

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталей землесоса 28Гр-8Т з використанням САПР технологій

Виконав: магістрант
групи ПМ-24м
Тимченко А.І.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Рязанцев А.О.

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталей землесоса 28Гр-8Т з використанням САПР технологій

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Тимченко А.І.

Керівник КМР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечасв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: магістр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Технології машинобудування

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну магістерську роботу

Магістранта гр. ПМ-24м Тимченко Артема Ігоровича

1. Тема: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталей землесоса 28Гр-8Т з використанням САПР технологій.

Керівник КМР: доц., к.т.н. Рязанцев А.О.

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

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи _____ 2025р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Розробка та узгодження технічного завдання. 2. Проектування технологічного процесу складання. 3. Технологічна підготовка виробництва виробу. 4. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 5. Конструкторська підготовка виробництва. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва. 7. Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Опорний корпус (складальне креслення). 2. Трьохвісний редуктор (розмірні ланцюги). 3. Корпус. 4. Корпус (відливка). 5. Ескізи операцій. 6. Верстатно-інструментальне налагодження. 7. Верстатне пристосування. 8. Контрольне пристосування. 9. Статичний аналіз деталі. 10. Науково-дослідна частина.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Організаційно- економічна підготовка виробництва	Нечаєв В.П. к.т.н., доцент		

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
1 Розробка та узгодження технічного завдання	10.09.2025
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	17.09.2025
1.2 Службове призначення виробу	22.09.2025
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2025
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	01.10.2025
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	05.10.2025
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2025
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	18.10.2025
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2025
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2025
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	06.11.2025
6.2 Реконструкція механоскладального цеху	10.11.2025
6.3 Вибір та обґрунтування засобів та регламентів забезпечення охорони праці, безпечності життєдіяльності, екологічних вимог виробничих процесів	13.11.2025
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	16.11.2025
Висновки	23.11.2025
Додатки	25.11.2025
Попередній захист	03.12.2025

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник

кваліфікаційної магістерської роботи

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав

магістрант

/Тимченко А.І./

РЕФЕРАТ

Тема КМР: «Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталей землесоса 28Гр-8Т з використанням САПР технологій»

Пояснювальна записка до КМР: 105 стор., 43 рисунки, 31 таблиця, комплект карт на 34 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі, 10 листів графічної частини.

Дослідження спрямоване на створення ефективної моделі підготовки виробництва, яка дозволить підвищити точність, надійність та економічність виготовлення корпусних деталей складної геометрії.

Об'єкт дослідження – процес конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення корпусу землесоса 28Гр-8Т.

Предмет дослідження – методи, засоби та інноваційні підходи застосування САПР технологій для підвищення ефективності та якості виготовлення корпусних деталей.

Сучасні гідротехнічні машини, зокрема землесоси, відіграють ключову роль у проведенні днопоглиблювальних, гідромеліоративних та будівельних робіт. Основним елементом таких машин є корпус землесоса, що має значні габаритні розміри, складну просторову конфігурацію та високі вимоги до міцності. Традиційні методи конструкторсько-технологічної підготовки виробництва часто є трудомісткими та не забезпечують належної якості й економічності. Використання сучасних САПР технологій у процесі проєктування та виготовлення дозволяє знизити собівартість виробництва, скоротити строки підготовки та підвищити конкурентоспроможність вітчизняної продукції. Тому розробка інноваційних процесів для конструкторсько-технологічної підготовки корпусу землесоса є актуальною науковою та практичною задачею.

У магістерській роботі розглянуто питання вдосконалення процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення корпусу землесоса 28Гр-8Т. Проведено аналіз конструктивних параметрів та особливостей виготовлення корпусних деталей. На основі сучасних CAD/CAM/CAE технологій запропоновано інноваційний підхід до створення 3D-моделі та розробки технологічного процесу виробництва. Здійснено техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування САПР у виробничій практиці. Отримані результати сприятимуть підвищенню ефективності машинобудівного виробництва, зменшенню витрат та покращенню якості кінцевих виробів.

КОРПУС ЗЕМЛЕСОСА, CAD/CAM/CAE СИСТЕМИ, 3D-МОДЕЛЮВАННЯ, ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, МАШИНОБУДУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЄКТУВАННЯ.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-15.Р</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>			<i>Реферат</i>			
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</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>Аркцифр</i>	
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>			

ABSTRACT

Subject: «Development of innovative processes for engineering and technological preparation for the manufacture of components for the 28Гр-8Т dredger applying CAD technologies».

Explanatory note to the Ministry of Interior: 105 pages, 43 figures, 31 tables, a set of maps on 34 pages. on technological processes of mechanical processing of parts, 10 sheets of the graphic part.

The study is aimed at developing an effective model for production preparation that will improve the accuracy, reliability, and cost efficiency of manufacturing housing components with complex geometry.

The object of the research is the design-and-process preparation of manufacturing the housing of the 28Гр-8Т dredge pump.

The subject of the research includes the methods, tools, and innovative approaches to applying CAD technologies to enhance the efficiency and quality of manufacturing housing components.

Modern hydrotechnical machines, particularly dredge pumps, play a key role in dredging, hydromelioration, and construction operations. The main element of such machines is the dredge pump housing, which is characterized by large overall dimensions, complex spatial geometry, and high strength requirements. Traditional methods of design-and-technological production preparation are often labor-intensive and do not ensure sufficient quality or cost efficiency. The integration of modern CAD technologies in the design and manufacturing processes allows reducing production costs, shortening preparation time, and improving the competitiveness of domestic products. Therefore, developing innovative processes for the design-and-technological preparation of the dredge pump housing is a relevant scientific and practical task.

The master's thesis addresses the improvement of design-and-process preparation for manufacturing the housing of the 28Гр-8Т dredge pump. An analysis of structural parameters and manufacturing features of housing components has been conducted. Based on modern CAD/CAM/CAE technologies, an innovative approach to generating a 3D model and developing the technological production process is proposed. A technical-economic assessment of the feasibility of applying CAD systems in manufacturing practice is performed. The obtained results will contribute to increasing the efficiency of mechanical-engineering production, reducing costs, and improving the quality of final products.

DREDGER APPLYING, CAD/CAM/CAE SYSTEMS, 3D MODELING, INNOVATIVE TECHNOLOGIES, MECHANICAL ENGINEERING, DESIGN AUTOMATION.

					KHU.KMP.131.25.1-15.P	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	9
1 Розробка та узгодження технічного завдання	10
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	10
1.2 Службове призначення об'єкту проектною задачі	11
1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій	13
1.4 Перевірка деталі на міцність	13
2 Проектування технологічного процесу складання	17
2.1 Виявлення та розрахунок складальних лінійних розмірних ланцюгів	17
2.2 Технологічний процес складання	23
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	26
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	26
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	32
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	64
4.1 Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	64
4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм	69
5 Конструкторська підготовка виробництва	73
5.1 Проектування верстатного пристосування	73
5.2 Проектування контрольного пристрою	79
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	83
6.1 Розробка плану робочого місця	83
6.2 Охорона праці та екологія виробництва при ремонті ґрунтових насосів	88
6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	91
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	95
7.1 Основна частина	95
7.2 Технологія виготовлення деталей з абразивних сумішей	96
7.3 Навантаження на вал та оцінка прогину	97
7.4 Автоматизований розрахунок і моделювання	99
7.5 Методи неразрушаючого контролю та вібраційна діагностика	100
7.6 Аналіз спектру та практичні виміри	101
7.7 Висновки	102
Висновки	103
Список використаних джерел	104
Додатки	106

					КНУ.КМР.131.25.1-15.3				
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата					
Розроб.		Тимченко			Зміст	Літ.	Арк.	Аркциф	
Перевір.		Рязанцев							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м			
Зав. каф.		Рязанцев							

ВСТУП

Сукупність методів та заходів виготовлення машин, використаних у визначеній галузі виробництва, складає технологією цієї галузі, у зв'язку з цим виникли поняття: технологія обробки тиском, технологія складання машин. Усі ці області виробництва відносяться до технології машинобудування, охоплюючи усі етапи процесу виготовлення машинобудівельної продукції.

Однак під «технологією машинобудування» прийнято розуміти наукову дисципліну що вивчає переважно процеси механічної обробки деталей та складання машин та за одним заходом торкається питання вибору заготовок та засобів їх виготовлення.

Процес механічної обробки пов'язаний з експлуатацією складного обладнання – металорізальних верстатів, трудомісткості та собівартості механічної обробки більше, ніж на інших етапах процесу виготовлення машин.

У «технології машинобудування» комплексно вивчається питання взаємодії верстата й пристрою, ріжучого інструменту та оброблюючої деталі; шляхом побудов найбільш раціональних, таким чином найбільш виробничих та економічних, технологічних процесів обробки деталей машин, включає вибір обладнання та технологічного оснащення; засоби раціональної побудови технологічних процесів складання машин.

Питання, які характерні для технології виробництва спеціалізованих галузей, вивчаються у спеціальних керівництвах, таких, як «технологія автотракторного будівництва», «технологія двигунобудування», «технологія верстатобудування» і т.д. Технологія машинобудування як наукова дисципліна створена радянськими вченими. Початок формування цієї дисципліни відноситься до тридцятих років минулого століття. Розвиток технології механічної обробки та складання і її спрямованості обумовлюється стоячими перед машинобудівною промисловістю задачами вдосконалення технологічних процесів, пошуком та вивченням нових методів виробництва, подальшого розвитку та впровадження комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів на базі досягнень науки та техніки, забезпечуючи найбільш високу продуктивність праці при належній якості та найменшій собівартості випускаючої продукції.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.В			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Тимченко			Вступ			
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркциф	
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м			

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Тема роботи полягає у розробці інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталей корпусу землесоса 28Гр-8Т із використанням сучасних систем автоматизованого проектування (САПР). Дослідження спрямоване на створення ефективної моделі підготовки виробництва, яка дозволить підвищити точність, надійність та економічність виготовлення корпусних деталей складної геометрії. Вихідні дані для КМР є: загальне складальне креслення корпусу опорного (рис. 1.1), безпосередньо сама деталь «Корпус» та річний обсяг випуску деталі (1000 шт).

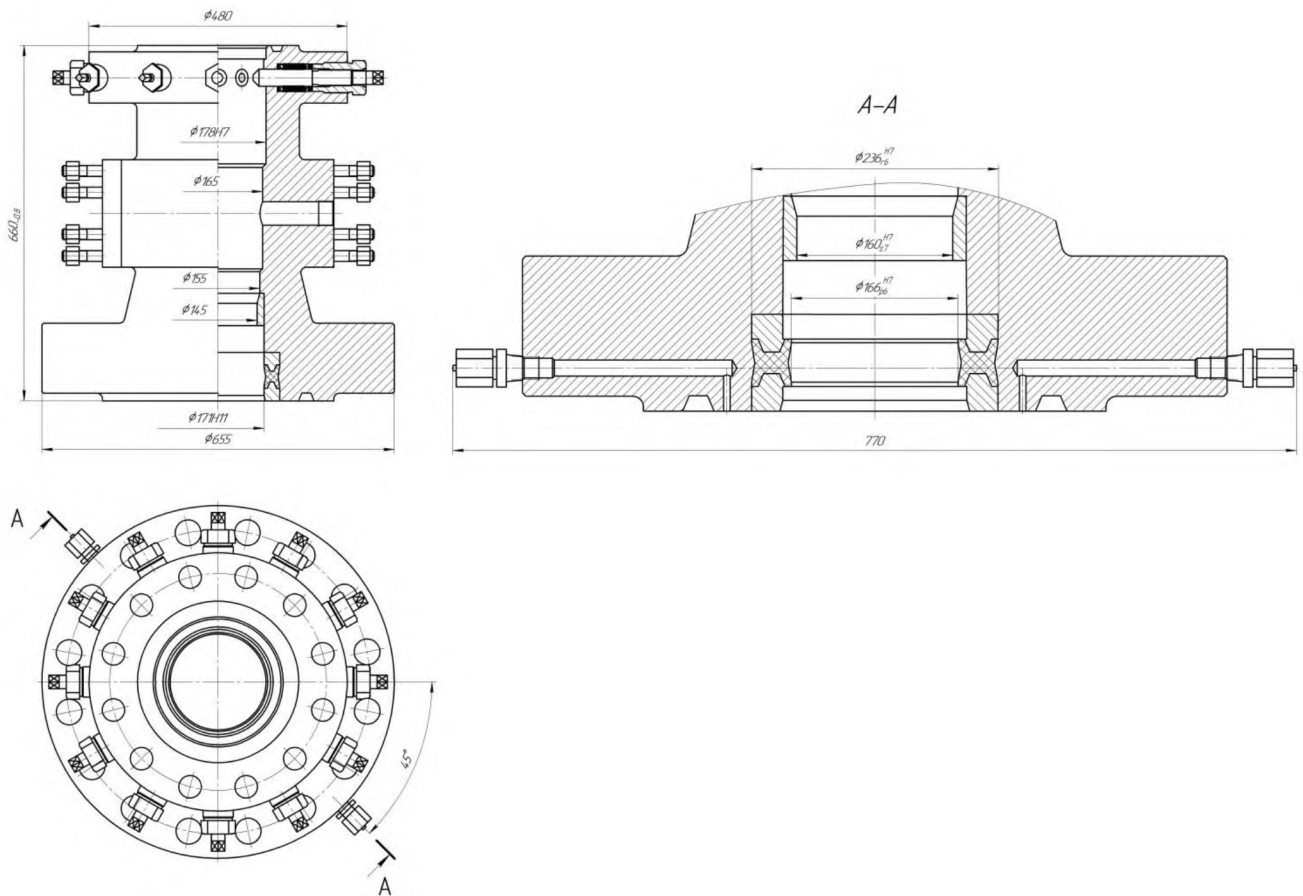


Рисунок 1.1 – Загальний вид вузла корпус опорний ґрунтового насоса 28Гр-8Т

Мета дослідження – розробити та обґрунтувати інноваційні процеси конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення корпусу землесоса 28Гр-8Т із використанням САПР технологій, що забезпечують підвищення ефективності виробництва та якості готових деталей.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-15.01.РЧТЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата	Розробка та узгодження технічного завдання		
Розроб.	Тимченко						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечасів						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз конструктивних особливостей корпусу землесоса 28Гр-8Т;
- здійснити огляд сучасних САПР технологій, що застосовуються у машинобудуванні;
- розробити модель процесу конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення корпусних деталей;
- виконати 3D-моделювання та розробку креслень корпусу за допомогою CAD/CAM/CAE систем;
- обґрунтувати технологічний процес виготовлення корпусу з урахуванням інноваційних методів;
- здійснити техніко-економічну оцінку запропонованих рішень.

1.2 Службове призначення об'єкту проєктної задачі

Основним обладнанням, що забезпечує стійку роботу хвостових господарств збагачувальних фабрик, є землесоси. Землесос 28Гр-8Т (рис. 1.2) – це відцентровий насос спеціального призначення, призначений для перекачування абразивних, густих і висококонцентрованих гідросумішей. Обладнання використовується у системах гідротранспорту, на хвостових і шламових господарствах гірничодобувних та металургійних підприємств.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд землесоса 28Гр-8Т

					КНУ.КМР.131.25.1-15.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Основне призначення насоса – транспортування пульпи, що містить тверді частинки (пісок, рудні шлами, ґрунт) на значні відстані. Конструкція адаптована для роботи в складних умовах з підвищеним зносом і вібраційними навантаженнями. Технічні характеристики представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики землесоса 28Гр-8Т

Параметр	Значення
Тип насоса	Відцентровий, горизонтальний, шламовий
Подача (продуктивність)	до 8000 м³/год
Напір	70–85 м вод. ст. (залежно від модифікації)
Частота обертання робочого колеса	близько 490 об/хв
ККД	до 80 %
Робоча температура середовища	до 80 °С
Діаметр вхідного/вихідного патрубків	700–800 мм
Вміст твердих частинок у суміші	до 40 % за об'ємом
Матеріали проточної частини	Високолеговані зносостійкі сталі, іноді з наплавленням твердих сплавів
Маса агрегату (приблизно)	18–22 т
Привід	Електродвигун або дизельний агрегат потужністю 1,0–1,2 МВт

Конструктивні особливості землесоса 28Гр-8Т:

- робоче колесо відкритого або напівзакритого типу, посилене для стійкості до абразивного зносу;
- корпус виконано з литої сталі з потовщеними стінками в зонах інтенсивного зносу;
- використовується гідровіджим для ущільнення вала, що запобігає витіканню пульпи;
- можливе встановлення системи рециркуляції рідини для зниження абразивності потоку;
- сучасні модифікації (28Гр-8ТМ) мають поліпшену балансування та зносостійкі вставки.

