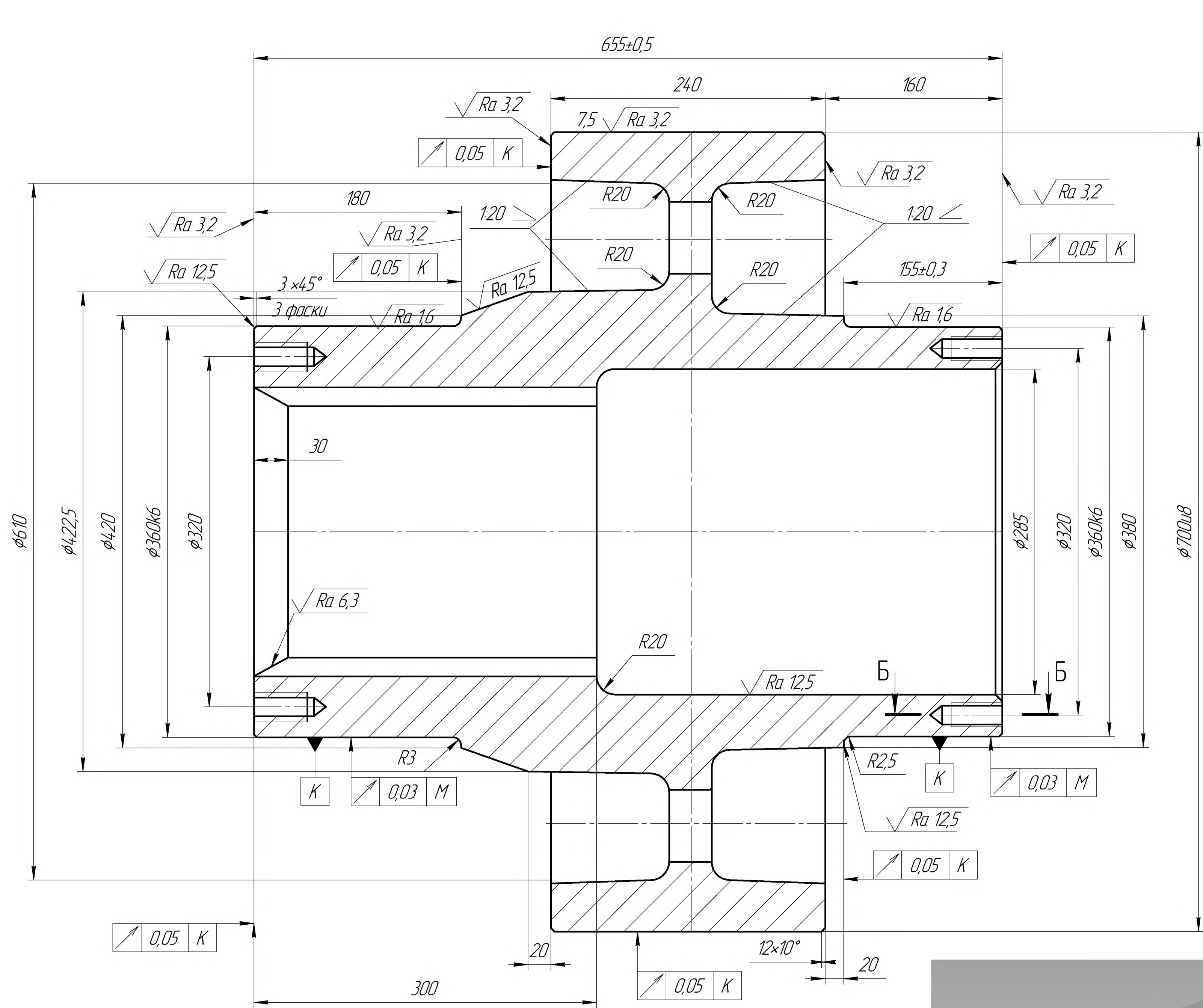
Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

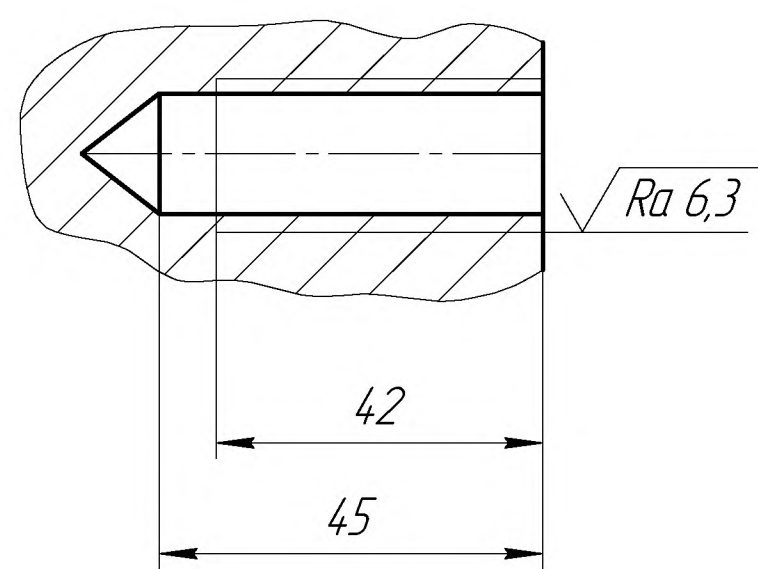
(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

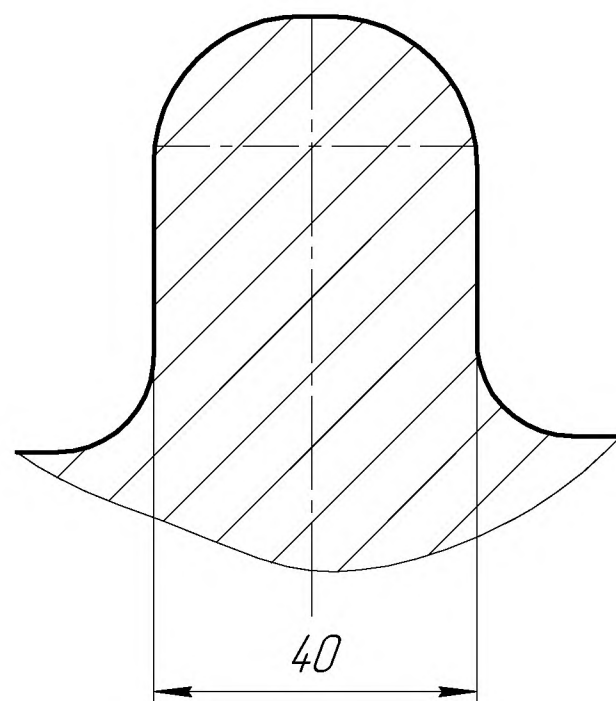
Кривий Ріг
2026 р.



Б-Б(1:1)



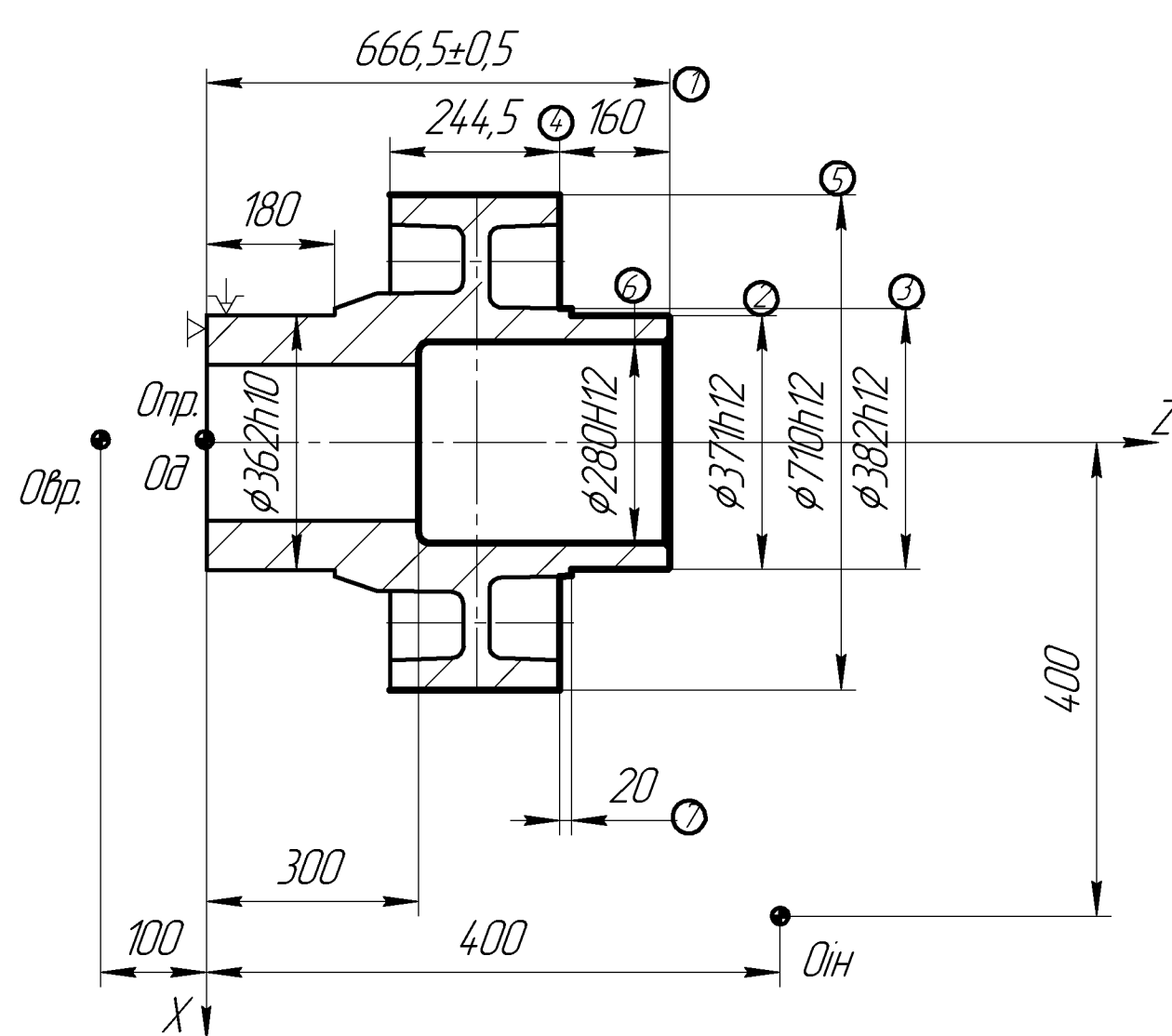
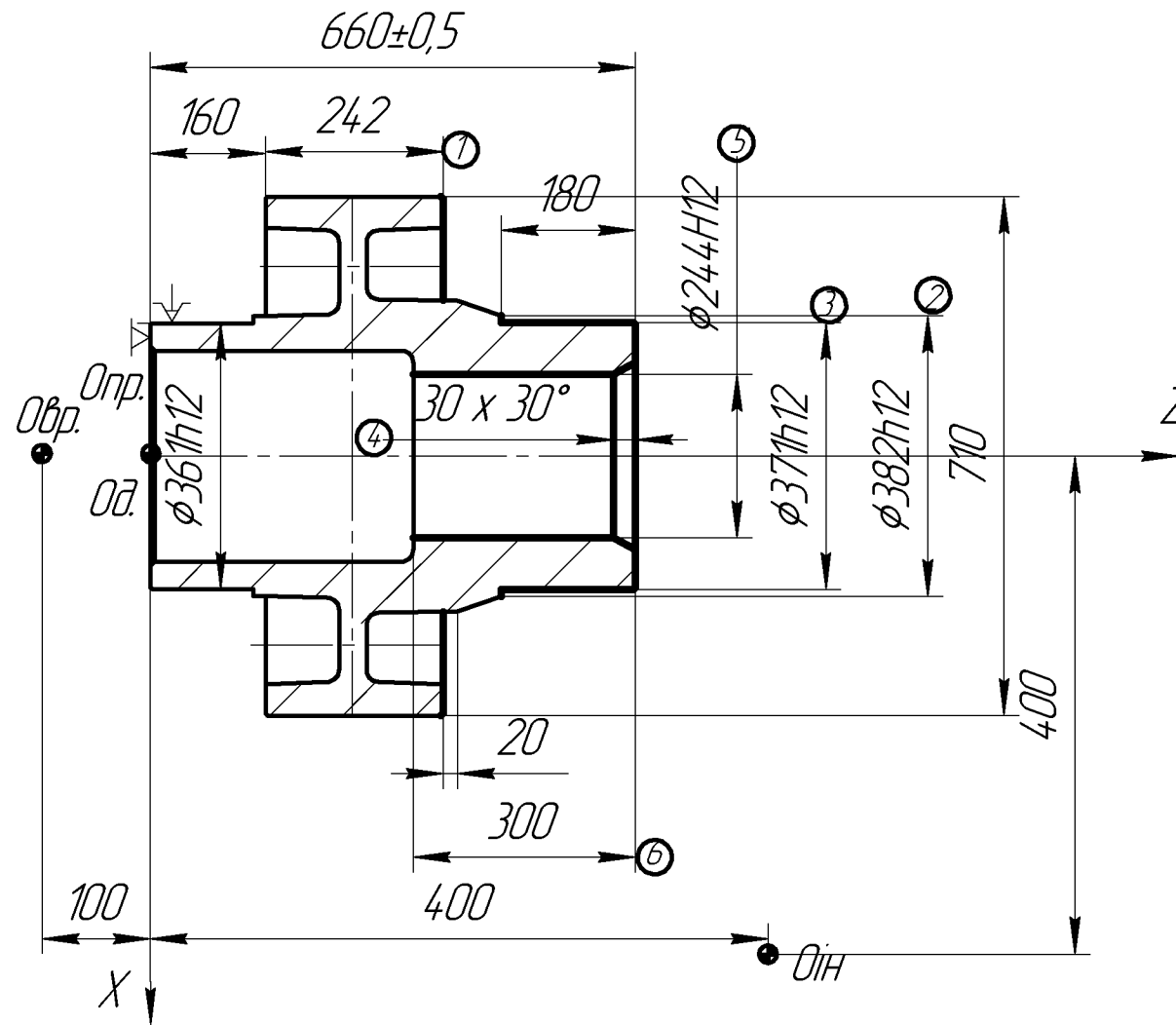
Б-Б(1:1)



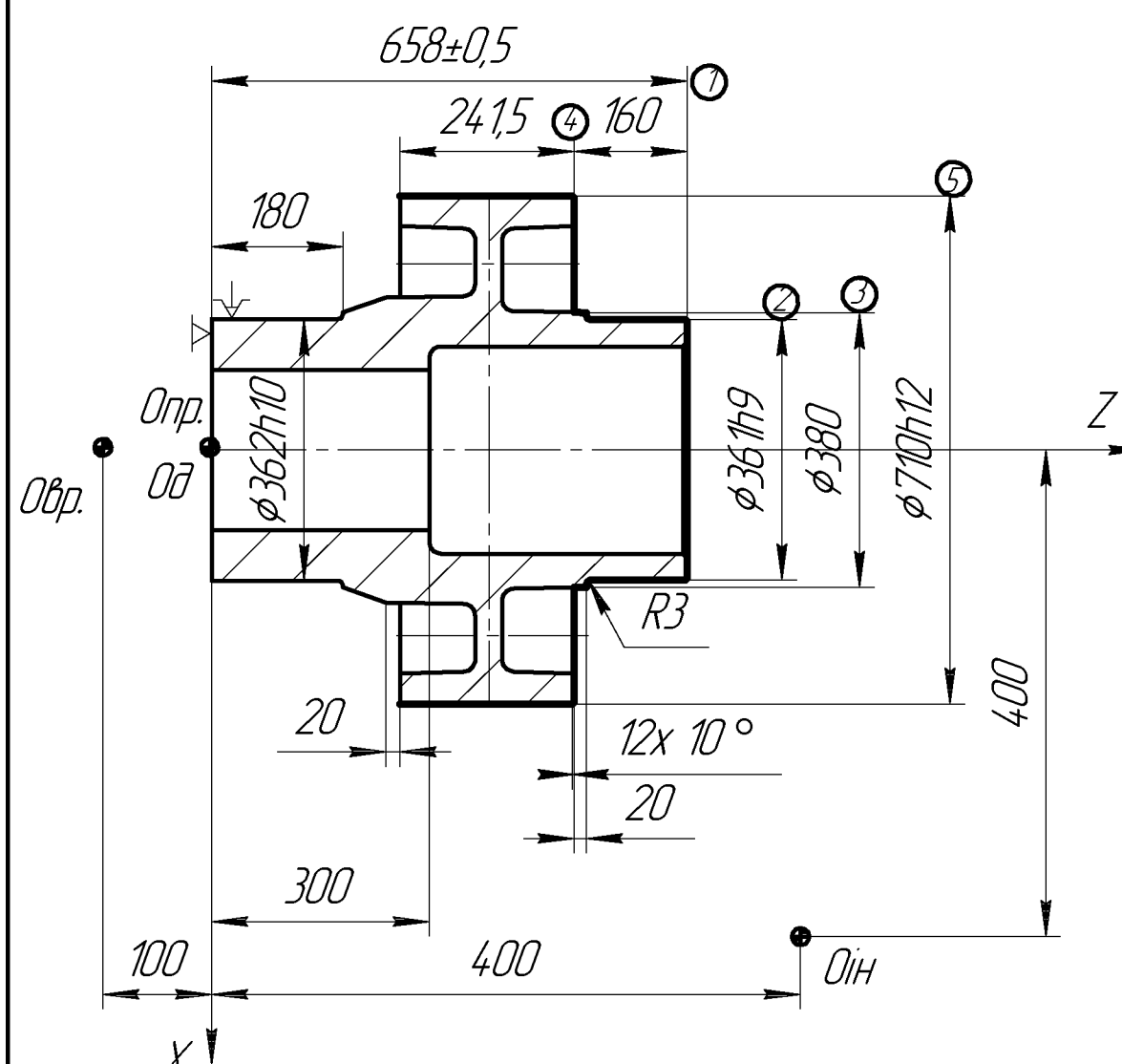
1. НВ240...293 після термообробки.
2. Невказані ливарні радіуси 5мм.
3. Допускається заміна матеріала на сталь 35ХН1 ДСТУ 8781:2018.
4. Невказані граничні відхилення Н14, н14, ІТ14/2.

					КНУ.КБР.131.26.4-04.М			
					Маточина	Лит	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		Н	580	12,5
Розробив	Сліпка							
Керівник	Нечасів							
					Архив	Архив		
Нконтр.	Нечасів				Сталь 35Л ДСТУ 8781:2018	Кафедра ТМ гр. ЗПМ-23ск		
Затв.	Рязанцев							