Дані землесоси застосовуються у:

1. Гірничодобувна промисловість – транспортування хвостів і рудних шламів.
2. Металургія – перекачування відходів флотації та пульпи після збагачення.
3. Гідротехнічні роботи – налив територій, очищення дна водойм, днопоглиблювальні операції.
4. Енергетика (ТЕЦ) – видалення золошлакових сумішей.

Переваги землесоса 28Гр-8Т:

- висока продуктивність під час перекачування густих сумішей;
- підвищена стійкість до абразивного зносу;
- надійність конструкції, розрахованої на тривалий експлуатаційний цикл;
- можливість модернізації та використання вітчизняних запчастин.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Землесос 28Гр-8Т – це потужний промисловий насос, перевірений експлуатацією в системах гідротранспорту. Він поєднує високу продуктивність, надійність і ремонтпридатність. Застосовується на об'єктах, де необхідно переміщати великі об'єми абразивних гідросумішей на значні відстані.

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

З огляду на спрямованість магістерської роботи на використання автоматизованих систем проектування, зокрема CAD/CAM-технологій, на основі вихідного плоского креслення було створено просторову модель деталі «Корпус» землесоса 28Гр-8Т (рис. 1.3). Сформована 3D-геометрія надалі використовуватиметься як базова цифрова заготовка для подальшого опрацювання та моделювання технологічного маршруту оброблення у середовищі САМ-системи.

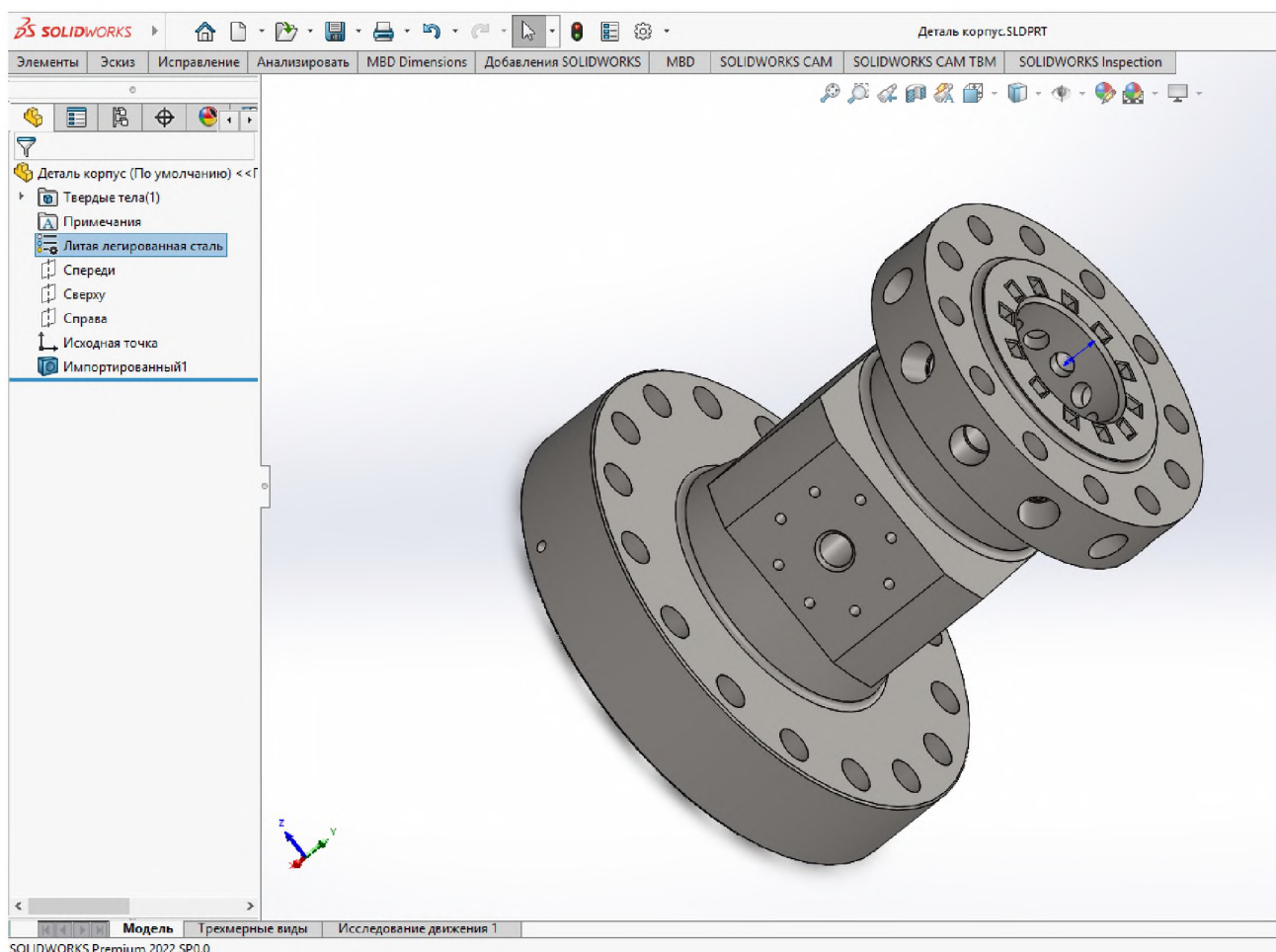


Рисунок 1.3 – 3D модель корпуса

1.4 Перевірка деталі на міцність

Перевірочні розрахунки і аналіз виконувалися для виготовленого корпусу за допомогою програмного продукту SolidWorks Simulation. Епюри та модель деталі показані на рис. 1.4-1.8.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

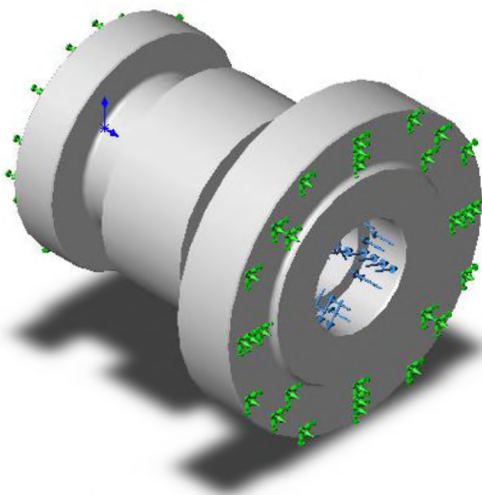


Рисунок 1.4 – Модель для аналізу

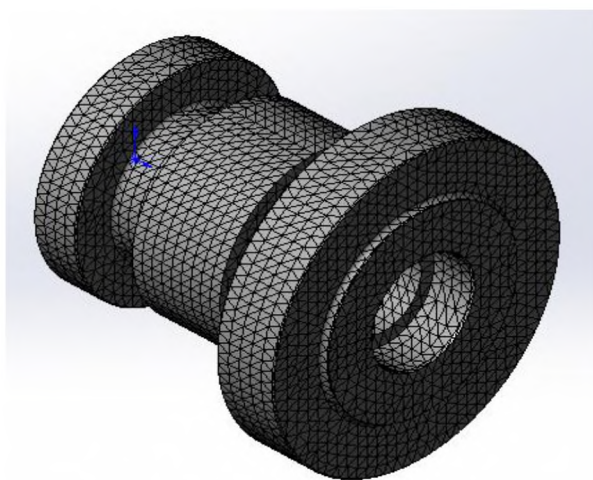


Рисунок 1.5 – Тип сітки

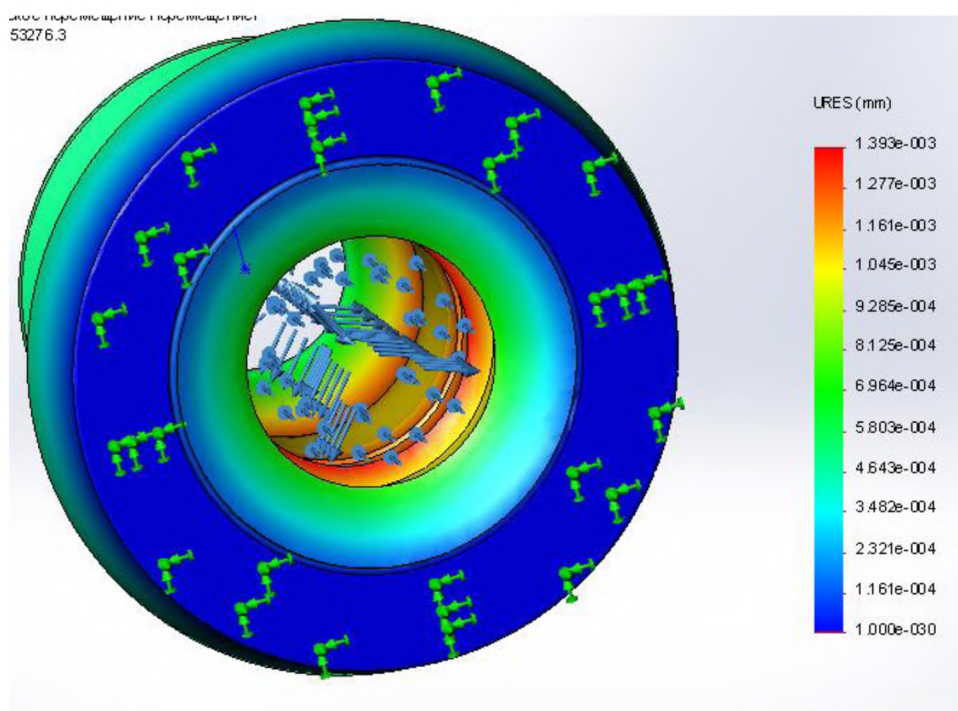


Рисунок 1.6 – Максимальне переміщення

					КНУ.КМР.131.25.1-15.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

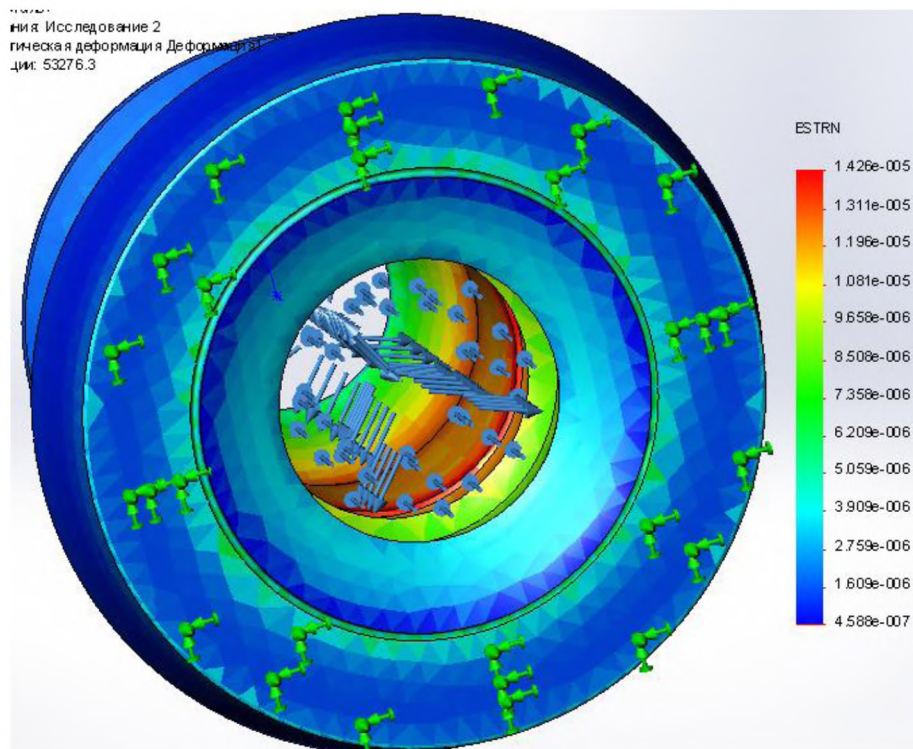


Рисунок 1.7 – Максимальна деформація

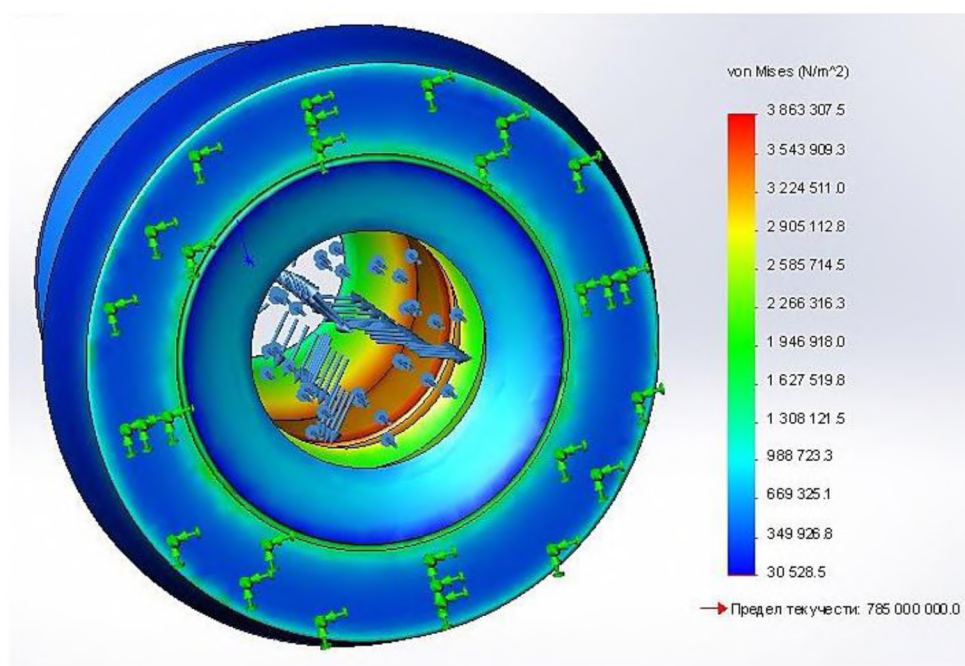


Рисунок 1.8 – Максимальне напруження

Вихідні числові дані:

Von Mises (еквівалентна напруга): $\min = 30\,528.5 \text{ N/m}^2$, $\max = 3.86331 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ (вузол 2286).

Результуюче переміщення (Ures): $\min = 0 \text{ mm}$, $\max = 0.00139281 \text{ mm}$ (вузол 2239).

Еквівалентна деформація (ESTRN): $\min = 4.58843 \cdot 10^{-7}$, $\max = 1.42581 \cdot 10^{-5}$ (елемент 13783).

					КНУ.КМР.131.25.1-15.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Епюра – Напруження (Von Mises, рис. 1.8). Максимальна еквівалентна напруга значно нижча за межу текучості — порядок величини $SF \approx 200$, отже при заданому статичному навантаженні немає ризику пластичної течії чи макроскопічного руйнування. Напруги в межах пружності з великим запасом міцності; наявні місцеві концентрації, що вимагають уваги для довговічності (втоми) та деталей конструкції навколо піка.

Епюра – Переміщення (Resultant displacement, рис. 1.6). Переміщення дуже малі – менш як 0.0015 mm. Для більшості монтажних і експлуатаційних допусків фланців це значення незначне. Такі малі переміщення вказують на високу жорсткість конструкції відносно застосованого навантаження.

Епюра – Еквівалентна деформація (рис. 1.7) Абсолютне значення деформації дуже мале – відповідає малим переміщенням і низьким напруженням відносно σ_y . Деформації малі і відповідають пружній області; не очікується постійної (пластичної) деформації при даному навантаженні.

За результатами статичного аналізу при заданому навантаженні (тиск ~ 1.52 МПа):

Максимальна напруга Von Mises = $3.863e+06 \text{ N/m}^2 \approx 0.492\%$ від межі текучості матеріалу 35ХМ, тобто значно нижча за σ_y – немає ризику пластичного текучого руйнування при розглянутих умовах.

Максимальні переміщення дуже малі ($\approx 0.00139281 \text{ mm}$), що вказує на достатню жорсткість конструкції.

Максимальна еквівалентна деформація $\approx 1.425810e-05$, що знаходиться в межах пружної поведінки (за модулем пружності E).

					КНУ.КМР.131.25.1-15.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

Деталь корпус опорний є частиною ґрунтового насосу 28Гр-8Т. Ґрунтові насоси застосовуються в основному для транспортування пульпи в гірничій промисловості, а саме (на збагачувальних фабриках для відкачування пульпи до хвостосховищ, для відкачування вод з шахт забоїв, для видалення хвостових пульп у відвал та інше).

Деталі, що входять до її складу працюють в помірній кліматичній зоні під нестационарним тиском до 70 МПа. Вузол працює під впливом гідравлічного удару.

Агрегат насосний виготовляється в загальнопромисловому виконанні й не призначений для експлуатації у вибухонебезпечних й пожеже небезпечних виробництвах, приміщеннях і установках, а також не повинні використатися для перекачування горючих і легкозаймистих рідин.