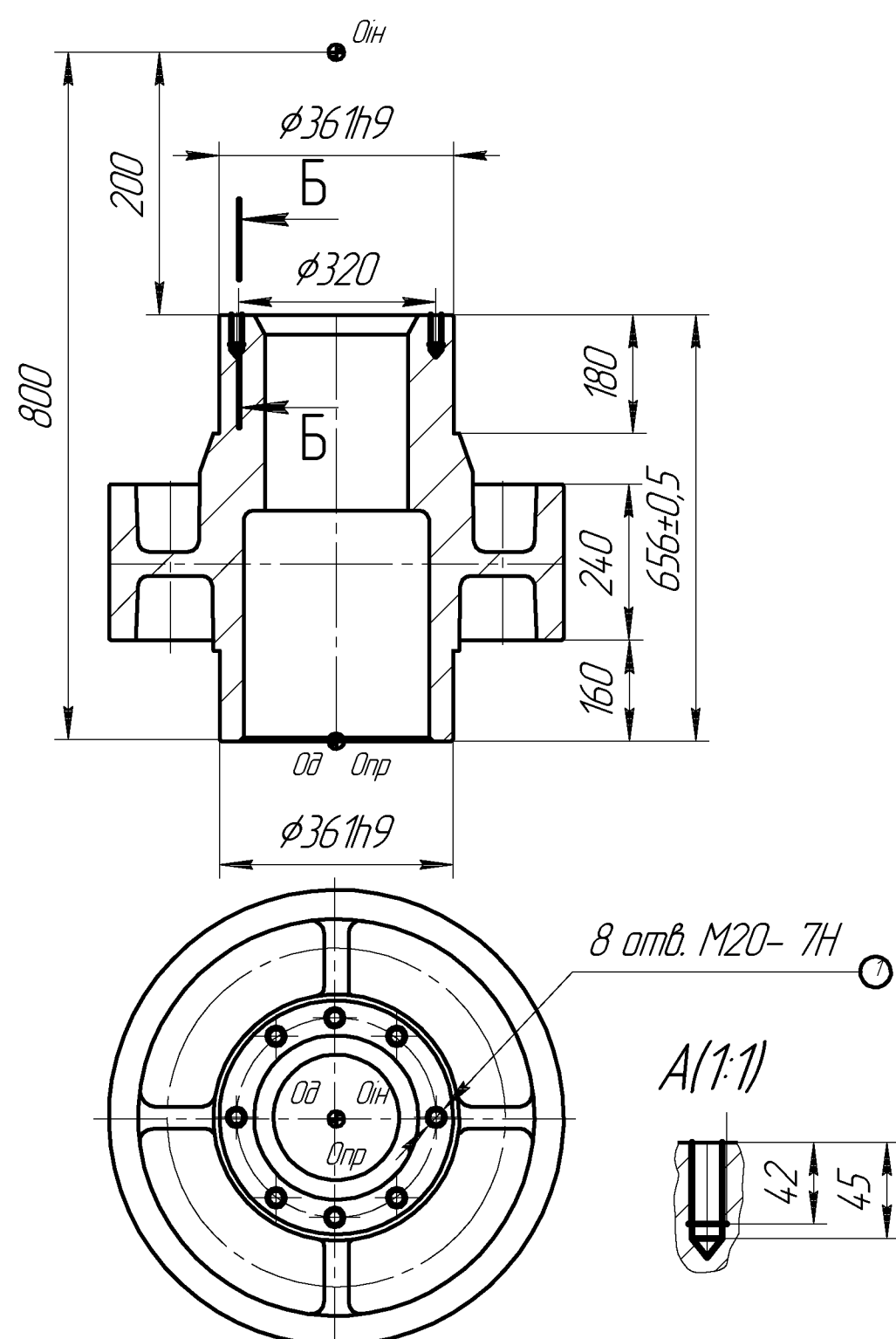
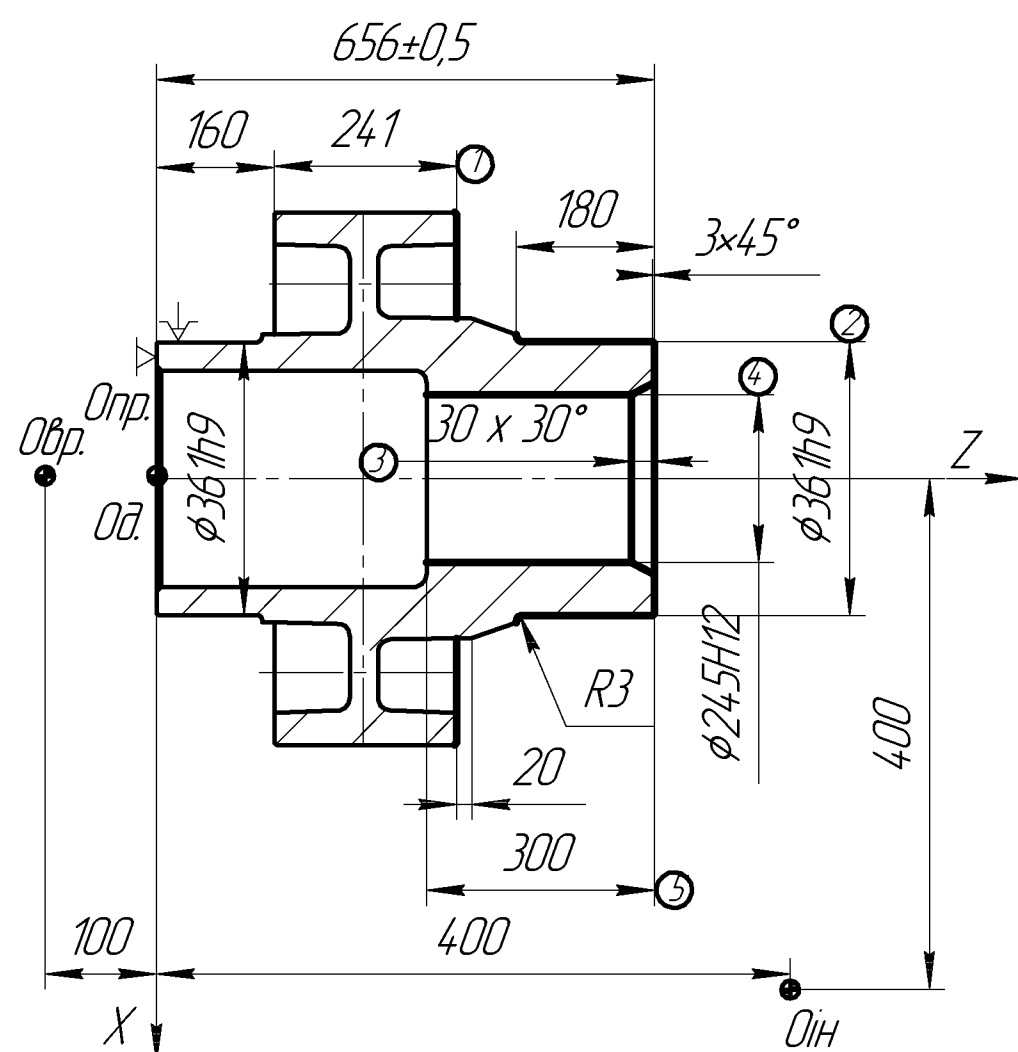
$\sqrt{Ra\ 12,5}$

 $\sqrt{Ra\ 3,2}$ 

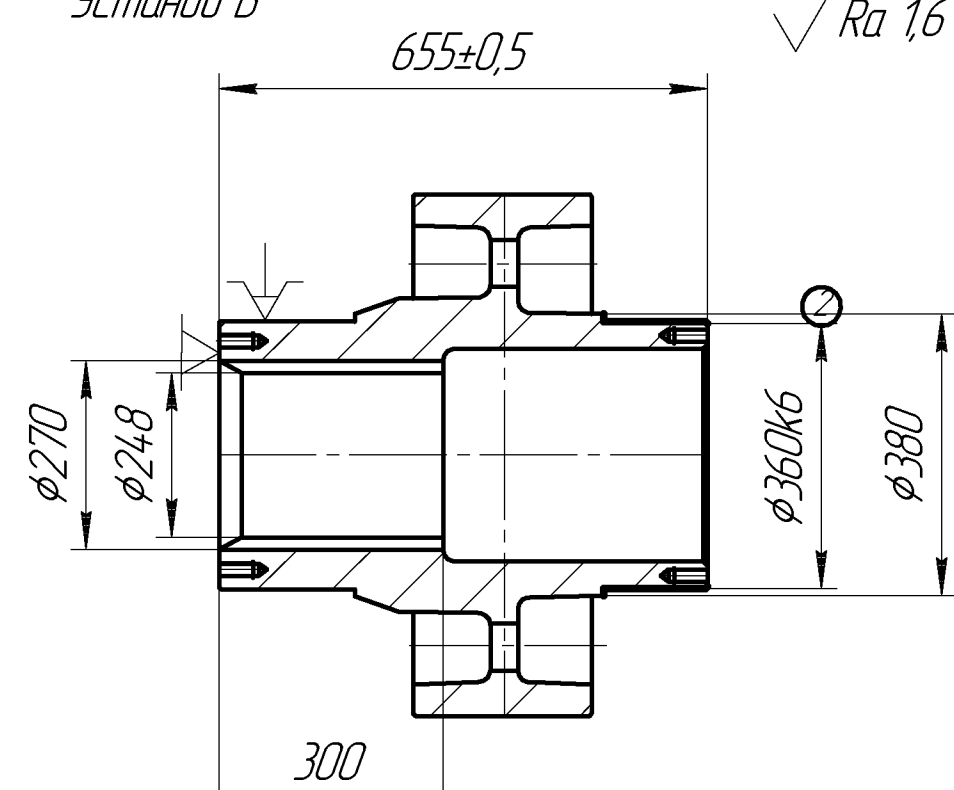
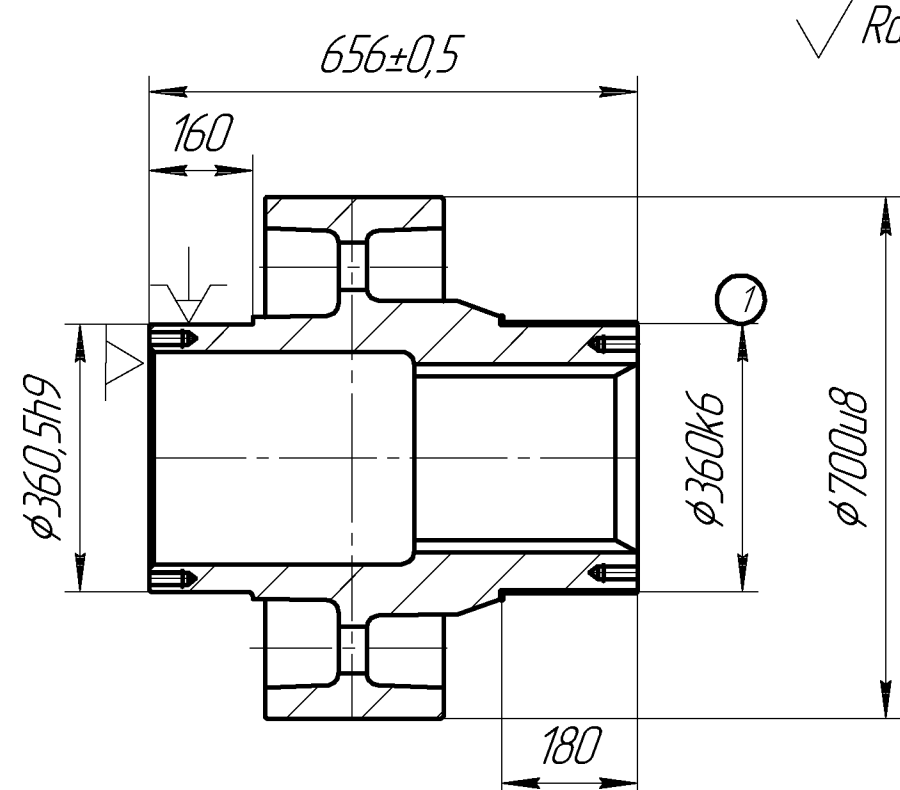
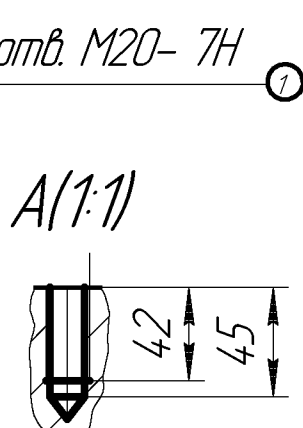
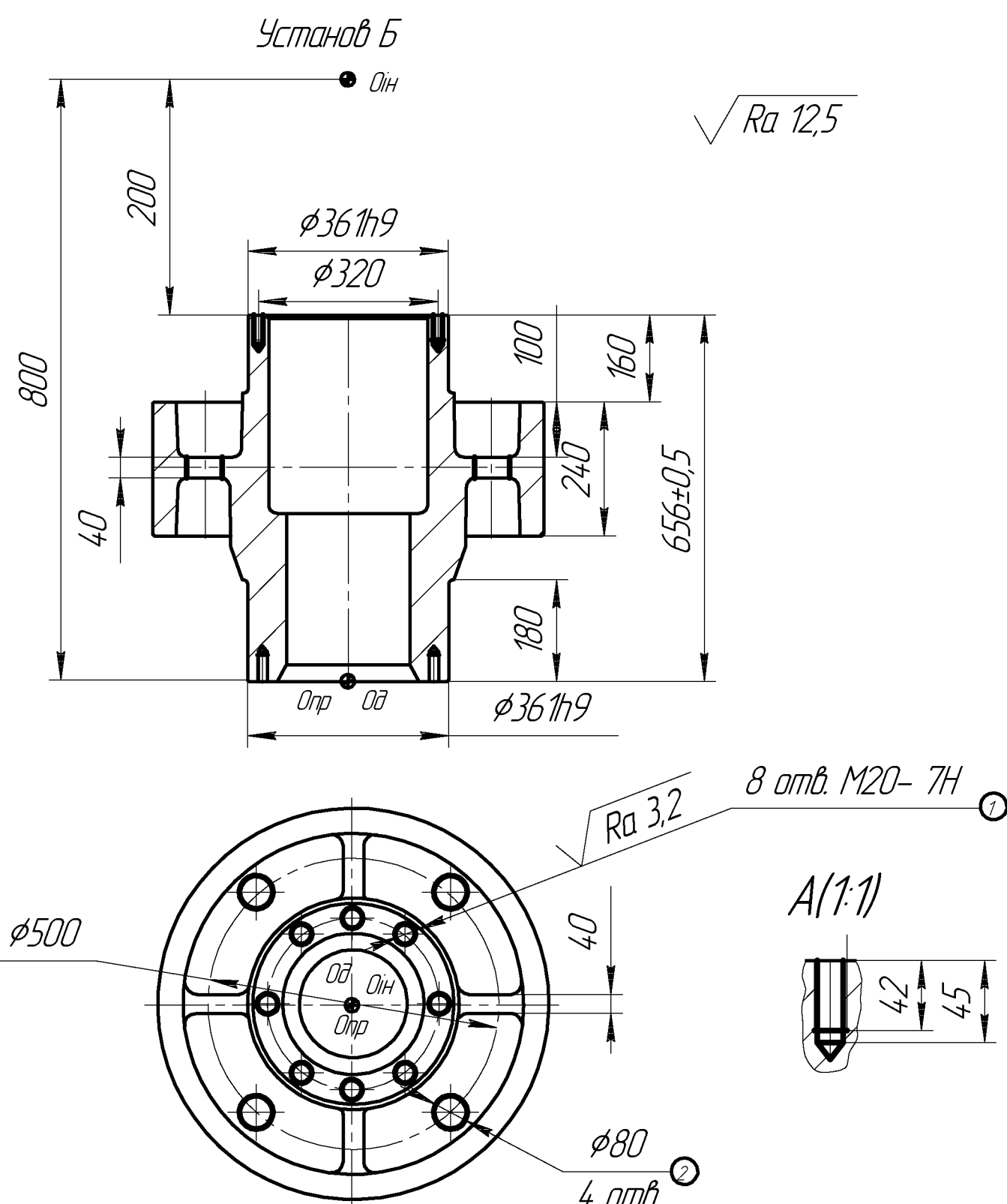
Dg 32