2.1 Виявлення та розрахунок складальних лінійних розмірних ланцюгів

Так, як в заданому вузлі відсутні лінійні та кутові розмірні ланцюги тому цей розрахунок виконуємо на трьохосьовому редукторі із зображенням його розмірних ланцюгів на загальному кресленні.

2.1.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Для даного редуктора (рис. 2.1) можна виділити лінійний розмірний ланцюг А – забезпечення зазору радіальним підшипником ковзання №205 (однорядний) та верхньою кришкою.

Метою розрахунку розмірних ланцюгів є вирішення прямої конструкторської задачі, що полягає у розподілі відомого допуску вихідної ланки між допусками складових ланок.

У розмірний ланцюг (рис.2.1) включені тільки ті розміри, які впливають на величину вихідної ланки А. Замикаючою ланкою є відстань між торцями деталей, які збираються останніми при складанні.

Розрахунок лінійного розмірного ланцюга А виконуємо методом компенсатора у вигляді прокладок однакової товщини.

Для нормальної роботи вузла необхідно забезпечити $A_{\Sigma}=0\pm 0,8$; $[T_{\Sigma}]=1,6\text{мм}$; $\Delta C_{\Sigma}=+0,4\text{мм}$. На всі ланки розмірного ланцюга призначаємо технологічно допустимі допуски.

Визначаємо допуск замикаючої ланки:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_{Ai} \quad (2.1)$$

$$T_{\Sigma} = (1.0 + 0.36 + 0.36 + 0.12 + 0.12 + 0.36 + 0.62 + 0.62 + 0.008 + 0.12 + 0.14 + 0.07 + 0.16) = 4.13\text{мм}$$

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-15.02.ПТПС</i>		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.		Тимченко			Проектування технологічного процесу складання	Літ.	Арк.
Перевір.		Рязанцев					Аркцшіф
Реценз.							
Н. контр.		Нечаєв				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м	
Зав. каф.		Рязанцев					

Таблиця 2.1 – Розрахунок лінійних ланцюгів

№ з/п	Позначення ланцюга	Номинальний розмір, мм	Допуск, мм	Квалітет	Граничні відхилення	ΔC_i
1	A_1	134,6	1,0	14	$134,6 \pm 1,0$	0,5
2	A_2	6,8	0,36	14	$6,8^{+1,39}_{+0,77}$	0,18
3	A_3	15,2	0,12	ст.	$15,2_{-0,12}$	-0,6
4	A_4	6,6	0,36	14	$6,6^{+0,36}$	-0,18
5	A_5	40	0,62	14	$40_{-0,62}$	0,31
6	A_6	37	0,62	14	$37 \pm 0,62$	0,31
7	A_7	15,2	0,12	ст.	$15,2_{-0,12}$	-0,6
8	A_8	15,2	0,36	14	$6,8_{-0,36}$	0,18
9	A_9	3,2	0,4	14	$3,2 \pm 0,2$	

Величину компенсації визначаємо за виразом:

$$T_K = T_\Sigma - [T_\Sigma] = 4,13 - 1,6 = 2,53 \text{ мм} \quad (2.2)$$

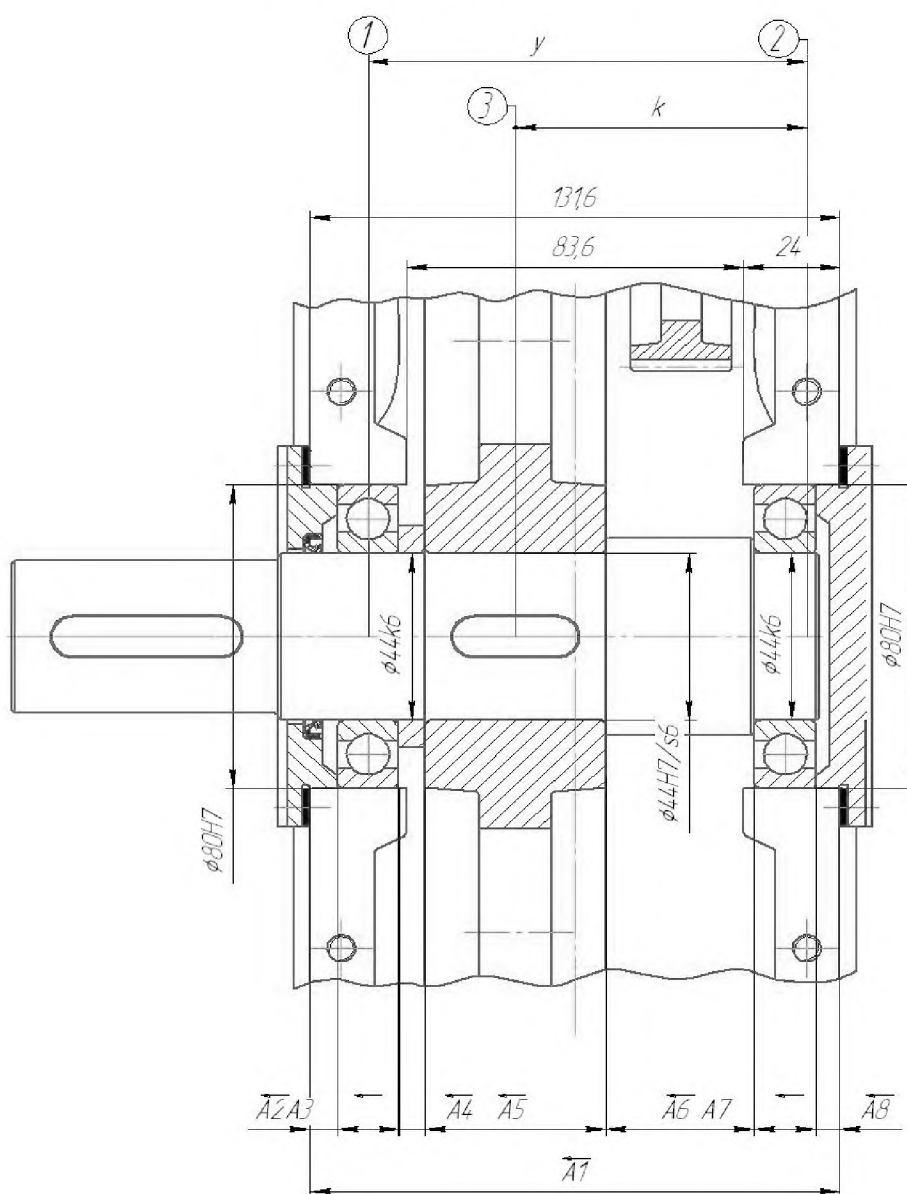


Рисунок 2.1 – Схема розмірного ланцюга

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-15.02.ПТПС	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

Розміри прокладок вибираємо із умови.

В якості прокладок використовуємо металевий лист, товщина якого дорівнює:

$$S = A_{\text{ком}} = [T_{\Sigma}] = 1,6 \pm 0,1 \text{ мм} \quad (2.3)$$

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

Визначаємо попереднє число прокладок.

$$Z = \frac{T_k}{[T_{\Sigma}]} = \frac{2,53}{1,6} = 1,58 \text{ прок.} \quad (2.4)$$

Приймаємо 2 прокладки.

Будуємо нову розмірну ланку на збиральному вузлі. Нову ланку позначаємо A_9 і вона є збільшуючою. Зміниться положення ланки A_2 , що також зображено на схемі розмірної ланки. Будуємо схему розмірної ланки у таблиці 2.2.

Величину компенсатора який складається із Z прокладок визначаємо за виразом:

$$A_9 = Z \cdot A_{\text{ком.}} = 2 \cdot (1,6 \pm 0,1) = 3,2 \pm 0,2 \text{ мм}; T_A = 0,4 \text{ мм}; \Delta C_{A9} = 0 \quad (2.5)$$

$$A_y = \sum_{i=1}^n A_i - \sum_{j=1}^m A_j. \quad (2.6)$$

$$A_y = (134,6 + 3,2) - (6,8 \cdot 2 + 15,2 \cdot 2 + 6,6 + 40 + 37) = 3,4 \text{ мм.}$$

Допуск замикаючої ланки нового розмірного ланцюга визначаємо за виразом:

$$T'_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_{Ai} \quad (2.7)$$

$$T'_{\Sigma} = (1,0 + 0,36 + 0,36 + 0,12 + 0,12 + 0,36 + 0,62 + 0,62 + 0,084 + 0,12 + 0,14 + 0,07 + 0,16 + 0,4) = 4,53 \text{ мм}$$

Визначаємо величину компенсації по виразу:

$$\Delta C'_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta C_i - \sum_{j=1}^m \Delta C_j \quad (2.8)$$

$$\Delta C'_{\Sigma} = (0,5 + 0,18 + 0,8) - (0,62 \cdot 2 + 0,18 - 0,18 - 0,31 - 0,31 + 0,04 \cdot 2 + 0,6 \cdot 2 + 0,7 \cdot 2 + 0,03) = 0,29 \text{ мм}$$

Визначаємо величину компенсації за виразом:

$$T'_k = T'_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] = 4,53 - 1,6 = 2,93 \text{ мм} \quad (2.9)$$

Визначаємо остаточну кількість прокладок

$$Z = \frac{T'_k}{[T_{\Sigma}]} + 1 = \frac{2,93}{1,6} + 1 = 1,83 \text{ прок} \quad (2.10)$$

Остаточню приймаємо $Z = 2$ прокладки.

В якості залежної ланки вибираємо ланку A_2 , та визначаємо величину поправки:

$$\Delta' = [\Delta C_{\Sigma}] - \Delta C'_{\Sigma} + \frac{T'_{\Sigma}}{2} - \Delta C_{\text{ком}A2} - A_{\text{ком}} \quad (2.11)$$

$$\Delta' = 0,4 - 0,29 + \frac{4,53}{2} - 0 - 1,6 = 0,77 \text{ мм}$$

Нова координата середини залежної ланки визначаємо за виразом:

$$\Delta C_{A6}' = \Delta C_{A6} + \Delta' = 0,31 + 0,77 = 1,08 \text{ мм} \quad (2.12)$$

Граничні відхилення залежної ланки визначаємо по виразу:

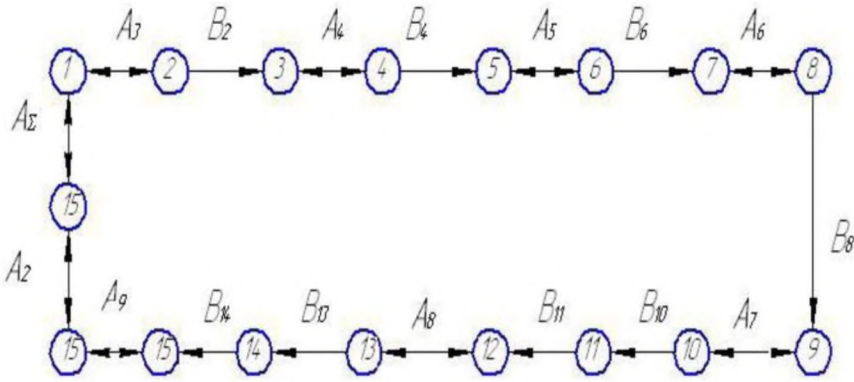
$$es_{A2} = \Delta C_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2} = 1,08 + \frac{0,62}{2} = 1,39 \text{ мм} \quad (2.13)$$

$$ei_{A2} = \Delta C_{\Sigma} - \frac{T_{\Sigma}}{2} = 1,08 - \frac{0,62}{2} = 0,77 \text{ мм} \quad (2.14)$$

$$A_2 = 37^{+1,08}_{+0,77} \text{ мм.}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-15.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Розрахунок лінійних ланцюгів А методом компенсатора

Призначення ланцюга	розмірного	Ланцюг А-забезпечення зазору між кришкою та підшипником	Значення вихідної ланки			$A_{\Sigma} = \pm 0,8$ $T_{\Sigma} = 1,6$ $\Delta C_{\Sigma} = 0,4$			
Схема розмірного ланцюга			Вихідні данні			Розрахункові величини			
			Позн. ланцюг	Номі. р-р	i	Квалітет	Допуск	Р-р з відхиленням	ΔC_i
			A ₁	134,6		14	1,0	134,6±1,0	0,5
			A ₂ = A ₈	6,8		14	0,36	6,8 _{-0,36} /6,8 _{+0,77} ^{+1,36}	0,18
			A ₃ = A ₇	15,2	ст.	14	0,12	15,2 _{-0,12}	-0,6
			A ₄	6,6		14	0,36	6,6 ^{+0,36}	0,18
			A ₅	40		14	0,62	40 _{-0,62}	0,31
			A ₆	37		14	0,62	37±0,62	0,31
			A ₉	3,2		14	0,4	3,2±0,2	0
			B _{2,8}	25,2	ст.	10	0,08		0,01
			B _{4,6}	60		10	0,12		0,06
			B _{10,14}	106,8		10	0,14		0,2
			B ₁₂	19		10	0,07		0,2
			B ₁₃	131,6		10	0,16		0,3
A₁ – відстань між торцями редуктора A_{2,8} – висота ніжки кришки A_{3,7} – ширина підшипника A₄ – висота кільця A₅ – ширина кільця A₆ – відстань між торцями вала B_{2,8} – торцеве биття підшипника B_{4,6} – торцеве биття кільця B_{10,14} – торцеве биття кришки B₁₂ – торцеве биття вала B₁₃ – торцеве биття бокової сторони корпусу.			$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_{Ai} = (1,0 + 0,36 + 0,36 + 0,12 + 0,12 + 0,36 + 0,62 + 0,62 + 0,008 + 0,12 + 0,14 + 0,07 + 0,16) = 4,13 \text{ мм}$ $\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta C_i - \sum_{j=1}^m \Delta C_j = (0,5 + 0,18 + 0,8) - (0,62 \cdot 2 + 0,18 - 0,18 - 0,31 - 0,31 + 0,04 \cdot 2 + 0,6 \cdot 2 + 0,7 \cdot 2 + 0,03) = 0,29 \text{ мм.}$ $T_K = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] = 4,13 - 1,6 = 2,53 \text{ мм}$ $S = A_{\text{ком.}} = [T_{\Sigma}] = 1,6 \pm 0,1; T_{\text{ком.}} = 0,2; \Delta C_{\text{ком.}} = 0$ $Z = \frac{T_K}{[T_{\Sigma}]} = \frac{2,53}{1,6} = 1,58$; приймаємо 2 прокладки						

Нове значення залежної ланки записуємо у таблицю 2.2.

Перевіряємо правильність виконаних розрахунків:

- середній розмір всіх прокладок та граничні відхилення:

$$A_{CA9} = A_{\text{ком}} + \Delta C_{\text{ком}} - \Delta C'_{\Sigma} + [\Delta C_{\Sigma}] = 1,6 + 0 - 0,4 + 0,29 = 1,49 \text{ мм} \quad (2.15)$$

$$A_{9\max, \min} = A_{CA9} \pm \frac{T'_k}{2} \quad (2.16)$$

$$A_{9\max} = 1,49 + \frac{2,93}{2} = 2,95 \text{ мм}$$

$$A_{9\min} = 1,49 - \frac{2,93}{2} = 0,025 \text{ мм}$$

- максимальна кількість прокладок:

$$Z_{\max} = \frac{A_{9\max}}{[T_{\Sigma}]} = \frac{2,95}{1,6} = 1,84 \text{ прок.} \quad (2.17)$$

Приймаємо кінцеву кількість прокладок $Z = 2$ прокладки.

$$Z_{\min} = \frac{A_{9\min}}{[T_{\Sigma}]} = \frac{0,025}{1,6} = 0 \text{ прок.} \quad (2.18)$$

Приймаємо кінцеву кількість прокладок $Z = 0$ прокладки.

- кількість прокладок у наборі

$$Z = Z_{\max} - Z_{\min} = 2 - 0 = 2 \text{ прокладок.}$$

Розрахунок виконано вірно.

2.1.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів

У даному вузлі кутовий розмірний ланцюг проходить через опори валу, якими є шарико-радіальні підшипники (рис. 2.2).

Виконуємо перевірочний розрахунок розмірного ланцюга з посадками вказаними на складальному кресленні. У вузлі виявлено три перерізи, через які проведені вертикальні лінії з номерами. Перерізи 1-2 проходять через опори валу і утворюють основний кутовий розмірний ланцюг γ , який відповідає за положення валу у вузлі.