$\sqrt{Ra\ 3,2}$



$\sqrt{Ra\,1,6}$



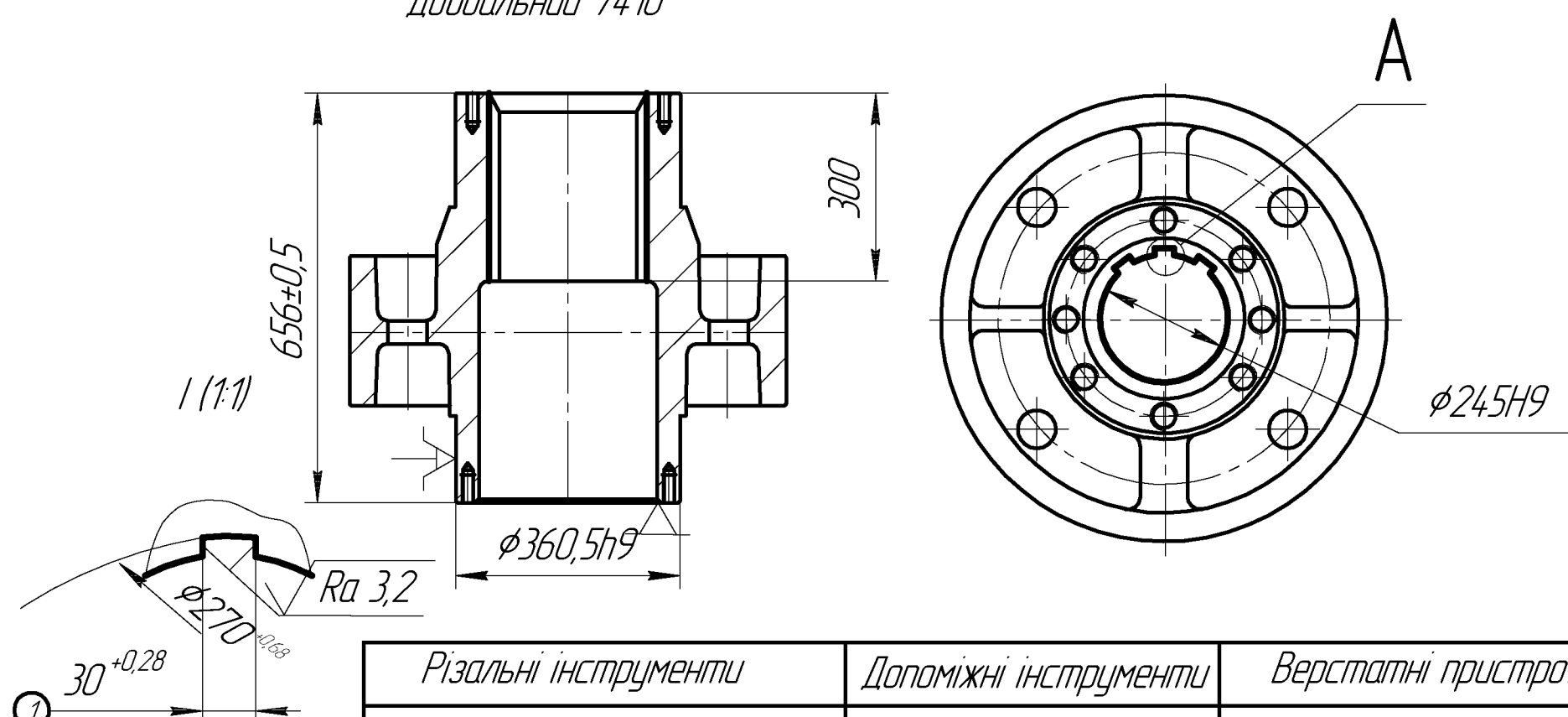
Різальні інструменти	Допоміжні інструменти	Верстатні пристрої
Шліфувальний круг ПН100х40х30 24A25CM27K35AГОСТ2424-83 Режими різання: подача $S_{\text{подача}}=0,005\text{ мм/ход}$ $S_F=0,2...0,4\text{ мм/об}$ швидкість круга $V=35\text{ м/об}$	Оправка спеціальна	Патрон прецизійний 3-х кулачковий гідравлічний 224A20

Різальні інструменти	Допоміжні інструменти	Верстатний пристрій
Державка різця MCLNR3232P19 Пластина CNMG190612-RW Сплав KC9125 Режими різання: подача $s=0,4...1$ мм/об; швидкість $V=180...330$ м/хв. Розточувальна головка H50POLNR15 Пластина DNMG150608-RN Режими різання: подача $s=0,4...1$ мм/об швидкість $V=180...330$ м/хв.	Різцетримач В1-50х32 Різцетримач Е2-50х32	Патрон прецизійний 3-хклучковий гідролічний 224A20

<i>Різальні інструменти</i>	<i>Допоміжні інструменти</i>	<i>Верстатний пристрій</i>
Державка різця MCLNR3232P19 Пластина CNMG190612-MW Сплав KC9110 Режимі різання: подача $s=0.1.0.4\text{мм/об}$, швидкість $V=150..300\text{ м/хв}$ Державка різця MCLNR3232P19 Пластина CNMG190612-FW Сплав KC9110 Режимі різання: подача $s=0.1.0.4\text{мм/об}$, швидкість $V=150..300\text{ м/хв}$ Розточувальна головка HSPDUNR15 Пластина DNMG150608-MW Режимі різання: подача $s=0.25..0.6\text{ мм/об}$ швидкість $V=150..300\text{ м/хв}$ Бартштанга - D32MTTB447 Розточувальна головка HSPDUNR15 Пластина DNMG150608-FW Режимі різання: подача $s=0.1.0.4\text{мм/об}$ швидкість $V=180..300\text{ м/хв}$ Бартштанга - D32MTTB447	Різцетримач В1-50х32 Різцетримач Е2-50х32	Патрон прецезійний 3-ххулачковий гідравлічний 224А20

Різальні інструменти	Допоміжні інструменти	Верстатний пристрій
Свердло зі змінними твердосплавними пластинами SD503-17,5-59-25R7 Пластини: Центральна: SPGX0602-C1 Сплав - T4000 Режими різання: подача $s = 0,04...0,11 \text{ мм/об}$ швидкість $V = 230...300 \text{ м/хв.}$ Периферійна: SPGX060204 Сплав - T2000D, T3000D Режими різання: подача $s = 0,04...0,11 \text{ мм/об}$ швидкість $V = 230...300 \text{ м/хв.}$	Тримач BSM0616100-25200	
Свердло зі змінними твердосплавними пластинами SD542-80-200-50R7 Пластини: Центральна 1: SPGX12T3-C1 Сплав - T4000 Режими різання: подача $s = 0,12...0,2 \text{ мм/об}$ швидкість $V = 150...300 \text{ м/хв.}$ Периферійні 2,3,4: SPGX120208 Сплав - T2000D, T3000D Режими різання: подача $s = 0,12...0,2 \text{ мм/об}$ швидкість $V = 150...300 \text{ м/хв.}$		Спеціальний пристрій
Мітчик із швидкорізної сталі HSS-E-PM Тип - T630 T630M200X250K6Y-D6 Сплав - KP6525 Режими різання: подача $s = 0,02...0,1 \text{ мм/об}$ швидкість $V = 20...65 \text{ м/хв.}$	Патрон швидкозмінний мітчиковий тип 5283 T5283-2 Адаптар швидкозмінний мітчиковий тип 5285 T52852100080M20	

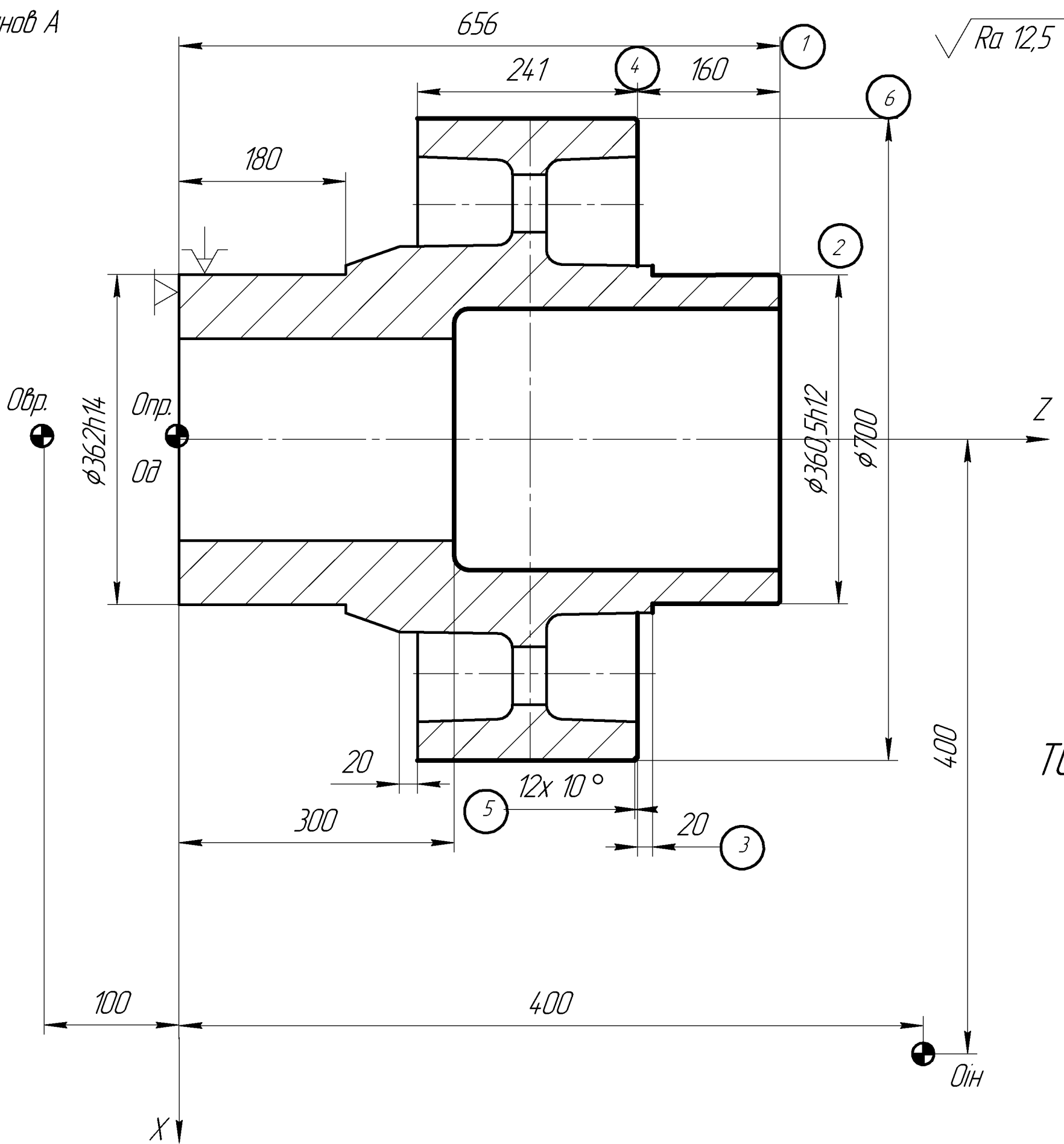
015 Довдальна
Довдальний 7410



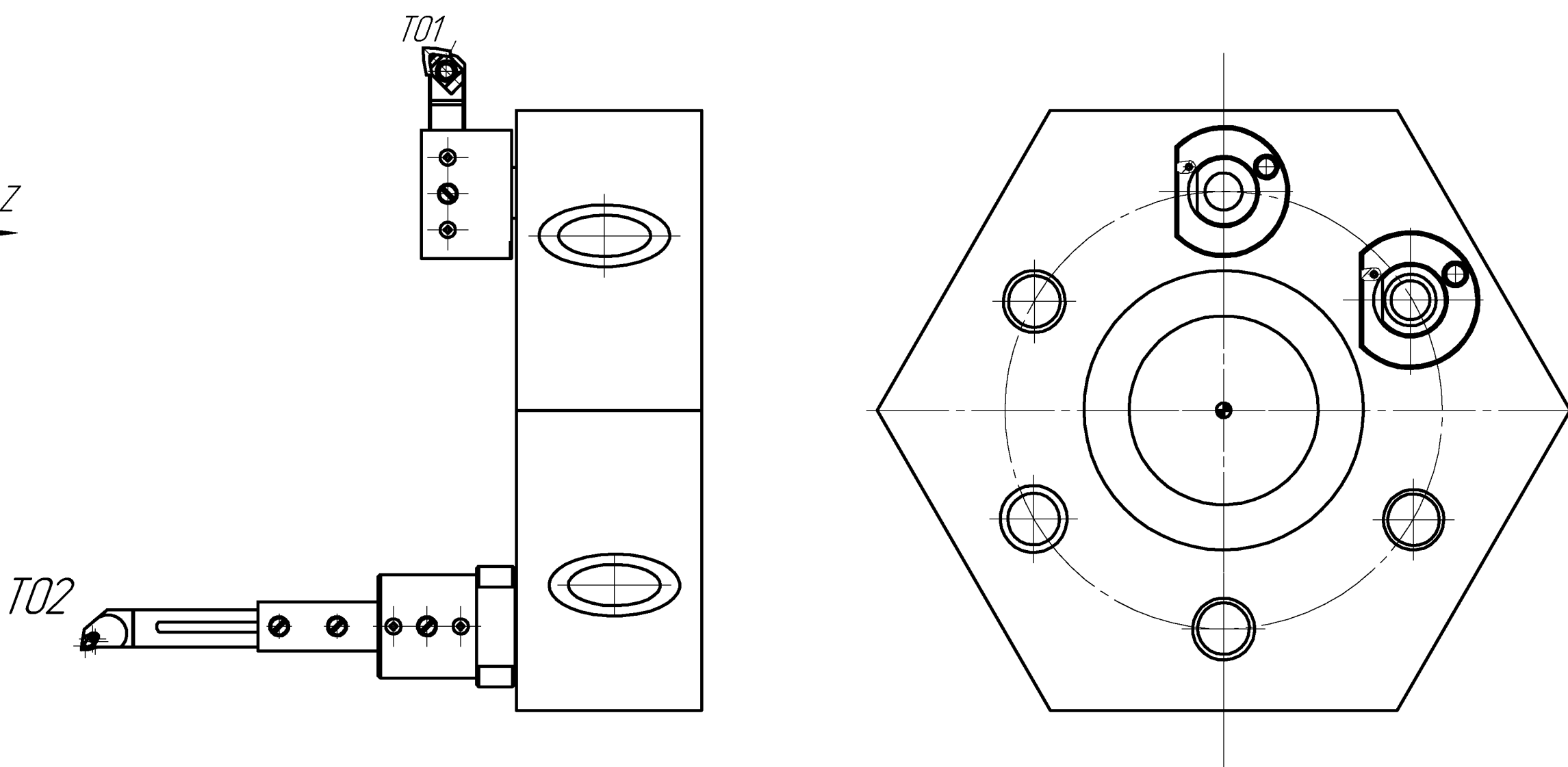
Різальні інструменти	Допоміжні інструменти	Верстатні пристрої
Різець спеціальний Режиму різання подача $s=0,5\text{ мм/ход}$	-	Патрон прецезійний 3-х кулачковий гідролічний 224A20

						КНУ.КБР.131.26.4-04.ЕО			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Ескізи операцій	Лист	Маса	Масштаб	
Розробив		Сліпка				Н			
Керівник		Нечасів				Архив	Архив	?	
Нконтр.		Нечасів				Кафедра ТМ			
Залп		Розв'язув				гр. 31М-23ск			