Усього у вузлі можна виділити два кутові розмірні ланцюги:

1) ланцюг γ – визначає відносне зміщення і перекіс осей валу у підшипникових опорах;

2) ланцюг k – визначає перекіс зубчатої муфти відносно опори 2 (рис. 2.3)

Ланцюг γ складається з наступних величин:

S_1, S_4 – посадка внутрішнього кільця підшипника на вал;

S_2, S_3 – посадка зовнішнього кільця підшипника в корпус;

e_{15}, e_{20} – половина радіального биття підшипників кочення;

e_{13}, e_{22} – ексцентриситет посадкових шийок валу;

e_{17} – зміщення осей отворів у корпусі.

Вибираємо стандартні значення:

а) величина вихідної ланки e_{Σ} визначається з зачеплення блока шестерень по степені точності на всі норми 4-го виду бічного зазору F, тобто зачеплення F4. Для міжцентрової відстані 140 мм граничне відхилення міжосьової відстані становить $fa = \pm 50 \text{ мкм}$. [5, с.336].

Тоді $e_{\Sigma} = \pm 0,225 \text{ мм}, T_{\Sigma} = 0,05 \text{ мм}$.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

б) шариковий радіальний підшипник №000205 має нульовий клас точності. Граничні відхилення на посадкові розміри підшипників і їх радіальне биття приймаються по таблиці 4.82 [5,с.273]:

$$e_{15} = \frac{e_{15BH} + e_{153OBH}}{2} = \frac{0,02 + 0,04}{2} = 0,03 \text{ мм.} \quad (2.19)$$

в) зміщення осей отворів у корпусі вибираємо за тією ж таблицею і воно повинно знаходитись у межах половини гарантованого бічного зазору:

$$e_{17} = \frac{fn_{\min}}{2} < 43,5 \text{ мкм.} \quad (2.20)$$

$$fn_{\min} = 87 \text{ мкм} = 0,087 \text{ мм} [5,с.273]$$

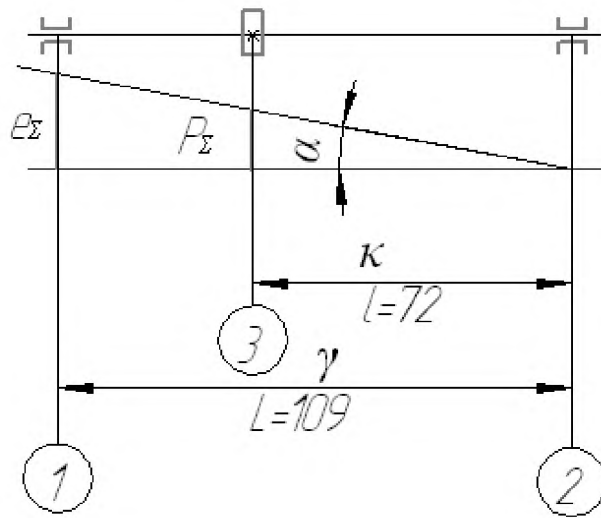


Рисунок 2.2 – Схема кутових розмірних ланцюгів

Допуски зазорів визначаємо за формулою:

$$T_S = S_{\max} - S_{\min}, \quad (2.21)$$

де $S_{\max}, S_{\min}$ – максимальний і мінімальний зазори у з'єднанні, що розраховуються за формулами:

$$S_{\max} = ES - ei, \quad (2.22)$$

$$S_{\min} = EI - es, \quad (2.23)$$

де ES, EI – верхнє та нижнє граничні відхилення отвору ($\varnothing 48H7^{+0.025}_0$),

es, ei – верхнє та нижнє граничні відхилення валу ($\varnothing 26,4 k6^{+0.015}_{+0.002}$).

$$S_{1,4\max} = 0 \text{ мм},$$

$$S_{1,4\min} = EI - es = 0,015 - 0,002 = 0,013 \text{ мм.}$$

Одержані значення свідчать про те, що спраження забезпечується натягом, а в розрахунок включається лише зазор, тобто $T_{1,4} = 0 \text{ мм}$.

Для шліцевого евольвентного з'єднання (при centruванні по бічним сторонам зубів):

$$S_{2,3\max} = 0 \text{ мм},$$

$$S_{2,3\min} = 0,025 - 0 = 0,025 \text{ мм}$$

$$T_{2,3} = S_{\max} - S_{\min} = 0 - 0,025 = -0,025 \text{ мм.}, \text{ тобто } T_{2,3} = 0 \text{ мм.}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-15.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Координату середини поля допуску зазору визначаємо за формулою:

$$em_s = \frac{em_D + em_d}{2}, \quad (2.24)$$

em_D, em_d - координати середини поля допуску муфти та обойми відповідно, розрахунок за формулами:

$$em_{1,4} = \frac{ES + EI}{2} = \frac{0,007 + 0,001}{2} = 0,004 \text{ мм}, \quad (2.25)$$

$$em_{2,3} = \frac{es + ei}{2} = \frac{0,025 + 0}{2} = 0,012 \text{ мм}, \quad (2.26)$$

$$em_s = \frac{0,004 - 0,012}{2} = -0,004 \text{ мм}.$$

Допуск на вихідну ланку визначаємо по імовірнісному методу:

$$T_\Sigma = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n T_i^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m e_j^2}, \quad (2.28)$$

де T_i - допуск i – того зазору,

e_j - величина j -того складового елементу ланцюга.

$$T_\Sigma = \sqrt{0,36 \cdot (0^2 + 0^2) + 0,56 \cdot (0,04^2 + 0,012^2)} = 0,134 \text{ мм}.$$

Визначаємо відносний перекис у зубчатому зачепленні з подібності трикутників (рис.2.3):

$$\frac{e_\Sigma}{l} = \frac{P_\Sigma}{L}, \quad (2.29)$$

$$P_\Sigma = \frac{e_\Sigma \cdot L}{l}, \quad (2.30)$$

$$P_\Sigma = \frac{0,134 \cdot 72}{109} = 0,08 \text{ мм}.$$

Одержане значення перекоосу не перевищує мінімальний гарантований бічний зазор $fn_{\min} = 87 \text{ мкм} = 0,087 \text{ мм}$:

$$P_\Sigma < fn_{\min}, \\ 0,08 \text{ мм} < 0,087 \text{ мм}.$$

Таким чином допуски на складові ланки ланцюга призначені вірно.

2.2 Технологічний процес складання

Переходимо до процесу складання.

Визначаємо порядок складання вузла корпус опорний та представляємо послідовність складання на рисунку 2.3.

На основі схеми складання розроблюємо операційний технологічний процес складання, що складається з запресування деталей, встановлення ущільнень та кріпильних виробів. Послідовність процесу наведений у таблиці 2.3 та у технологічних картах складання виробу.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

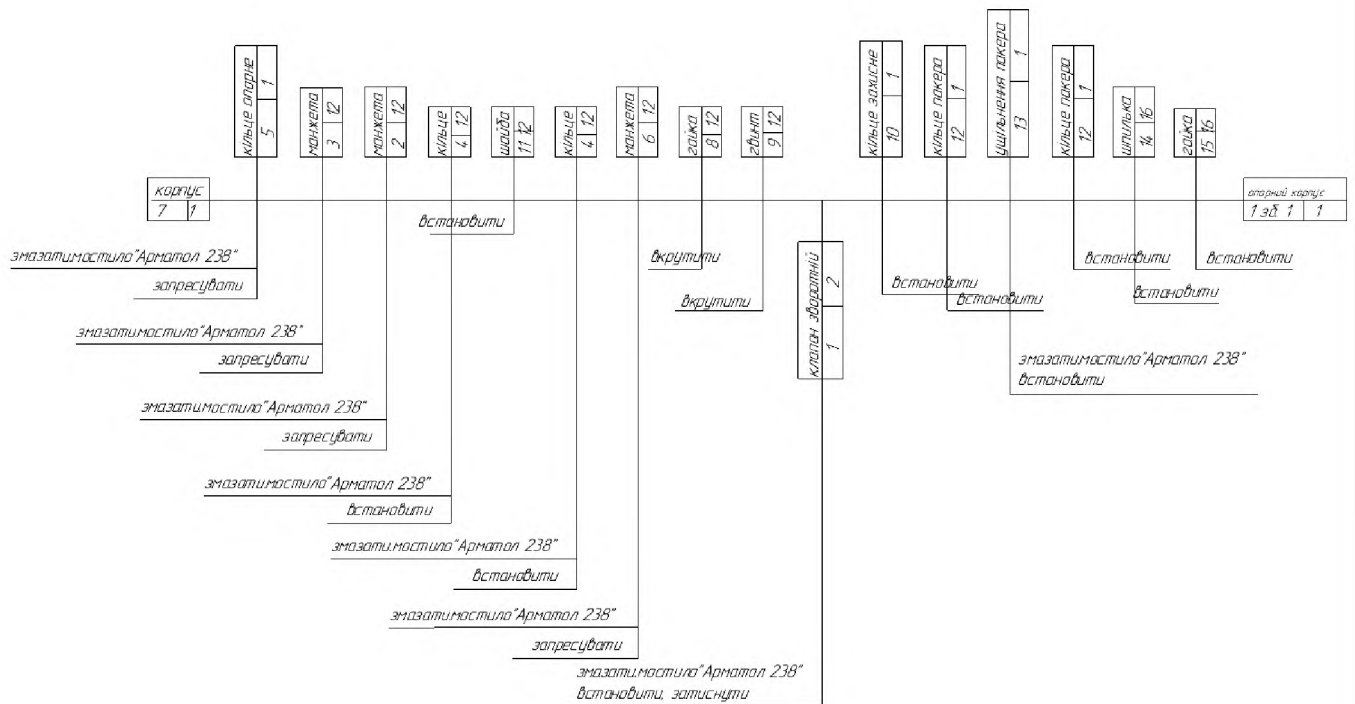


Рисунок 2.3 – Схема складання вузла корпус опорний

Таблиця 2.3 – Технологічний процес складання вузла - корпус опорний

№ пер.	Зміст переходу	Пристосування	T _{очн.} , хв
1	2	3	4
1	Промити деталі	Пристрій для промивки	0,64
2	Продути деталі сухим стислим повітрям.	Пістолет	1,0
3	Змазати та запресувати кільце опірне 5 в корпус 7	Оправка для запресування, молоток	0,25
4	Змазати та запресувати манжети 3 в корпус 7	Оправка для запресування, молоток	0,30
5	Змазати та запресувати манжети 2 в корпус 7	Оправка для запресування, молоток	0,30
6	Змазати та встановити кільце 4 в корпус 7	Мастило «Арматол-238»	0,15
7	Встановити шайбу 11		0,10
8	Змазати та встановити кільце 4 в корпус 7		0,15
9	Змазати та запресувати манжети 6 в корпус 7	Оправка для запресування, молоток	0,20
10	Вкрутити гайку 8 та гвинт 9 в корпус 7	Ключ	0,75

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-15.02.ПТПС	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
11	Змазати та встановити клапан зворотній 1 в корпус 7. Затиснути	Ключ	0,35
12	Встановити кільце захисне 10 в корпус 7		0,15
13	Встановити кільце пакера 12 в корпус 7		0,20
14	Змазати та встановити ущільнення пакера 13 в корпус 7		0,30
15	Встановити кільце пакера 12 в корпус 7		0,20
16	Встановити гайку 14 та шпильку 15 в корпус 7	Ключ	0,80
Загальний час на складання операцій			5,84

					КНУ.КМР.131.25.1-15.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

3.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь корпус (рис. 3.1) входить до складу вузла корпус опорний ґрунтового насосу. Вона призначена для з'єднання складових частин насосів, контролю та регулювання режимів їх експлуатації. Деталі, що входять до її складу працюють в помірній кліматичній зоні під постійним тиском до 70 МПа.

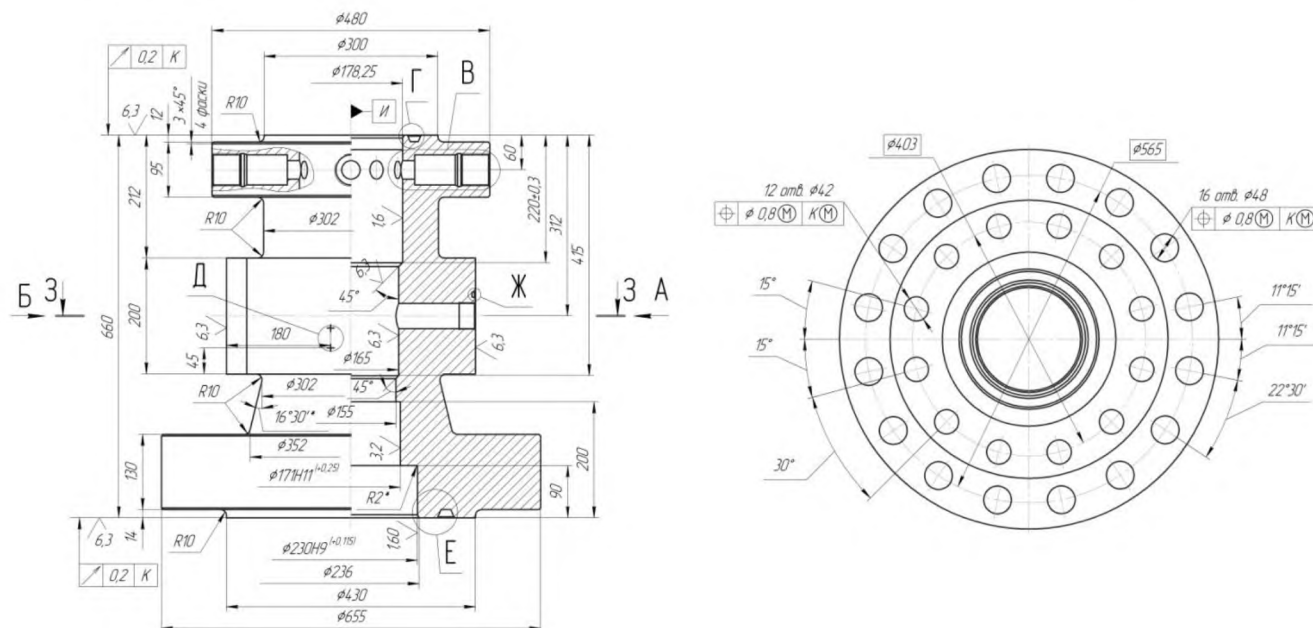


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі «Корпус»

Вузол до якого входить деталь працює під впливом гідравлічного удару і тому його складові частини повинні мати достатній запас міцності поверхневого шару та в'язкості серцевини.

Корпус використовується для фіксації відносного положення деталей у вузлі. В роботі він знаходиться під дією ударних навантажень та підвищеного тиску на поверхні, тому матеріал з якого він виготовляється повинен мати достатній запас міцності серцевини, сталь 35ХМ ДСТУ 7806:2015 повністю задовольняє цим вимогам. Вона використовується для виготовлення валів, шестерень, фланців та корпусів, що працюють під дією значних навантажень. В якості заміни обираємо сталь 35ХМЛ ДСТУ 8781:2018 та сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, що має схожий хімічний склад та механічні властивості по відношенню до основного матеріалу (табл. 3.1 і 3.2).

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічна підготовка виробництва виробу	Літ.	Арк.	Архів			
Розроб.		Тимченко									
Перевір.		Рязанцев									
Реценз.											
Н. контр.		Нечаєв									
Зав. каф.		Рязанцев									
						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м					

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталей

Марка сталі	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %
35ХМ	0,32÷0,4	0,17÷0,37	0,4÷0,7	0÷0,035	0÷0,035	0,8÷1,1
35ХМЛ	0,32÷0,4	0,17÷0,37	0,4÷0,7	0÷0,035	0÷0,035	0,8÷1,1
40Х	0,36÷0,44	0,17÷0,37	0,5÷0,8	0÷0,035	0÷0,035	0,8÷1,1

Таблиця 3.2 – Механічні властивості сталей

Марка сталі	σ_t , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	δ_5 , %	ψ , %	a_n , Дж/м ²	Твердість НВ
35ХМ	540	835	12	35	44	220÷252
35ХМЛ	550	830	12	25	44	220÷252
40Х	540	830	11	35	44	220÷252

При виготовленні деталі корпус необхідно виконати гартування та відпуск для забезпечення необхідної твердості поверхневого шару НВ 223÷262. Гартування підвищує твердість поверхневого шару, а відпуск врівноважує залишкові навантаження після лиття в середині матеріалу.

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Основною базою деталі є поверхня 10, вона служить для приєднання деталі до фланцю вихідного ґрунтового насосу, її шорсткість відповідає Ra 1,6 мкм.

Поверхня 1 – це торець, є упорною базою і служить для упору в торець підвіски НКТ, її шорсткість Ra 6,3 мкм.

Поверхні 26, 25, 24, 23 служать для установки гвинта з гайкою і манжетною, їх шорсткість відповідає Ra 3,2÷0,8 мкм.

Поверхні 14, 15, 32 і 22 служать для фіксації кріпильних виробів.