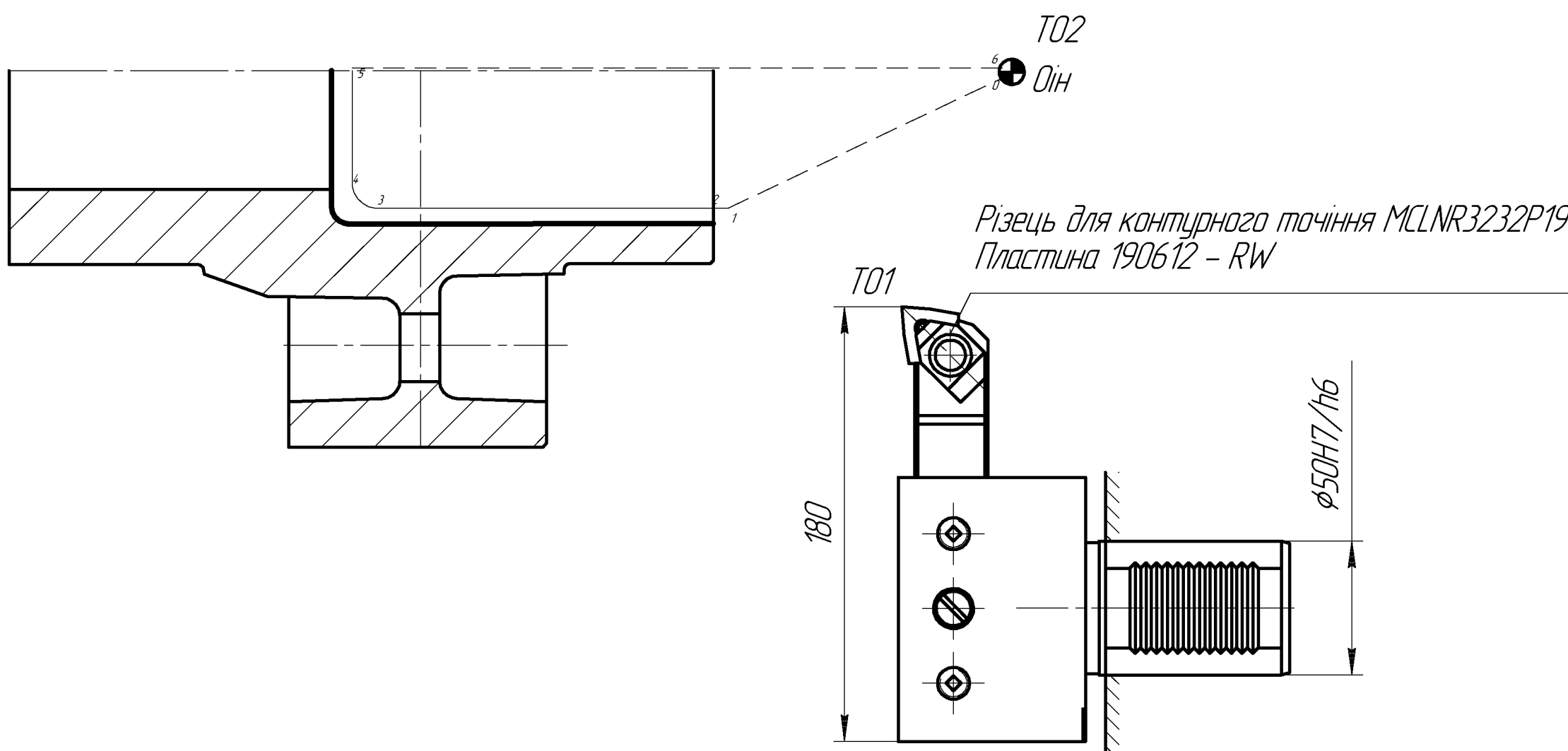
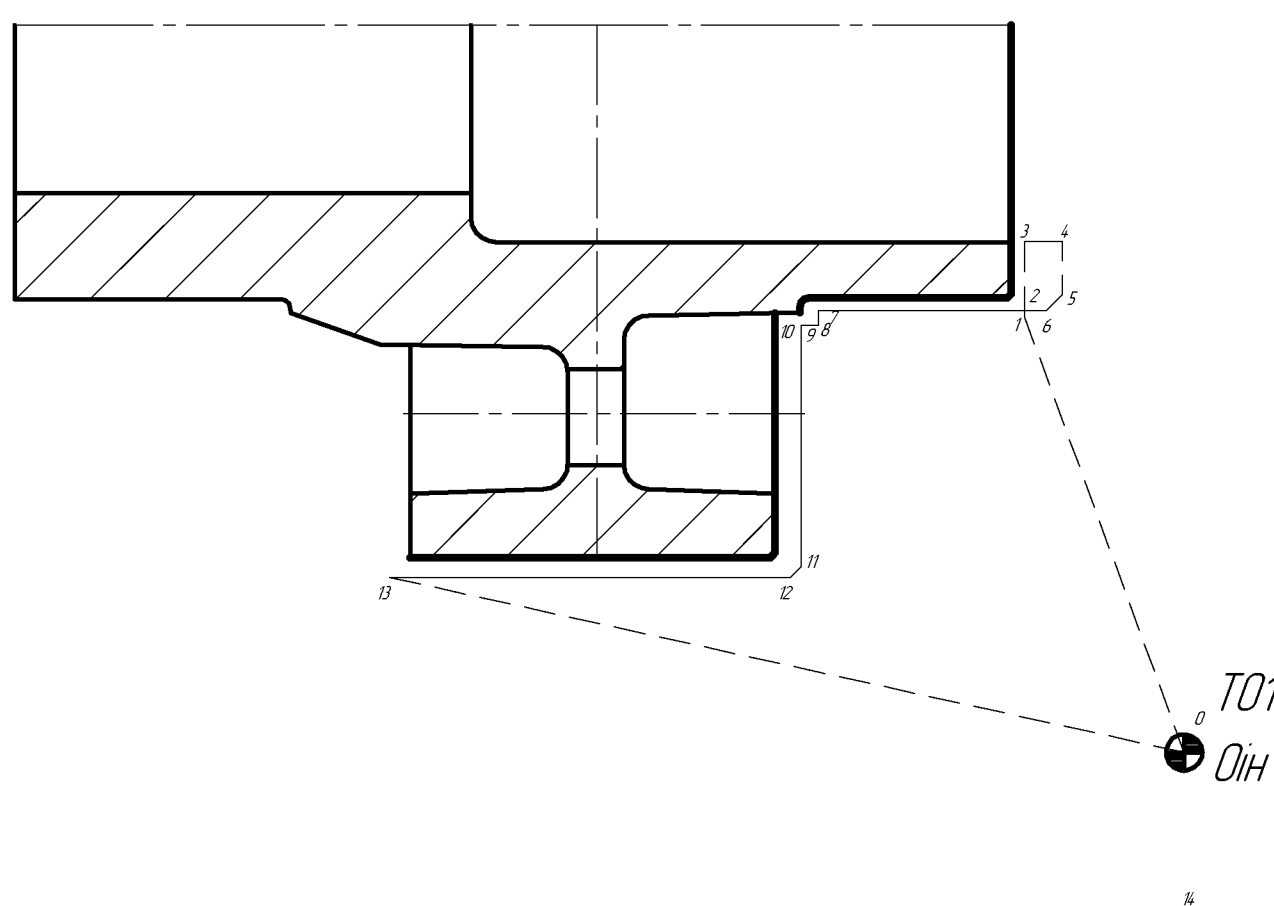
Установ А



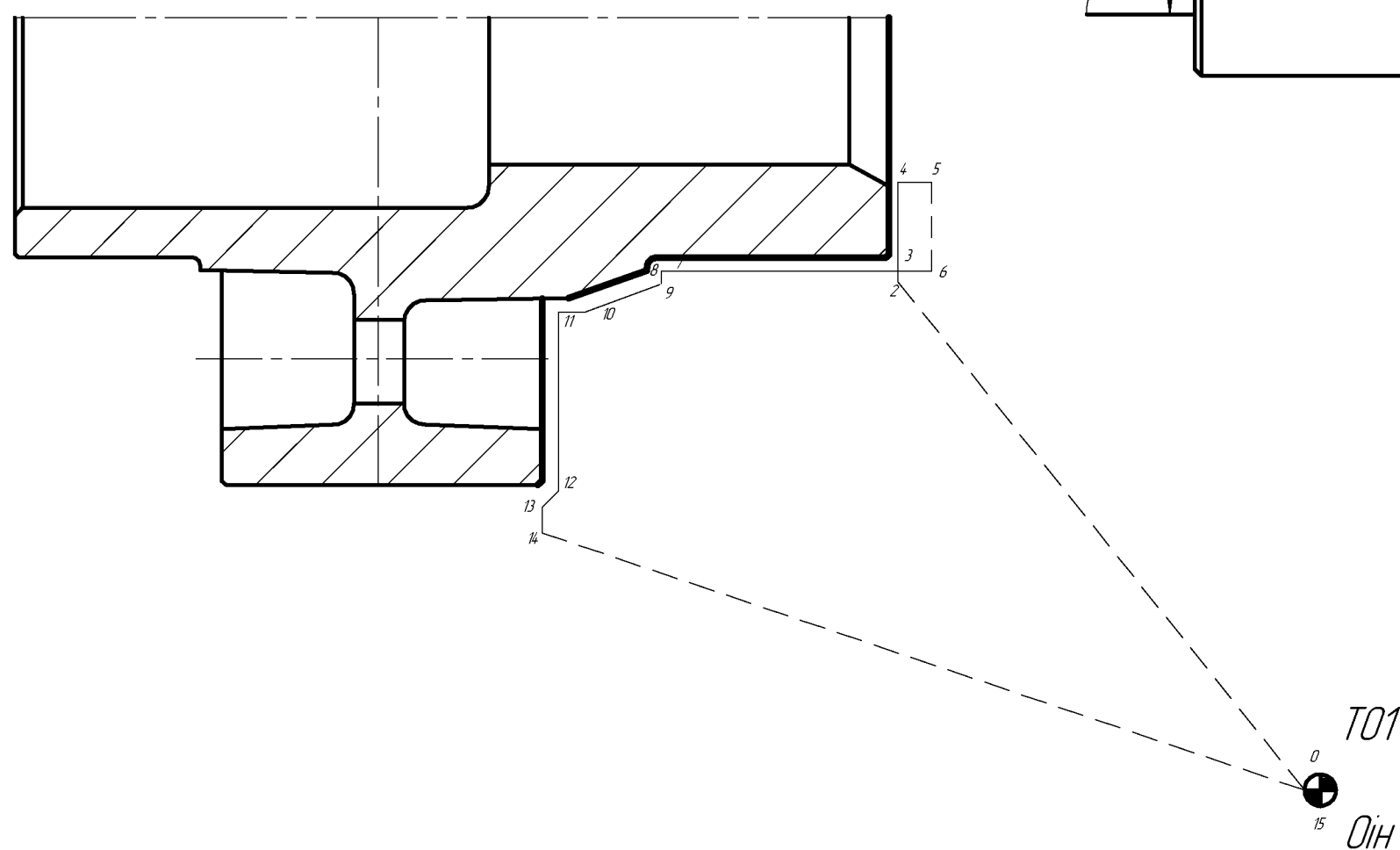
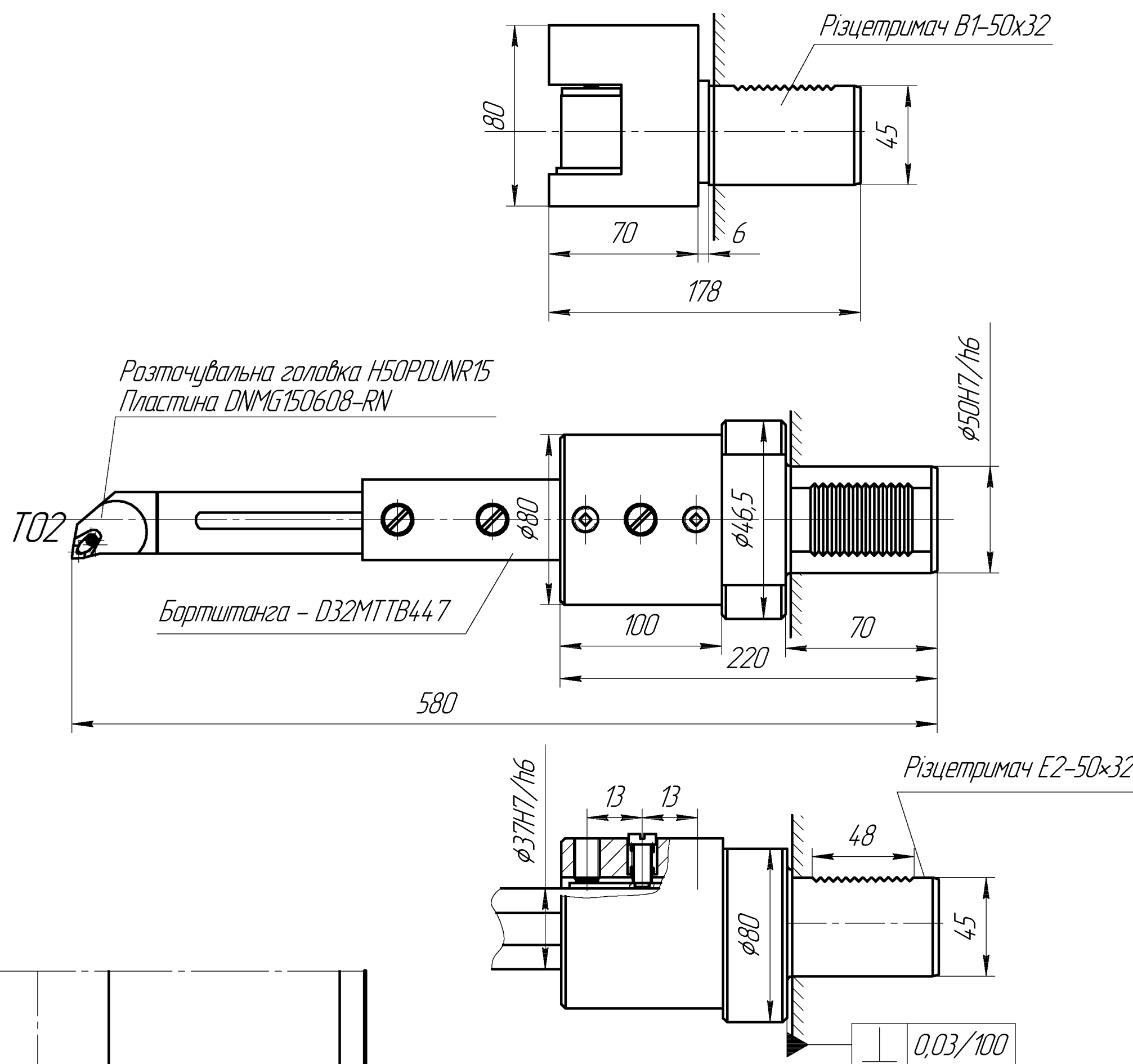
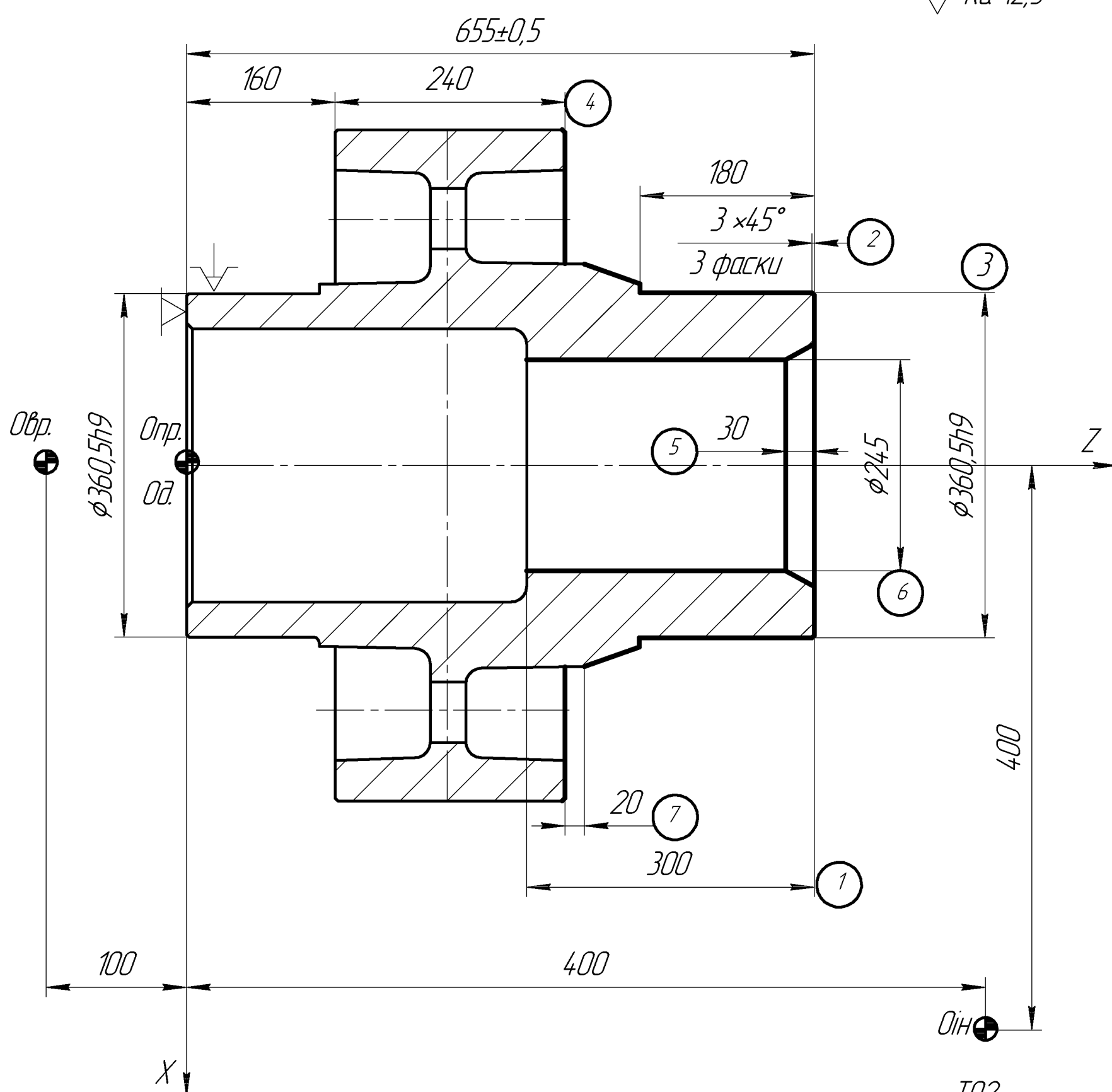
Операція 005 Токарна ЧПК
Сормак СКТ800