Поверхні 2, 3, 5 та 6 є вільними і не відіграють ролі в роботі вузла, їх шорсткість Ra 12,5 мкм.

Поверхня 10 в роботі взаємодіє з кільцем пакера, тому повинна мати шорсткість Ra 1,6 мкм.

Поверхні 2, 7 і 9 спряжені, їх шорсткість Ra 3,2 мкм, вони призначені для установки зворотного клапана та захисного кільця.

Поверхні 31, 17, 33 є канавками, що служать для установки ущільнень, їх шорсткість Ra 0,8 мкм.

Визначаємо взаємозв'язок показників точності за для поверхні Ø52Н9 за умовою:

$$T_1 > T_2 > T_3,$$

де T_1 – допуск на розмір;

T_2 – допуск на геометрію (відносне відхилення розташування поверхонь),

T_3 – допуск на мікрогеометрію (шорсткість поверхні).

$$T_1 = 0,12 \text{ мм}; \quad T_2 = 0,8 \text{ мм}; \quad T_3 = 1,6 \text{ мм}.$$

$$0,12 > 0,8 > 1,6.$$

Умова взаємозв'язку показників точності поверхні виконується.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Аналіз якості поверхонь деталі

№ поверхні	Номинальний розмір, мм	Квалітет ІТ	Допуск Т, мкм	Шорсткість Ra	Відхилення форми та розташування поверхні				
1	2	3	4	5	6				
1	660	12	0,8	6,3	<table><tr><td></td><td>0,2</td><td></td></tr></table>		0,2		
	0,2								
2	ø300	14	1,3	12,5					
3	95	14	0,87	12,5					
4	ø480	14	1,55	12,5					
5	ø178H7	8	0,01	1,6	База К				
6	ø178,25	14	1,0	12,5					
7	ø165	12	0,4	6,3					
8	ø155	14	1,0	12,5					
9	ø171H11	10	0,16	3,2					
10	ø230H9	8	0,115	1,6	<table><tr><td></td><td>0,2</td><td></td></tr></table>		0,2		
	0,2								
11	660	12	0,8	6,3	<table><tr><td></td><td>0,2</td><td></td></tr></table>		0,2		
	0,2								
12	ø430	14	1,55	12,5					
13	ø655	14	2,0	12,5					
14	12 отв. ø42	14	0,62	12,5	<table><tr><td>+</td><td>Ø0,8</td><td>К</td></tr></table>	+	Ø0,8	К	
+	Ø0,8	К							
15	16 отв. ø48	14	0,62	12,5	<table><tr><td>+</td><td>Ø0,8</td><td>К</td></tr></table>	+	Ø0,8	К	
+	Ø0,8	К							
16	14,3 ^{+0,4}	12	0,01	6,3					
17	23°±15′	6	0,01	0,8	<table><tr><td>/</td><td>0,1</td><td>К</td></tr></table>	/	0,1	К	
/	0,1	К							
18	430	12	1,55	6,3					
19	322	12	1,4	6,3					
20	2 отв. ø43,7 ^{+0,3}	14	0,3	12,5					
21	Rc 11/2” 28	12	0,3	6,3					
22	16 отв. M20-6H	10	0,08	3,2	<table><tr><td>+</td><td>Ø0,8</td></tr><tr><td>/</td><td>0,1 Б</td></tr></table>	+	Ø0,8	/	0,1 Б
+	Ø0,8								
/	0,1 Б								
23	ø56,5	10	0,12	3,2					
24	12 отв. M56x2-6H	10	0,12	3,2	<table><tr><td>©</td><td>0,02</td><td>Л</td></tr></table>	©	0,02	Л	
©	0,02	Л							
25	12 отв. ø52H9 ^{+0,074}	8	0,074	1,6	База Л				
26	12 отв. ø32H9 ^{+0,062}	6	0,062	0,8	<table><tr><td>©</td><td>0,016</td><td>Л</td></tr></table>	©	0,016	Л	
©	0,016	Л							
27	2 отв. K1/2” (ø21,223)	10	0,052	3,2					
28	2 отв. ø18,25 ^{+0,17}	12	0,21	6,3					
29	2 отв. ø6	12	0,12	6,3					

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
30	$6^{+0,4}$	12	1,0	6,3	
31	$23^{\circ} \pm 15'$	6	0,4	0,8	/ 0,1 К
32	4отв. М3-6Нх6	12	0,1	6,3	
33	$23^{\circ} \pm 15'$	6	0,4	0,8	/ 0,1 К
34	$11,1^{+0,4}$	12	1,0	6,3	
35	$\varnothing 302$	14	1,3	12,5	
36	$\varnothing 302$ $16^{\circ} \pm 30'$	14	1,3	12,5	
37	$\varnothing 352$	14	1,4	12,5	
38	200	14	1,15	12,5	
39	212	14	1,15	12,5	
40	R10	14	0,36	12,5	
41	R10	14	0,36	12,5	
42	R10	14	0,36	12,5	
43	R10	14	0,36	12,5	
44	12	14	0,43	12,5	
45	14	14	0,43	12,5	
46	$\varnothing 15$	14	0,43	12,5	

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь представлена на кресленні чотирма видами, двома розрізами та чотирма виносними елементами, що дає повне уявлення про її форму.

На кресленні проставлені всі лінійні і діаметральні розміри. Деякі з діаметральних розмірів проставлені з квалітетами точності та граничними відхиленнями, також вказана шорсткість та відносне розташування поверхонь. Точність не вказаних розмірів позначена загальним записом на полі креслення і відповідає IT14 квалітету. Не вказана шорсткість поверхонь позначена в правому верхньому куті креслення і відповідає Ra 12,5 мкм.

В правому нижньому куті над штампом з основним написом проставлене значення твердості поверхневого шару деталі 223..262 НВ та можлива заміна матеріалу і вид заготовки, а в штампі вказані матеріал деталі, її маса та масштаб креслення.

Виходячи з усього вище сказаного робимо висновок, що на кресленні міститься вся необхідна інформація для виготовлення даної деталі.

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

3.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь відноситься до 71 класу (код ЄСКД 71235). До нього входять циліндричні деталі типу вал з отворами на торцевих та циліндричних поверхнях. Корпус виготовляється литтям в піськово-глиняні форми, або в кокіль.

Він має мало розвинуті внутрішні та зовнішні циліндричні поверхні за які можливе його закріплення в процесі механічної обробки на верстатах. Тому для

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

закріплення його на токарній обробці необхідно використовувати трьохкулачковий патрон. Жорсткість корпусу висока так, як співвідношення $\frac{l}{d} = \frac{660}{655} = 1,007$, завдяки чому не потрібні додаткові пристосування для установки на верстаті під час обробки. Деталь має конструкцію, що не заважає підводу і відводу ріжучого інструменту при її обробці та проведенню вимірювання після неї. Для обробки отворів необхідно використовувати координатно-розточувальний верстат, з-за великої їх кількості та складної конфігурації.

В даній деталі нетехнологічними є торцеві канавки та отвори складної конфігурації. Для їх отримання необхідно використовувати спеціальне верстатне оснащення та інструмент.

Виходячи з усього вище сказаного робимо висновок, що деталь взагалі є технологічною за винятком торцевих канавок та отворів.

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу [22]:

- лиття в пісчано-глиняні форми: $K_{и.м.} = \frac{Q_d}{Q_3} = \frac{460}{520} = 0,88;$

- лиття в кокіль: $K_{и.м.} = \frac{Q_d}{Q_3} = \frac{460}{490} = 0,94.$

Визначаємо середню шорсткість:

$$Ra_{ср.} = \frac{\sum Ra \cdot n}{N} = \frac{0,8 \cdot 4 + 1,6 \cdot 3 + 6,3 \cdot 6 + 3,2 \cdot 4 + 12,5 \cdot 16}{33} = 9,15 - \text{це означає, що деталь має низькі вимоги до шорсткості.}$$

Визначаємо середню точність:

$$IT_{ср.} = \frac{\sum IT \cdot n}{N} = \frac{9 \cdot 3 + 11 \cdot 6 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 21}{33} = 12,8 - \text{низькі вимоги до точності.}$$

Визначаємо коефіцієнт уніфікації:

$$K_{ун.} = \frac{n}{N} = \frac{8}{25} = 0,32.$$

Виходячи з розрахунків робимо висновок: так як вирахований коефіцієнт уніфікації $K_{ун.} \leq 0,95$, то всі показники, крім коефіцієнта уніфікації, знаходяться в нормі, а тому деталь загалом є технологічною.

3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

На початку розробки вважається, що виробництво деталі буде середньосерійним і обробка буде виконуватись на технологічній лінії. Після розробки технологічного процесу тип виробництва уточнюється за коефіцієнтом закріплення операцій.

Деталь корпус виготовляється в умовах дрібно серійного типу виробництва (коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.} = 22,5$). Об'єм випуску складає 750 штук/рік.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

3.1.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу
Деталь відносять до діючого типового, групового чи одиничного ТП на основі сформованого технологічного коду, на основі класифікатора ЕСКД (класи 71-76).

Складання повного конструкторсько – технологічного коду
Повний конструкторський код деталі обійма зубчата – 731 :

- клас 730000: деталі – не тіла обертання;
- підклас 731000: деталі – корпусні без поверхні роз'єму;
- група 731 00:
- підгрупа 721560: обійми зубчатих муфт;
- вид 731 :

За базовий технологічний процес використаємо заводський, що приведений у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Виробничий технологічний процес

№ операції	1 Назва операції 2 Верстат 3 Зміст переходів технологічної операції
1	2
005	1 Горизонтально-розточувальна 2 Горизонтально-розточувальний W100 3 Свердління центрувальних отворів
010	1 Токарна чорнова 2 Токарно-гвинторізний 1М65 3 Обробка торцевих та циліндричних поверхонь чорнова
015	1 Токарна напівчистова 2 Токарно-гвинторізний 1М65 3 Обробка торцевих та циліндричних поверхонь напівчистова
020	1 Термообробка (гартування та відпуск)
025	1 Токарна чистова 2 Токарно-гвинторізний 1М65 3 Обробка торцевих та циліндричних поверхонь начисто
030	1 Горизонтально-розточувальна 2 Горизонтально-розточувальний W100 3 Фрезерування поверхні
035	1 Горизонтально-розточувальна 2 Горизонтально-розточувальний W100 3 Обробка отворів
040	Контроль акустичний (ультразвуковий)
045	Технічний контроль

3.1.5.3 Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення діючого ТП
Для вдосконалення технологічного процесу за мету були поставлені наступні задачі:

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

1. Зменшення T_0 за рахунок використання сучасного інструменту з твердосплавними пластинами, які мають багатошарові покриття та застосування підвищених режимів різання в результаті цього;

2. Заміна заготовки виготовленої з прокату, яка кується в підкладні кільця на литу заготовку, що зменшує припуски на обробку та собівартість заготовки.

3. Заміна деяких верстатів на верстат з ЧПК.

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Головним у виборі заготовки є забезпечення заданого рівня якості готової деталі при її мінімальній собівартості. Собівартість деталі визначається сумою собівартості заготовки по калькуляції заготівельного цеху і собівартості її наступної обробки до досягнення заданих вимог якості згідно креслення.

На попередньому етапі вибору оптимального способу одержання заготовки можна користуватися так званою матрицею впливу факторів (табл. 3.5). Аналізуючи ступінь впливу основних факторів, які визначають вибір виду заготовки і технології її виготовлення для даної деталі, вибираємо один технологічний процес, що забезпечує одержання заготовки необхідної якості. Кращим вважається спосіб, який набрав більше число плюсів.

Таблиця 3.5 – Матриця впливу факторів.

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори				сума
	Форма і розміри заготовки	Необхідна точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма	
лиття в піщані форми	+	+	+	+	4
відцентрове лиття	–	+	+	+	3
ковка	–	–	–	+	1
штамповка на ГKM	+	–	–	+	2

З таблиці 3.5 видно, що лиття в піщані форми і лиття відцентрове є рівноцінними методами одержання заготовки даної деталі, так як вони забезпечують одержання заготовки, максимально наближеної за своїми конструктивними елементами до готової деталі. Тому для вибраних способів одержання заготовки необхідно визначити основні техніко – економічні показники, і вже на базі їх аналізу вибрати найбільш раціональний варіант.

Приведені витрати по деталі, грн.

$$З = A + Z_0 + E_n \cdot Z_k + O_z, \quad (3.1)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності (0,15).

Вартість заготовки, грн.;

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{оп} - (Q - q) \cdot Ц \quad (3.2)$$

де M – маса заготовки, кг;

C – вихідна оптова ціна 1 кг заготовки, грн.;

$K_n = 0,86$ – коефіцієнт, який враховує масу заготовки;

$K_c = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує групу складності заготовки;

$K_{оп} = 1,15$ – коефіцієнт, який враховує групу серійності;

q – чиста маса деталі, кг;

$Ц$ – ціна 1 т відходів, грн.

$З_о$ – зарплата по операціям механічної обробки, які відрізняються, грн.:

$$З_о = T_{шк} \cdot C_p \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 / 60, \quad (3.3)$$

де $T_{шк}$ – норма штучно-калькуляційного часу на операцію, яка відрізняється,

C_p – часова тарифна ставка розряду роботи, грн.,

$K_1; K_2; K_3; K_4$ – коефіцієнти, що враховуються відповідно:

K_1 – преміальні доплати верстатників (1,4),

K_2 – додаткова зарплата (1,08),

K_3 – відрахування на соціальне страхування (1,14),

K_4 – зарплату наладчиків верстатів (1,4).

Підставив значення коефіцієнтів в вираз 3.3, одержимо

$$З_о = 2,4 \cdot T_{шк} \cdot C_p / 60 \quad (3.4)$$

де O_z – поточні затрати по експлуатації верстата,

$$O_z = C_p \cdot T_{шк} / 60 \cdot K_6 \quad (3.5)$$

де C_p – годинні поточні затрати по експлуатації верстата, грн.

K_6 – коефіцієнт виконання норм (1,17).

З урахуванням коефіцієнтів формула 3.5 прийме вигляд:

$$O_z = T_{шк} \cdot C_1 / 70 \quad (3.6)$$

де $З_k$ – питомі капітальні затрати на операцію, грн.

$$З_k = (B + K_u) \cdot T_{шк} / 60 \cdot \Phi \cdot \eta_{см} \quad (3.7)$$

B – балансова вартість верстата, грн.

K_u – вартість площі цеху, грн.

$$K_u = П \cdot \varphi \cdot \gamma \quad (3.8)$$

$П$ – вартість 1 м^2 площі механічного цеху, грн.,

φ – габаритні розміри верстата (довжина x ширину), м^2 ,

γ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу,

Φ – річний фонд часу роботи верстата, год,

$\eta_{св}$ – коефіцієнт використання верстата.

$$\eta_{св} = T_{шк} \cdot B / 60 \cdot \Phi \cdot K_в \cdot m = T_{шк} \cdot B / 70 \cdot \Phi \cdot m \quad (3.9)$$

B – річна програма випуску деталей, шт.

m – кількість верстатів, зайнятих на одній операції.

Розраховуємо для відцентрового лиття затрати на заготовки, грн.:

$$З = 23269,74 + 6,5 + 0,15 \cdot 32,6 + 8,7 = 23289,83 \text{ грн}$$

Вартість вилівка:

$$A_1 = 560 \cdot 42,90 \cdot 0,86 \cdot 1,0 \cdot 1,15 - (560 - 460) \cdot 4,90 = 23269,74 \text{ грн.}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Зарплата по механічним операціям механічної обробки, які відрізняються:

$$З_0 = \frac{2,4 \cdot 57 \cdot 2,85}{60} = 6,5 \text{ грн.}$$

Питомі капітальні затрати на операцію:

$$З_к = \frac{(120000 + 2485) \cdot 57}{60 \cdot 4015 \cdot 0,89} = 32,6 \text{ грн.}$$

Поточні затрати на експлуатацію верстата:

$$О_3 = \frac{57 \cdot 10,7}{60 \cdot 1,17} = 8,7 \text{ грн.}$$

Розраховуємо для лиття в піщані форми затрати на заготовки, грн.:

$$З = 20642,77 + 7,75 + 0,15 \cdot 38,85 + 10,4 = 20666,75 \text{ грн.}$$

Вартість відливки:

$$A = 490 \cdot 42,90 \cdot 0,86 \cdot 1,0 \cdot 1,15 - (490 - 460) \cdot 4,90 = 20642,77 \text{ грн}$$

Зарплата по механічним операціям механічної обробки, які відрізняються:

$$З_0 = \frac{2,4 \cdot 68 \cdot 2,85}{60} = 7,75 \text{ грн.}$$

Питомі капітальні затрати на операцію:

$$З_к = \frac{(120000 + 2485) \cdot 68}{60 \cdot 4015 \cdot 0,89} = 38,85 \text{ грн.}$$

Поточні затрати на експлуатацію верстата:

$$О_3 = \frac{68 \cdot 10,7}{70} = 10,4 \text{ грн.}$$

З розрахунків бачимо, що вартість заготовки отриманої литтям в піщані форми менша ніж в відцентрові, тому вигідним є виготовлення деталі литтям в піщані форми.