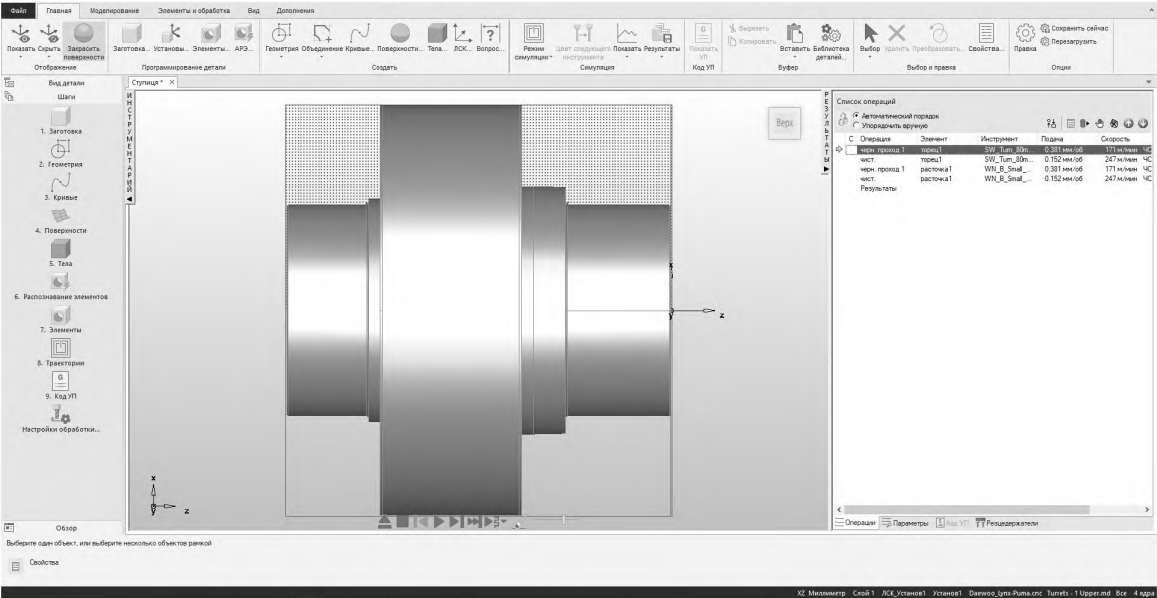
Головка револьверна



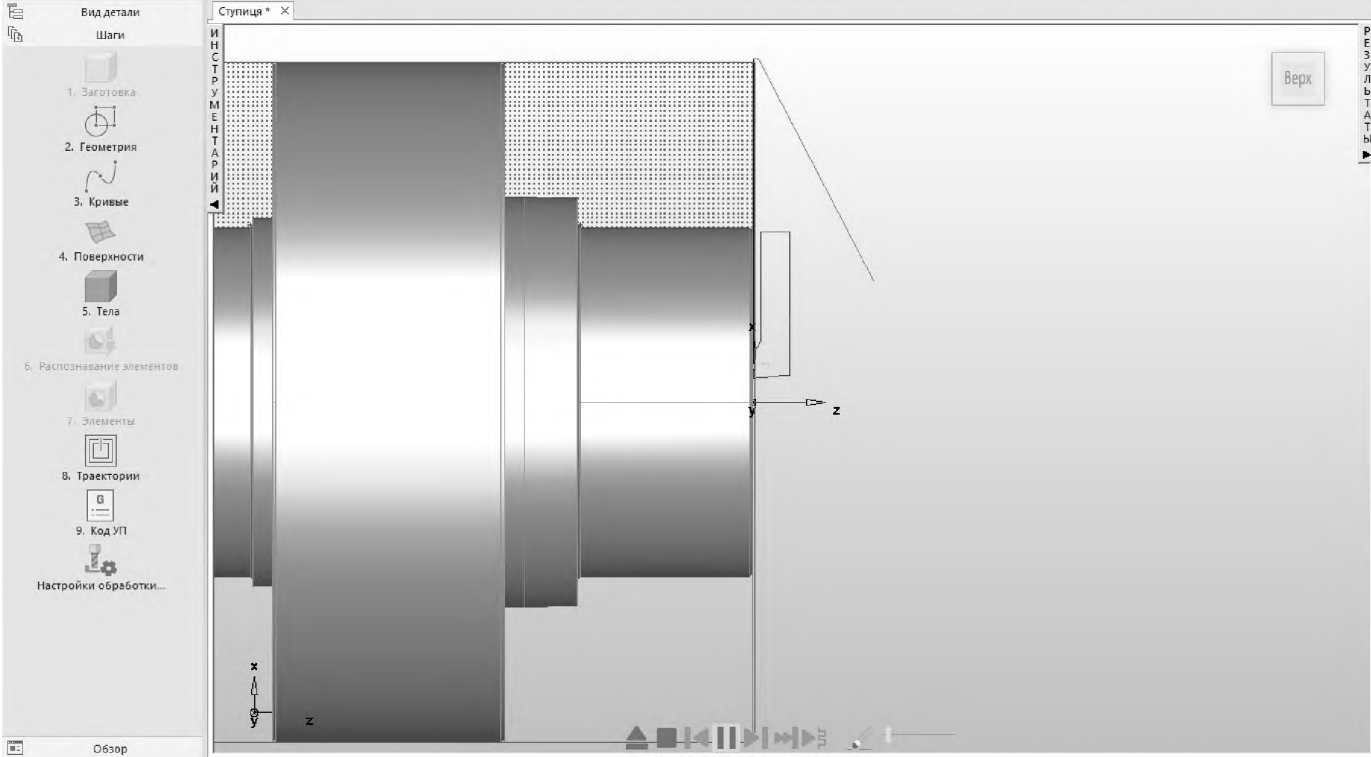
Установ Б



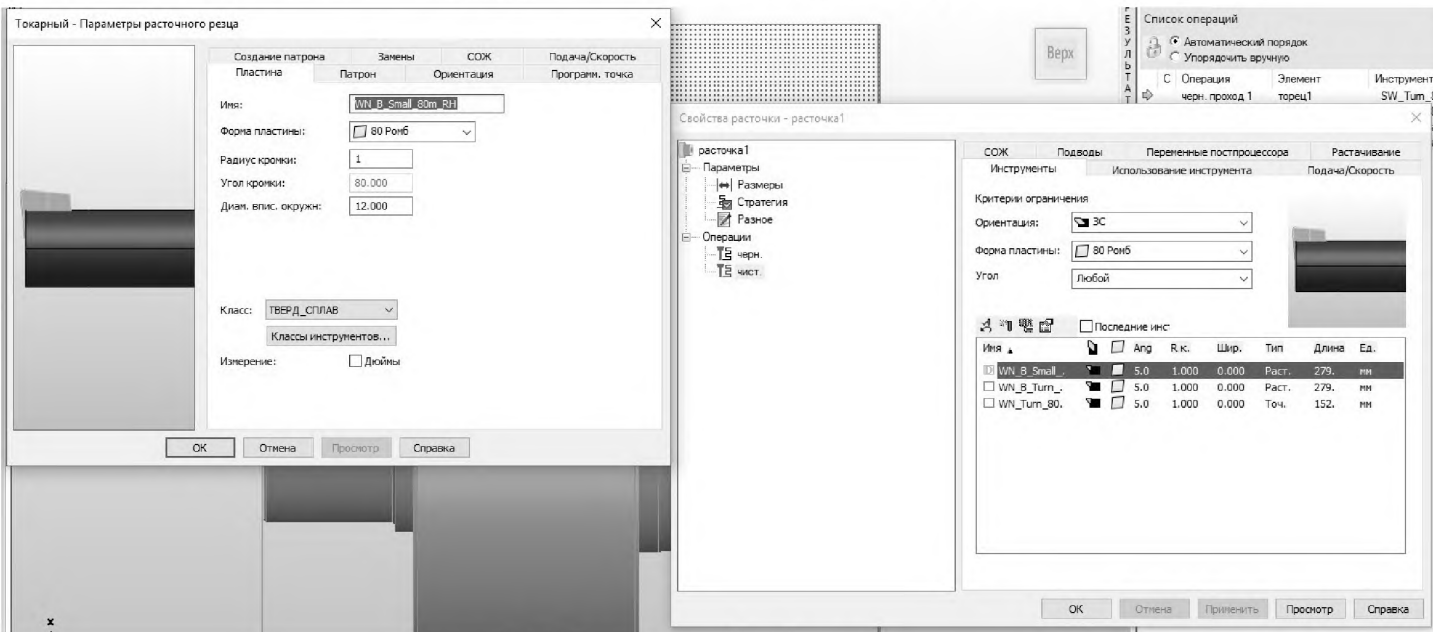
КНУ.КБР.131.26.4-04.ВІН				Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата	12	
Разроб.	Ліпка					
Керівник	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ЗПМ-23ск	
Н.контр.	Нечаєв					
Затв.	Рязанцев					



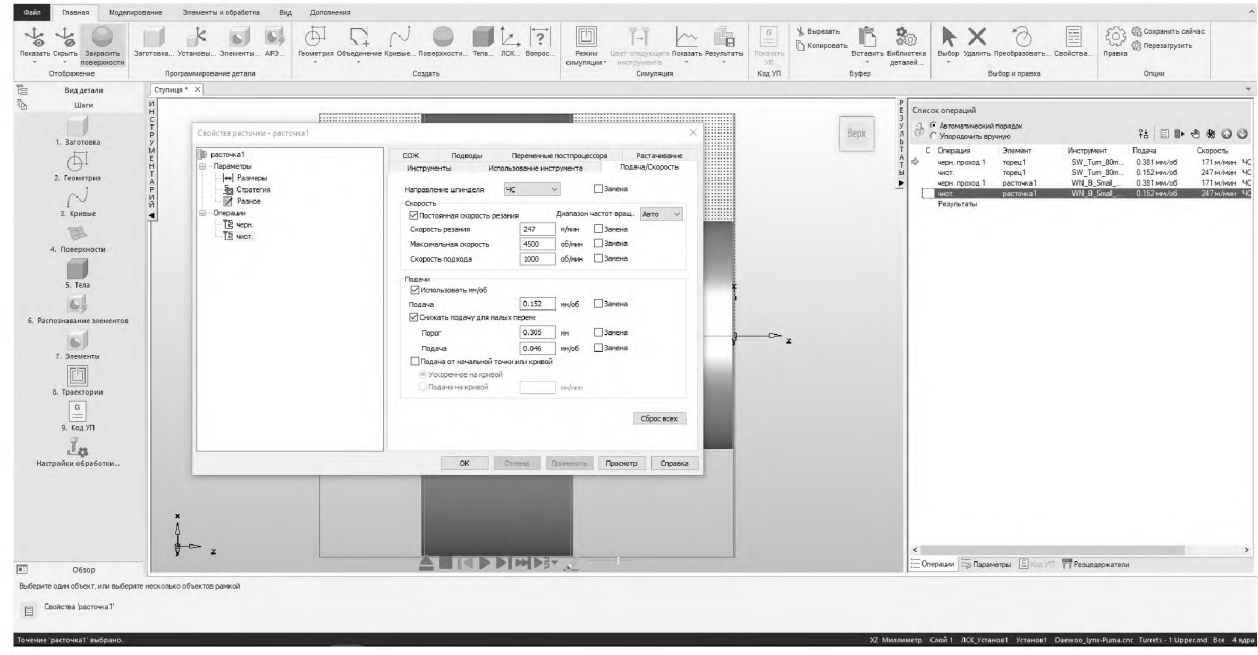
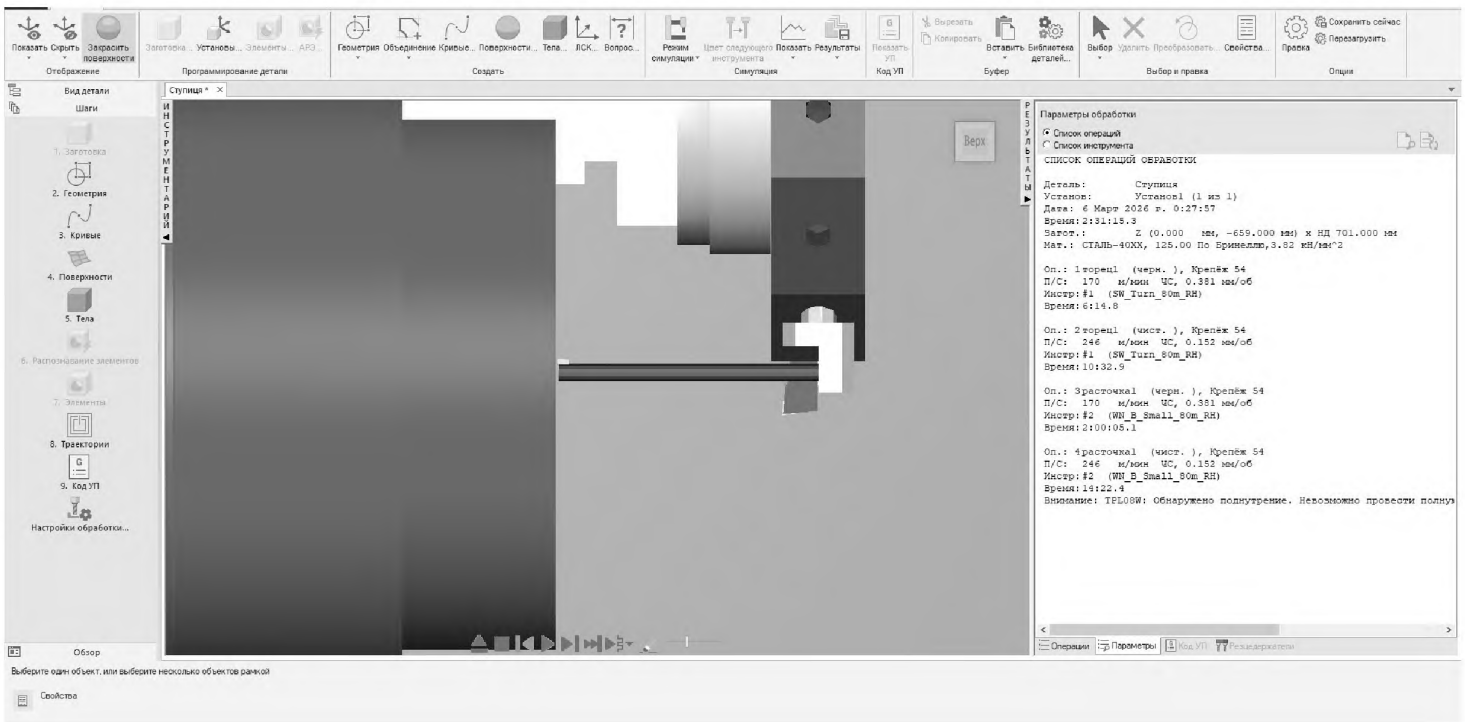
Етап вибору різального інструменту в меню програми



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (розточування)



Вибір режимів різання



					КНУ.КБР.131.26.4-04.МПМО			
					Моделювання процесу механічної обробки	Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Н		
Розробив		Сліпка						
Керівник		Нечаєв						
						Лист	Листів	1
Н.контр.		Нечаєв				Кафедра ТМ		
Затв.		Рязанцев				гр. ЗПМ-23ск		