3.2.2 Проектування заготовок

За результатами аналізу матриці впливу факторів та техніко – економічним розрахункам приймаємо лиття в піщані форми. Цей метод широко використовується в машинобудуванні при серійному типі виробництва. В піщаних формах можливо отримати відливки самої складної конфігурації та різної маси від декількох грамів до сотень тон. Недоліком цього методу є низька точність та високі параметри шорсткості.

Для відливки з легованої сталі в піщаних формах мінімальна товщина стінки буде 8мм, група складності 2, клас точності 9т. Отримати внутрішню порожнину вилівка можливо при використанні стержня. Щоб зменшити дефекти лиття відливу розміщуємо в нижній половині форми. В результаті того, що заготовка отримується литтям в піщані форми шорсткість її поверхонь буде Rz 160 мкм, що приблизно дорівнює Ra 25 мкм, а точність розмірів по IT14.

Припуски на поверхні заносимо до таблиці 3.6.

Формувальні ухили призначаються на вертикальних стінках відливки для легкого видалення моделі з форми та стержня з стержневого ящика. У відповідності отриманою висотою уступів приймаємо формувальні ухили $3^\circ 49'$. З урахуванням вимог креслення деталі, для всіх сполучень встановлюємо радіус округлення – 5мм.

Для покращення структури матеріалу вилівка призначаємо термообробку – нормалізацію.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6 – Припуски на поверхні заготовки

№ з/п	Розмір деталі, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір заготовки, мм
1	660 _{-0,8}	4,2x2	3,2	0,4x2	669,2 _{-3,2}
2	Ø480 _{-1,55}	3,6x2	2,8	0,3x2	Ø487,8 _{-2,8}
3	Ø655 _{-2,0}	4,2x2	3,2	0,4x2	Ø664,2 _{-3,2}
4	Ø155 _{+1,0}	2,8x2	2,0	0,2x2	Ø149,2 _{+2,0}
5	130	2,8	2,0	0,2	133 _{-2,0}
6	90	2,0	0,85	0,2	88 _{-0,85}
7	Ø230H9 ^(+0,115)	5,0x2	1,15	0,25x2	Ø219 _{+1,15}

3.2.3 Вибір і обґрунтування баз

За своїм призначенням і області використання в машинобудуванні бази підрозділяються на конструкторські, вимірювальні та технологічні, які використовуються при зборці чи при механічній обробці.

Основною конструкторською базою для корпусу, яка визначає його положення в вузлі є внутрішня циліндрична поверхня, а упорною базою є торець.

Вимірювальними базами називають поверхні, від яких відбувається заміри розмірів та контроль положення поверхонь. Для даної деталі вимірювальними базами є торець.

Для деталі корпус приймаємо схему базування (рис. 3.2). В даному випадку він встановлюється в чотирьохкулачковому патроні.

Це дозволяє лишити його п'яти ступенів вільності, що є достатньою умовою для надійного закріплення.

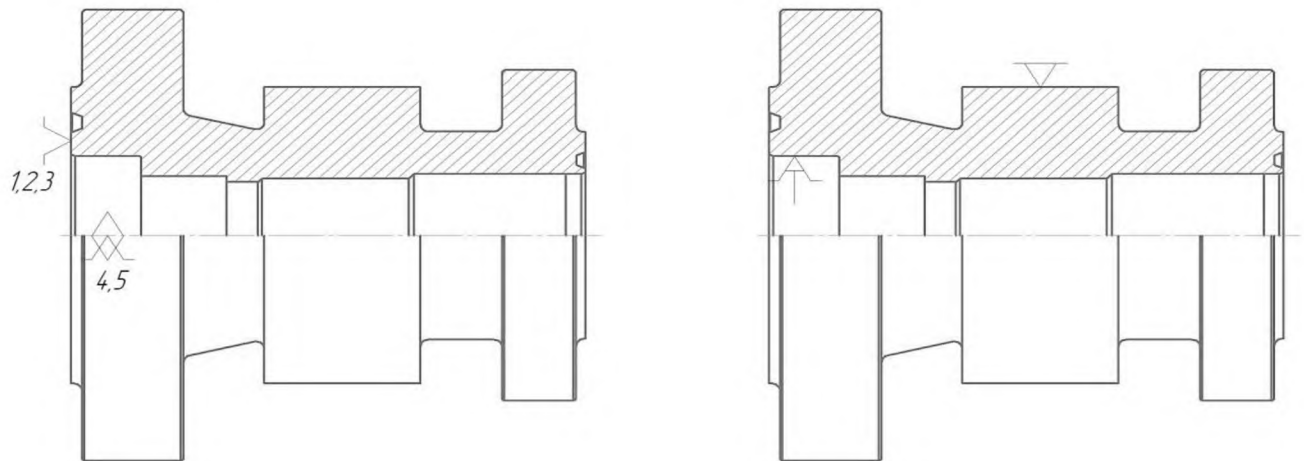


Рисунок 3.2 – Схема базування корпусу на токарних операціях: теоретична та умовна

Для свердління отворів деталь ставимо на стіл свердлильного верстату в чотирьохкулачковому патроні. Схема базування приведена на рисунку 3.3.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

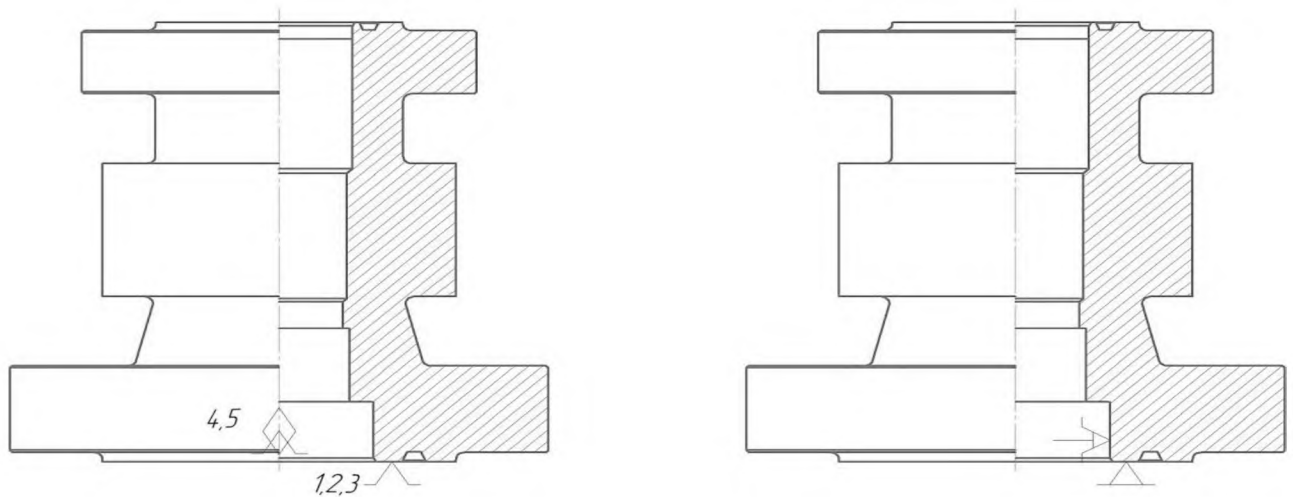


Рисунок 3.3 – Схема базування корпусу на свердлильному верстаті: теоретична та умовна (Установ А)

На установ Б свердлильної операції деталь базуємо аналогічно до Установу А. Схема базування приведена на рисунку 3.4.

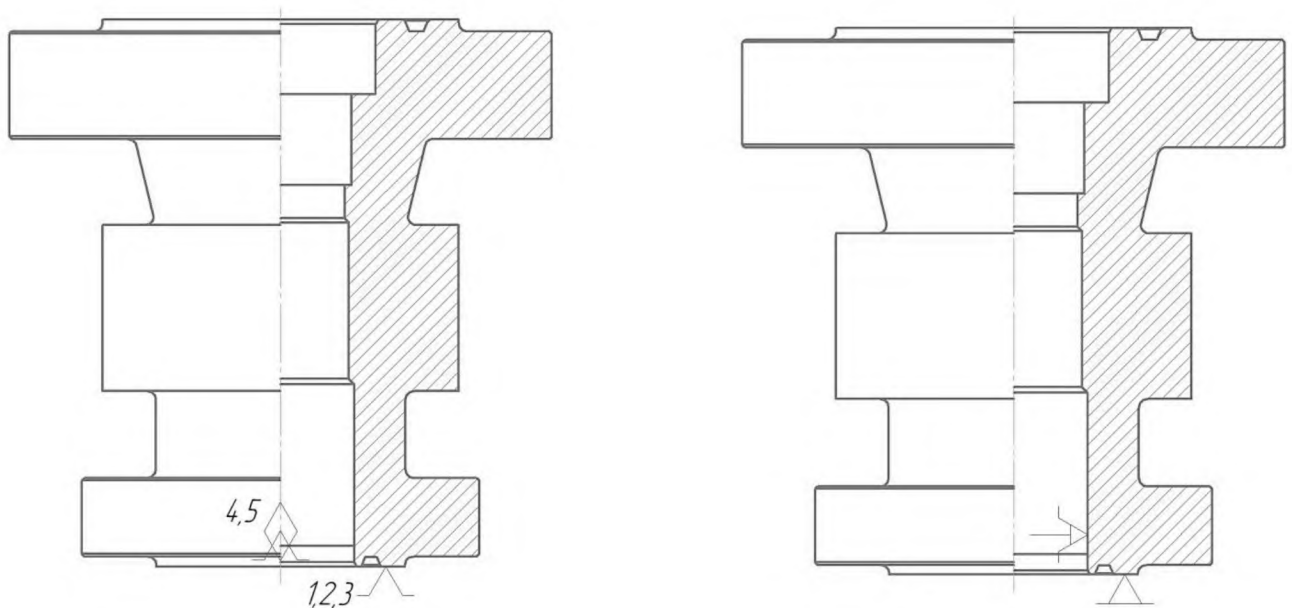


Рисунок 3.4 – Схема базування корпусу на свердлильному верстаті: теоретична та умовна (Установ Б)

3.2.4 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Розроблюємо послідовність обробки деталі і дані заносимо до таблиці 3.7.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір, мм	Найменування переходів	Шорсткість Ra, мкм	Точність IT	Допуск T, мм
1	2	3	4	5
1, 11 660 _{-0,8}	Заготовка Точіння: чорнове чистове	25 12,5 6,3	15 14 12	3,2 2 0,8
2 ø300	Точіння: чорнове	12,5	14	1,3
3 95	Точіння: чорнове	12,5	14	0,87
4 ø480	Точіння: чорнове	12,5	14	1,55
5 ø178H7	Точіння: чорнове напівчистове чистове	12,5 3,2 1,6	14 10 8	1,0 0,16 0,01
6 ø178,25	Точіння: чорнове	12,5	14	1,0
7 ø165	Точіння: чорнове чистове	12,5 6,3	14 12	1,0 0,4
8 ø155	Точіння: чорнове	12,5	14	1,0
9 ø171H11	Точіння: чистове	3,2	10	0,16
10 ø230H9	Точіння: напівчистове чистове	3,2 1,6	10 8	0,185 0,115
12 ø430	Точіння: чорнове	12,5	14	1,55
13 ø655	Точіння: чорнове	12,5	14	2,0
14 12 отв. ø42	Свердління	12,5	14	0,62
15 16 отв. ø48	Свердління	12,5	14	0,62
16,17 23°±15'14,3 ^{+0,4}	Точіння: напівчистове чистове тонке	6,3 1,6 0,8	12 8 6	0,43 0,07 0,01

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5
18 430	Фрезерування чорнове	12,5	14	1,55
19 322	Фрезерування чорнове	12,5	14	1,4
20 2 отв. $\varnothing 43,7^{+0,3}$	Свердління Розточування	12,5 6,3	14 12	0,62 0,3
21 Rc 11/2" 28	Нарізання різьби	6,3	12	0,3
22 16 отв. M20-6H	Свердління Розсвердлювання Різьбонарізання	12,5 6,3 3,2	14 12 10	0,52 0,21 0,08
23 $\varnothing 56,5$	Свердління Розсвердлюван	12,5 3,2	14 10	0,76 0,12
24 12 отв. M56x2-6H	Свердління Розточування: чорнове чистове різьбонарізання	12,5 6,3 3,2 3,2	14 12 10 10	0,74 0,3 0,12 0,12
25 12 отв. $\varnothing 52H9+0,074$	Свердління Розточування: чорнове чистове	12,5 6,3 3,2	14 12 9	0,74 0,3 0,074
26 12 отв. $\varnothing 32H9^{+0,062}$	Свердління Розточування: чорнове чистове тонке	12,5 6,3 1,6 0,8	14 12 9 6	0,62 0,25 0,10 0,062
27 2 отв. K1/2"	Свердління Розсвердлювання Різьбонарізання	12,5 6,3 3,2	14 12 10	0,52 0,21 0,052
28 2 отв. $\varnothing 18,25^{+0,17}$	Свердління Розсвердлюван	12,5 6,3	12 12	0,52 0,21
29 2 отв. $\varnothing 6$	Свердління	6,3	12	0,12
30,31 $23^{\circ} \pm 15' 6^{+0,4}$	Точіння: напівчистове чистове тонке	6,3 1,6 0,8	12 10 6	0,7 0,4 0,4
32 4 отв. M3-6Hx6	Свердління	6,3	12	0,1

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5
33,34 $23^{\circ} \pm 15' 11,1^{+0,4}$	Точіння: напівчистове чистове тонке	6,3 1,6 0,8	12 10 6	0,7 0,4 0,4
35 $\varnothing 302$	Точіння: чорнове	12,5	14	1,3
36 $\varnothing 302 \quad 16^{\circ} \pm 30'$	Точіння: чорнове	12,5	14	1,3
37 130	Точіння: чорнове	12,5	14	1,0
38 200	Точіння: чорнове	12,5	14	1,15
39 212	Точіння: чорнове	12,5	14	1,15
40 R10	Точіння: чорнове	12,5	14	0,36
41 R10	Точіння: чорнове	12,5	14	0,36
42 R10	Точіння: чорнове	12,5	14	0,36
43 R10	Точіння: чорнове	12,5	14	0,36
44 R10	Точіння: чорнове	12,5	14	0,43
45 R10	Точіння: чорнове	12,5	14	0,43
46 $\varnothing 15$	Свердління	12,5	14	0,43

3.2.5 Розробка маршруту обробки деталі

Визначаємо маршрут обробки деталі корпус та заносимо його до табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Маршрут обробки деталі «Корпус»

№ опер.	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базуючої поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Контрольна	—	—	Стіл ОТК
010	Токарна	Установ А 1,2,3,5,6,7,8,33,34,3 9,40, 44	13, 18	Токарний верстат з ЧПК Okuma LB45III

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5
010	Токарна	Установ Б 9,10,11,12,13,16, 17,36, 37,38,45	4,18	Токарний верстат з ЧПК Okuma LB45III
015	Термообробка	—	—	—
020	Токарна	Установ А 1,2,3,5,6,7,8,33,34,39, 40, 44 Установ Б 9,10,11,12,13,16, 17, 36, 37,38,45	13,18 4,18	Токарний верстат з ЧПК Okuma LB45III
025	Фрезерна	Установ А 18,19	12,10	Вертикальний обробний центр SINO VMC1270
030	Свердлильна	Установ А 14,20,21,22,23,24,25, 26, 30,31, Установ Б 15,27,28,29,32,46	12,10 2,5	Вертикальний обробний центр SINO VMC1270
035	Контроль акустичний (ультразвуковий)		—	—
040	Контрольна	—	—	Стіл ОТК

3.2.6 Розробка технологічної операції

Для всіх операції вибираємо модель верстатного устаткування і необхідний ріжучий інструмент і заносимо дані у таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Розробка технологічних операцій

№ оп.	1.Назва операції 2.Верстат 3.Зміст переходів технологічної операції	Верстатне пристосування	Інструмент (різальний, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005	1.Технічний контроль	Стіл ОТК	
010	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний верстат з ЧПК Okuma LB45III 3. Точіння зовнішньої, внутрішньої циліндричних поверхонь та підрізка торців, канавок начорно	Патрон трьох- кулачковий Okuma	Різець SECO PWLNL2525M08; пластина WNMG080412- M5, матеріал – TP2500 Штангенциркуль ШЦ-II-125-0,05 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Кутомір тип 3-10 ДСТУ ГОСТ 5378:2008

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.9

1	2	3	4
015	Термообробка (гартування та відпуск)	—	—
020	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний верстат з ЧПК Okuma LB45III 3.Точіння зовнішньої, внутрішньої циліндричних поверхонь, канавок та підрізка торців начисто	Патрон трьох-кулачковий Okuma	Різець SECO SCLCR2020K09; пластина CCMT09304-F1, матеріал – TP0501 Штангенциркуль ШЦ-II-125-0,05 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Нутромір НІ 100-160-2 ДСТУ ГОСТ 868:2009
025	1.Фрезерна 2. Вертикальний обробний центр SINO VMC1270 3.Фрезерування лисок	Патрон чотирьох-кулачковий SINO	Фреза F90 D125-40 пласт. NTP43R
030	1. Свердлильна з ЧПК 2. Вертикальний обробний центр SINO VMC1270 3.Свердління, розточування отворів, нарізання різьби	Патрон чотирьох-кулачковий SINO	Оправка 6220-0194 ГОСТ 13041-83 Свердло SCD 100-049-100 AG5 Свердло SCD 200-077-200 AG5 Розт. головка BHF MB 32-32X63; MB 20-20X40 Мітчик 2680-0023 ДСТУ ГОСТ 6227:2018 Різець GHIR 40 C-612 Мітчик SECO MTP-M3X0.50ISO6HX-TB-P003; MTP-M20X2.50ISO6HX-TB-P003 Мітчик 2680-0008 ДСТУ ГОСТ 6227:2018 Штангенциркуль ШЦ-II-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Пробка 8276-0123, 8225-0135 ДСТУ ГОСТ 18926:2018
035	Контроль акустичний (ультразвуковий)	—	—
040	Контрольна	—	—

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ операції	Назва операції, зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції
1	2	3
005	Контрольна	
010	Токарна з ЧПК: Установ А 1. Встановити, закріпити, зняти 2. Підрізати торець в розмір 1 3. Точити поверхню в розмір 2 4. Підрізати торець в розмір 3 5. Точити поверхню в розмір 4 6. Точити радіус в розмір 5 7. Точити фаску в розмір 6 8. Підрізати торець в розмір 7 9. Точити фаску в розмір 8 10. Підрізати торець в розмір 9 10. Розточити поверхню в розмір 10 11. Розточити поверхню в розмір 11 12. Підрізати торець в розмір 12 13. Точити фаску в розмір 13 14. Розточити поверхню в розмір 14 15. Підрізати торець в р-р 15 16.Точити радіус в розмір 16 17.Точити канавку під елемент А попередньо	Установ А

Продовження таблиці 3.10

1	2	3
010	Установ Б 18. Встановити, закріпити, зняти 19. Підрізати торець в розмір 17 20. Точити поверхню в розмір 18 21. Підрізати торець в розмір 19 22. Точити поверхню в розмір 20 23. Точити фаску в розмір 21 24. Підрізати торець в розмір 22 25. Точити фаску в р-р 23 26. Точити поверхню в розмір 24 27. Точити торець в розмір 25 28. Точити радіус в розмір 26 29. Розточити поверхню в розмір 27 30. Підрізати торець в розмір 28 31. Розточити поверхню в розмір 29 32. Підрізати торець в розмір 30 33. Точити канавку під елемент Б попередньо	Установ Б
015	Термообробка	—

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.10

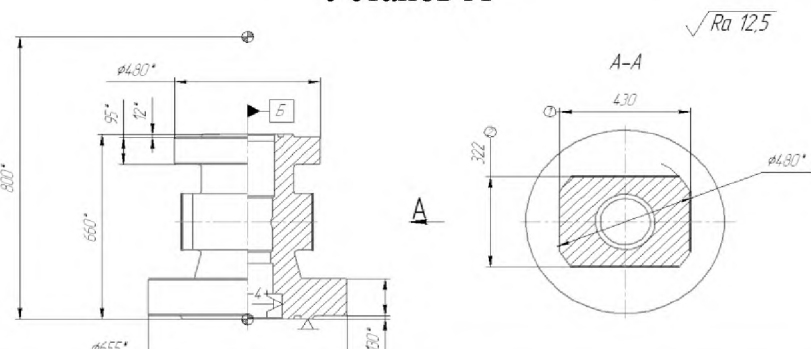
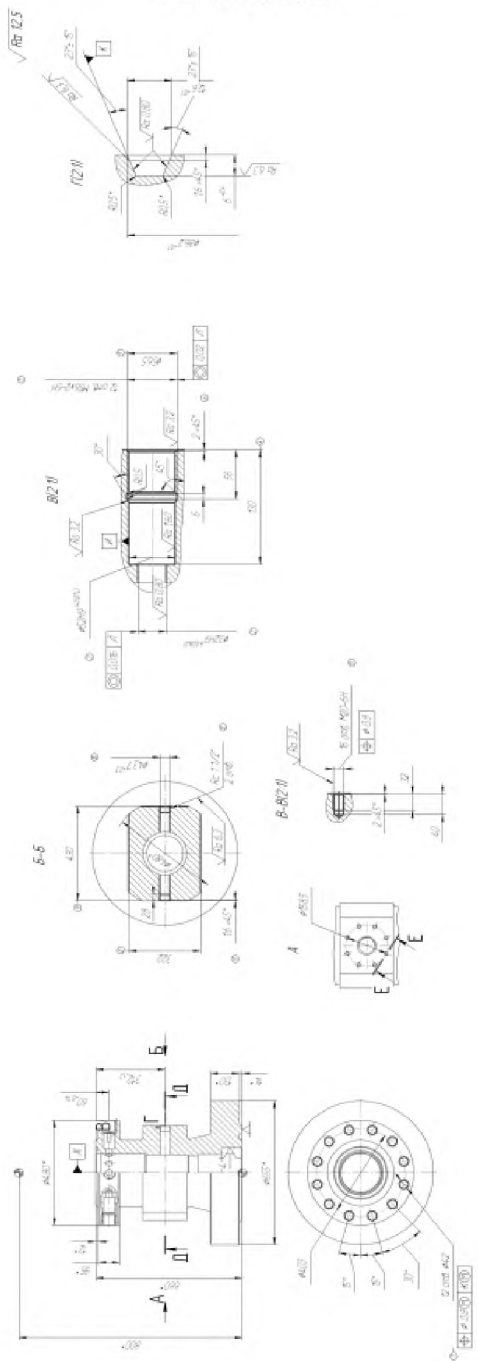
1	2	3
020	Токарна з ЧПК: Установ А 1. Встановити, закріпити, зняти 2. Розточити поверхню в розмір 1 3. Підрізати торець в розмір 2 4. Розточити фаску в розмір 3 5. Розточити поверхню в розмір 4 6. Підрізати торець в розмір 5 7. Розточити фаску витримуючи розмір 6 8. Точити канавку елемент В	Установ А
	Установ Б 9. Встановити, закріпити, зняти 10. Розточити поверхню в розмір 7 11. Підрізати торець в розмір 8 12. Розточити поверхню в розмір 9 13. Підрізати торець в розмір 10 14. Розточити фаску в розмір 11 15. Точити канавку елемент Г	Установ Б

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.10

1	2	3
025	Фрезерна з ЧПК: Установ А 1.Фрезерувати поверхні в розмір 1, 2	Установ А 
030	Свердлильна з ЧПК: Установ А 1. Встановити, закріпити, зняти 2. Свердли та розточити отвори в розмір 1 3. Свердли 2 отвори під поверхні вид Г 4. Розточити поверхню в розмір 2 5. Розточити поверхню в розмір 3 6. Підрізати торець в розмір 4 7. Точити поверхню під різьбу M56x2-6H 8. Розточити канавку в розмір 5 9. Розточити фаску в розмір 6 10. Нарізати різьбу M56x2-6H 11. Свердли та розточити отвір в розмір 10 12. Точити фаску в розмір 11 13. Розточити 2 отв. в розмір 12 14. Свердли отвір та нарізати різьбу M20- 6H	Установ А 

КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГПВВ

Арк.

Змн. Арк. № док. Підпис Дата

Продовження таблиці 3.10

030	Установ Б 15. Встановити, закріпити, зняти 16. Свердлили отвори під отвори Ø48 17. Розточити отвори в розмір 13 18.Свердлили отвори під отвори Ø18,25 19. Розсвердлили отвори в розмір 14 20. Нарізати різьбу в р- р 15 21. Свердлили отвори в розмір 16 22.Свердлили отвори під різьбу МЗ-6Нх6-10 23.Нарізати різьбу в розмір 17	
035	Контроль акустичний (ультразвуковий)	-
040	Контрольна	-

3.2.7 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.2.7.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню

Для розрахунку припусків вибираємо внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 230H9^{(+0,115)}$ мм. Розрахунок ведемо аналітичним методом.

Послідовність обробки заносимо в графу 1 таблиці 3.11. В графу 9 заносимо величини допусків.

Розрахунок відхилень розташування поверхонь:

Величину відхилень Δ_{Σ} для литої заготовки:

					КМУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_y^2} = \sqrt{16^2 + 300^2} = 300 \text{ мкм}, \quad (3.10)$$

де $\Delta_{\Sigma k}$ - загальне відхилення осі від прямолінійності;

$$\Delta_{\Sigma k} = \Delta_k l_k = 3 \cdot 34 = 102 \text{ мкм}, \quad (3.11)$$

де l_k - довжина циліндричної поверхні,

Δ_k - питома кривизна, мкм на 1 мм довжини, $\Delta_k = 3$ мкм/мм.

Δ_y - перекис вісі отвору заготовлі в результаті погрішності центрування.

Точіння чорнове:

Величину залишкових просторових відхилень Δ_r визначають по рівнянню:

$$\Delta_r = K_y \cdot \Delta_{\Sigma} = 0,06 \cdot 300 = 18 \text{ мкм}, \quad (3.12)$$

де $K_y = 0,06$ - коефіцієнт уточнення.

Точіння напівчистове: $\Delta_r = K_y \cdot \Delta_{\Sigma} = 0,05 \cdot 18 = 0,9$ мкм, приймаємо $\Delta_r = 1$ мкм

Точіння чистове: $\Delta_r = K_y \cdot \Delta_{\Sigma} = 0,03 \cdot 0,9 = 0,027$ мкм, приймаємо $\Delta_r = 0$

Похибка установки заготовки становить: $\varepsilon_1 = 250$ мкм [37, с. 42, табл. 13].

Похибка установки при точінні напівчистовому:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 250 \cdot 0,05 = 12,5 \text{ мкм}. \quad (3.13)$$

Похибки установки при точінні чистовому:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_2 \cdot 0,04 = 12,5 \cdot 0,03 = 0,4 \text{ мкм}, \text{ приймаємо } \varepsilon_3 = 1 \text{ мкм}.$$

Результати розрахунків вносимо в графу 6 таблиці 3.5.

Розрахунок мінімальних припусків на діаметральні розміри для кожного переходу виконують по рівнянню:

$$\text{- точіння чорнове } {}^2Z_{imin} = 2(200 + 200 + 300 + 250) = 1900 \text{ мкм};$$

$$\text{- точіння напівчистове } {}^2Z_{imin} = 2(50 + 60 + 18 + 12,5) = 281 \text{ мкм};$$

$$\text{- точіння чистове } {}^2Z_{imin} = 2(25 + 40 + 0,9 + 1) = 134 \text{ мкм};$$

Розрахункові значення припусків заносимо в графу 7 (таблиця 3.11)

Розрахунок найбільших розрахункових розмірів по технологічних переходах робимо, складаючи значення найменших граничних розмірів, що відповідають попередньому технологічному переходу, з величиною припуску на виконуваний перехід:

$$230 - 0,134 = 229,866 \text{ мм},$$

$$229,866 - 0,281 = 229,585 \text{ мм},$$

$$229,585 - 1,900 = 227,685 \text{ мм},$$

Найменші розрахункові розміри заносимо в графу 8 табл. 3.11. Найменші граничні розміри (округлені) заносимо в графу 11 табл. 3.11.

Найменші граничні розміри по переходах:

$$230 - 0,115 = 229,885 \text{ мм},$$

$$229,866 - 0,185 = 229,68 \text{ мм},$$

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

229,585-1,115=228,47 мм,

227,685-1,6=226,085 мм,

Результати розрахунків вносимо в графу 10 табл. 3.11.

Розрахунок фактичних максимальних і мінімальних припусків по переходах робимо, віднімаючи відповідно значення найбільших і найменших граничних розмірів, що відповідають виконуваному і попередньому технологічним переходам:

Мінімальні припуски:

230-229,866=0,134 мм,

229,866-229,585=0,281 мм,

229,585-227,685=1,9 мм,

Максимальні припуски:

229,885-229,68=0,205 мм,

229,68-228,47=1,21 мм,

228,47-226,085=2,385 мм,

Результати розрахунків вносимо в графу 12 і 13 табл. 3.11.

Розрахунок загальних припусків виконуємо за рівняннями:

- найбільшого припуску:

$$Z_{0\max} = \Sigma Z_{\max} = 2,385 + 1,21 + 0,205 = 3,8 \text{ мм}; \quad (3.14)$$

- найменшого припуску:

$$Z_{0\min} = \Sigma Z_{\min} = 1,9 + 0,281 + 0,134 = 2,315 \text{ мм}. \quad (3.15)$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = 3,8 - 2,315 = 1,486 \text{ мм}; \quad (3.16)$$

$$T_3 - T_d = 1,6 - 0,115 = 1,486 \text{ мм}. \quad (3.17)$$

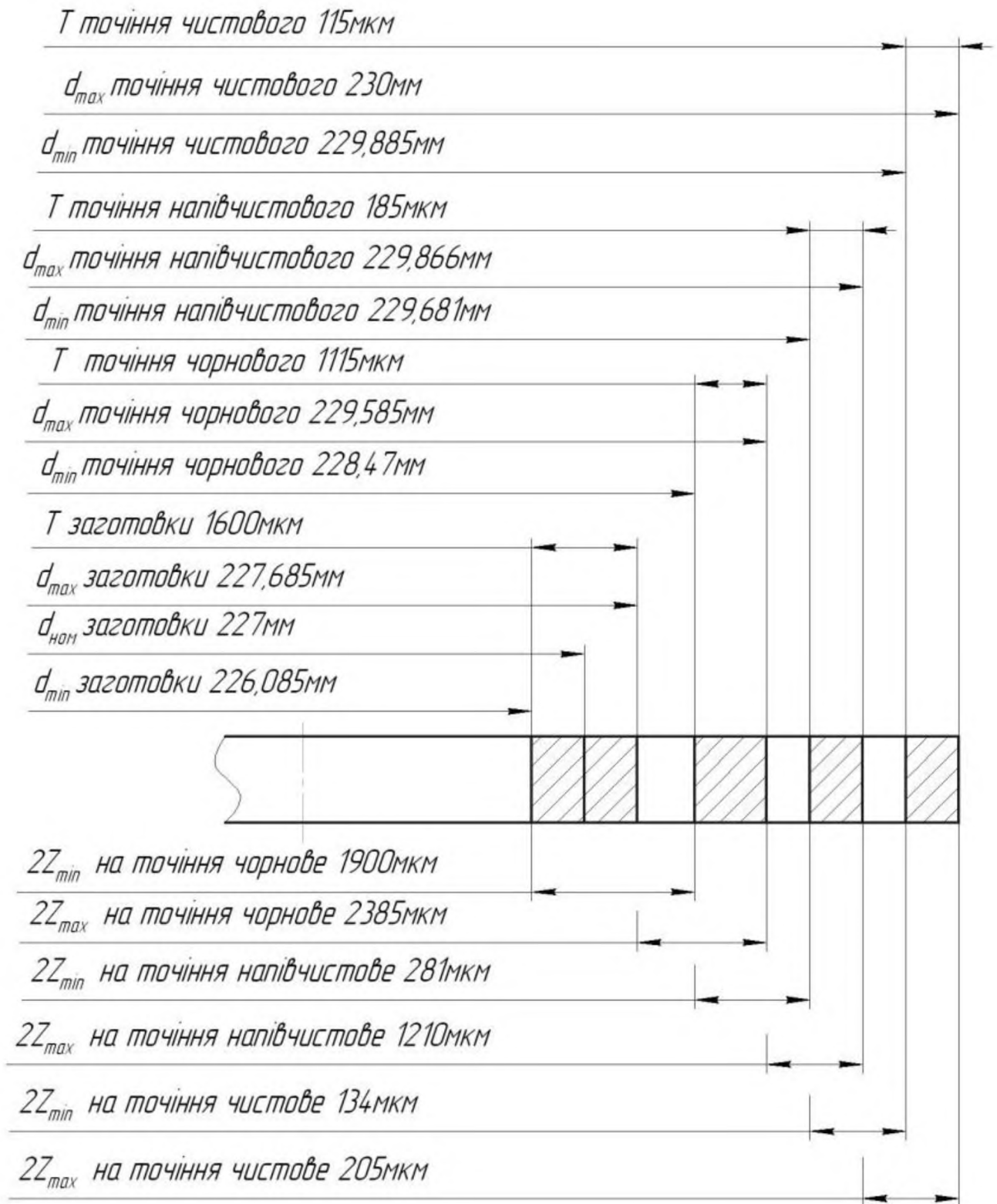
Отже, розрахунки вірні.

Таблиця 3.11 – Результати розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів по технологічним переходам

Маршрут обробки поверхні о230Н9	Квалітет	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконуваний розміри, мкм	Прийняті (округлені) розміри заготовлі по переходах, мкм		Граничний припуск, мкм	
		R _Z	h	Δ _L	ε	Z _i , мкм	Макс. діаметру, мм		найменші	найбільші	Z _{max}	Z _{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Лиття	16	200	200	300	–	–	227,685	1600	226,085	227,685	–	–
Точіння чорнове	14	50	60	18	250	1900	229,585	1115	228,47	229,585	2,385	1,9
Точіння напівчистове	11	25	40	0,9	12,5	281	229,866	185	229,681	229,866	1,21	0,281
Точіння чистове	9	10	20	0	1	134	230	115	229,885	230	0,205	0,134

Схема припусків на обробку зображена на рисунку 3.5.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ			Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата				

Рисунок 3.5 – Схема припусків на обробку $\varnothing 230H9$

3.2.7.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Проводимо розрахунки міжопераційних лінійних розмірів деталі корпус. Схему технологічного процесу обробки торців деталі зображена на рисунку 3.6. Вихідні дані по розрахунку приведені в таблиці 3.12. Розрахунки приведені у таблиці 3.13.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.12 – Вихідні дані для розрахунку

№ пов.	Послідовність обробки поверхонь	Шорсткість, Ra	Точність		Допуск T		Припуск t		Припуск z_i
			Назн.	Уточн.	Назн.	Уточн.	Назн.	Уточн.	
А	1. Заготовка	R _Z 40	–	–	–	–	–	–	–
	2. Точіння чорнове	12,5	14	14	2,0	2,0	2,0	2,0	Z ₁
	3. Точіння напівчистове	6,3	12	12	0,8	0,8	1,0	1,0	Z ₂
	4. Точіння чорнове	12,5	14	14	2,0	2,0	2,0	2,0	Z ₃
	5. Точіння напівчистове	6,3	12	12	0,8	0,8	1,0	1,0	Z ₄

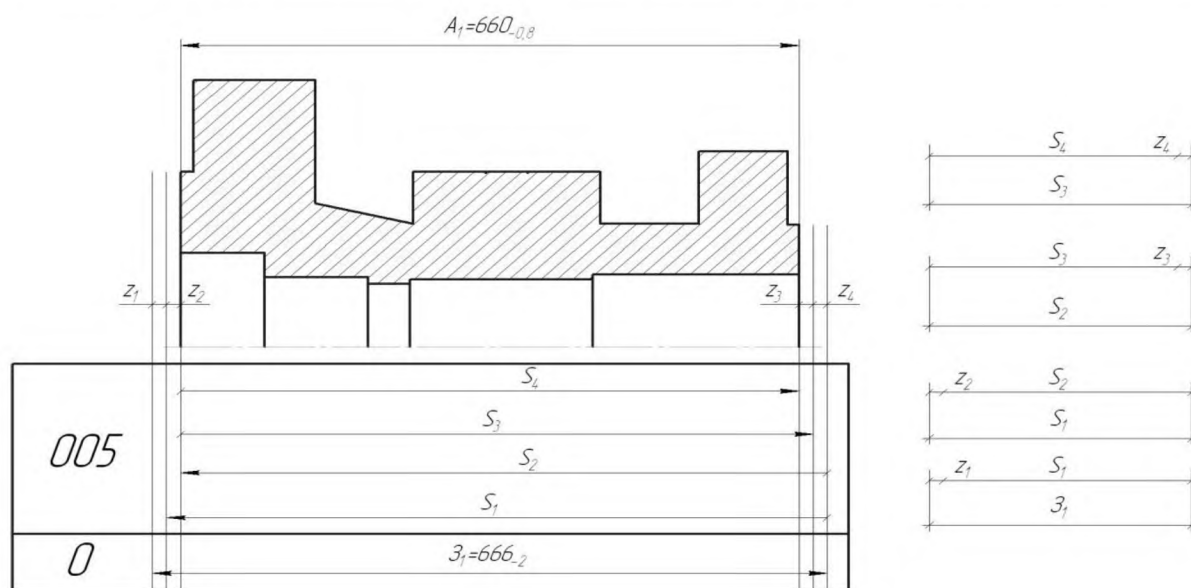


Рисунок 3.6 – Схема технологічного процесу обробки торців корпусу

Таблиця 3.13 – Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів

№	Рівняння розм. ланцюга.	Вихідне значення	Технологічний розмір	Допуск технологічного розміру	Технологічний розмір настроювання	Граничні значення припусків (уточнені)
1	$Z_1 = S_1 + z_1$	$S_1 = 664_{-0,8}$ $Z_1 = 4$	$Z_1 = 664 + 2 = 666$	Заготовка $T = 2,0$	$Z_1 = 666_{-2,0}$	$z_1 = Z_1 - S_1 = 666_{-2,0} - 664_{-0,8} = 2_{-2,0}^{+0,8}$
2	$S_1 = S_2 + Z_2$	$S_2 = 663_{-0,8}$ $Z_2 = 3$	$S_1 = 663 + 1 = 664$	IT12 $T = 0,8$	$S_1 = 664_{-2,0}$	$z_2 = S_2 - S_1 = 664_{-0,8} - 663_{-0,8} = 1_{-0,8}^{+0,8}$
3	$S_2 = S_3 + Z_3$	$S_3 = 661_{-2,0}$ $Z_3 = 4$	$S_2 = 661 + 2 = 663$	IT14 $T = 2,0$	$S_2 = 663_{-0,8}$	$z_4 = S_2 - S_3 = 663_{-0,8} - 661_{-2,0} = 2_{-0,8}^{+2,0}$
4	$S_3 = S_4 + Z_4$	$S_4 = 660_{-0,8}$ $Z_4 = 3$	$S_3 = 660 + 1 = 661$	IT12 $T = 0,8$	$S_3 = 661_{-2,0}$	$z_4 = S_3 - S_4 = 661_{-0,8} - 660_{-0,8} = 1_{-0,8}^{+0,8}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

3.2.7.3 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Згідно розрахунків, що приведені вище, заповнюємо таблицю 3.14 на всі поверхні.

Таблиця 3.14 – Міжопераційні розміри та припуски на обробку

№ пов.	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм	Припуск, т, мм	Міжопераційний розмір
1	2	3	4	5	6	7
1,11 660 _{-0,8}	Заготовка	Rz40	14	2	4,6	669,2 _{-2,0}
	Точіння:					
	чорнове	12,5	14	2	2,6	664 _{-2,0}
2 ø300	напівчистове	6,3	12	0,8	2	660 _{-0,8}
	Точіння:					
	чорнове	12,5	14	1,3	1,5	ø300 _{-1,3}
3 95	Точіння:					
	чорнове	12,5	14	0,87	2	95 _{-0,87}
	чорнове	12,5	14	0,87	2	95 _{-0,87}
4 ø480	Заготовка	Rz40	14	1,55	3,9	ø487,8 _{-1,55}
	Точіння:					
	чорнове	12,5	14	1,55	3,9	ø480 _{-1,55}
5 ø178H7	Заготовка	Rz40	14	1,0	6,5	ø165 _{-0,1}
	Точіння:					
	Чорнове	12,5	14	1,0	3,5	ø172 ^{+1,0}
	напівчистове	3,2	10	0,1	2	ø176 ^{+0,1}
6 ø178,25	чистове	1,6	8	0,04	1	ø178 ^{+0,04}
	Точіння:					
	Чорнове	12,5	14	1,0	0,25	ø178,25 ^{+0,25}
7 ø165	Заготовка	Rz40	14	1,0	5	ø155 _{-1,0}
	Точіння:					
	Чорнове	12,5	14	1,0	3	ø161 ^{+1,0}
8 ø155	напівчистове	6,3	12	1,0	2	ø165 ^{+1,0}
	Чорнове	12,5	14	1,0	2,9	ø149,2 _{-1,0}
	Чорнове	12,5	14	1,0	2,9	ø155 _{-1,0}
9 ø171H11	Точіння:				9	ø155 _{-1,0}
	Чорнове	12,5	14	1,0	2x4	ø159 _{-1,0}
	напівчистове	6,3	12	1,0	4	ø167 _{-1,0}
10 ø230H9	чистове	3,2	10	0,25	2	ø171 ^{+0,25}
	Заготовка	Rz40	14	1,15	5,5	ø219 _{-1,15}
	Точіння:					
	Чорнове	12,5	14	1,15	3	ø225 ^{+1,15}
	напівчистове	3,2	10	0,29	2	ø229 ^{+0,185}
	чистове	1,6	8	0,115	0,5	ø230 ^{+0,115}

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.14

1	2	3	4	5	6	7
12 ø430	Точіння: Чорнове	12,5	14	1,55	2	ø430 _{-1,55}
13 ø655	Заготовка Точіння: Чорнове	Rz40 12,5	14 14	2 2	4,6 4,6	ø664 _{2,-2,0} ø655 _{-2,0}
14 12 отв. ø42	Свердління Розточування	12,5 6,3	14 14	0,62 0,62	10 2	ø20 ^{+0,62} ø42 ^{+0,62}
15 16 отв. ø48	Свердління Розточування	12,5 6,3	14 14	0,62 0,62	10 2	ø20 ^{+0,62} ø48 ^{+0,62}
16, 17 23°±15' 14,3 ^{+0,4}	Точіння: Напівчистове чистове тонке точіння	6,3 1,6 0,8	12 8 6	0,5 0,21 0,4	2x3 2 0,3	14 ^{+0,21} 23°±15' 14,3 ^{+0,4}
18 430	Фрезерування чорнове	12,5	14	1,55	3	430 _{-1,55}
19 322	Фрезерування чорнове	12,5	14	1,4	3	322 _{-1,4}
20 2 отв. ø43,7 ^{+0,3}	Свердління Розточування	12,5 6,3	14 12	0,62 0,3	4x5 2,15	ø20 ^{+0,62} ø43,7 ^{+0,3}
21 2 отв. Rc 11/2"	Різьбонарізання	6,3	12	0,3	2,05	Rc 11/2"
22 16 отв. M20-6H	Свердління Розсвердлюван. Різьбонарізання	12,5 6,3 3,2	14 12 10	0,52 0,52 0,52	5 5 1,25	ø10 ^{+0,52} ø20 ^{+0,52} M20-6H
30, 31 23°±15' 6+0,4	Точіння: напівчистове чистове тонке точіння	6,3 1,6 0,8	12 8 6	0,5 0,21 0,4	2x3 2 0,3	14+0,21 23°±15' 14,3+0,4
24 12 отв. M56x2-6H	Свердління Розточування: чорнове чистове різьбонарізання	12,5 6,3 3,2 3,2	14 12 11 11	0,74 0,3 0,19 0,19	10 3 1 0,25	ø20 ^{+0,74} ø54 ^{+0,3} 56 ^{+0,19} M56x2-6H
25 12 отв. ø52H9 ^{+0,074}	Свердління Розточування: чорнове чистове	12,5 6,3 3,2	14 12 9	0,74 0,3 0,074	10 3x4 3 1	ø20 ^{+0,74} ø50 ^{+0,3} ø52 ^{+0,07}
26 12 отв. ø32H9 ^{+0,062}	Свердління Розточування: чорнове напівчистове тонке	12,5 6,3 1,6 0,8	14 12 10 9	0,62 0,25 0,10 0,062	10 3,5 2 0,5	ø20 ^{+0,74} ø27 ^{+0,25} ø31 ^{+0,10} ø32 ^{+0,062}

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 3.14

1	2	3	4	5	6	7
23 Ø56,5	Розточування	3,2	10	0,3	2,25	Ø56,5 ^{+0,3}
27 2 отв. К1/2	Свердління Розсвердлювання Різьбонарізання	12,5 6,3 3,2	14 14	0,62 0,62 0,815	5 4,125 1,485	Ø10 ^{+0,62} Ø18,25 ^{+0,62} К1/2"
28 2 отв. Ø18,25 ^{+0,17}	Свердління Розсвердлюван	12,5 6,3	12 12	0,17 0,17	5 4,125	Ø10 ^{+0,17} Ø18,25 ^{+0,17}
29 2 отв. Ø6	Свердління	6,3	12	0,3	3	Ø6 ^{+0,3}
32 4отв. М3-6Нх6	Свердління нарізання різьби	6,3 6,3	12 12	0,3 0,3	2,6	Ø2,6 М3-6Нх6
33, 34 23°±15' 11,1 ^{+0,4}	Точіння: напівчистове чистове тонке точіння	6,3 1,6 0,8	12 8 6	0,5 0,21 0,4	2х3 2 0,4	11 ^{+0,21} 23°±15' 11,1 ^{+0,4}
35 Ø302	Точіння: Чорнове	12,5	14	1,3	2,2	Ø302 _{-1,3}
36 Ø302 16°±30'	Точіння: Чорнове	12,5	14	1,3	2	Ø302 16°±30'
37 130	Точіння: Чорнове	12,5	14	1,0	1,5	130 _{-1,0}
38 200	Точіння: Чорнове	12,5	14	1,15	2	200 _{-1,15}
39 212	Точіння: Чорнове	12,5	14	1,15	1,5	212 _{-1,15}
40, 41, 42, 43 R10	Точіння: Чорнове	12,5	14	0,43	0,5	R10 ^{+0,43}
44 12	Точіння: Чорнове	12,5	14	0,43	3х2	12 ^{+0,43}
45 14	Точіння: Чорнове	12,5	14	0,43	3,5х2	14 ^{+0,43}
46 Ø15	Свердління	12,5	14	0,43	7,5	Ø15 ^{+0,43}

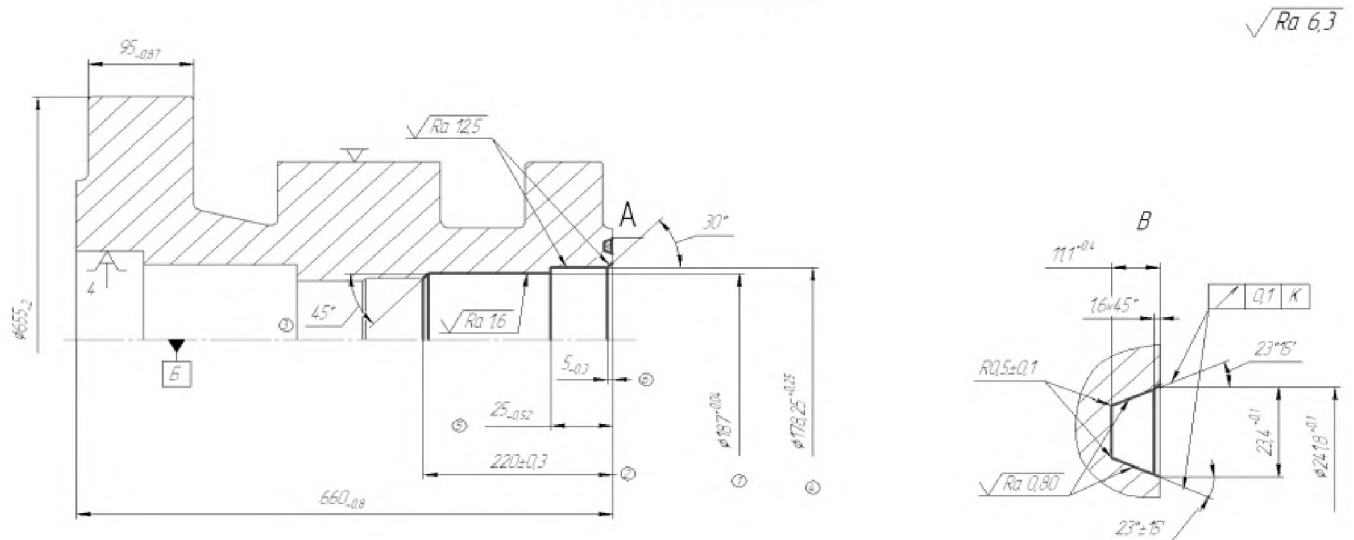
3.2.8 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

3.2.8.1 Розрахунок і вибір режимів різання

Для розрахунку режимів різання та нормування технологічних операцій візьмемо операцію 020 токарну (чистову), що виконується на лоботокарному верстаті DP2 . Ескіз операції зображений на рисунку 3.7.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			

Установ А



Установ Б

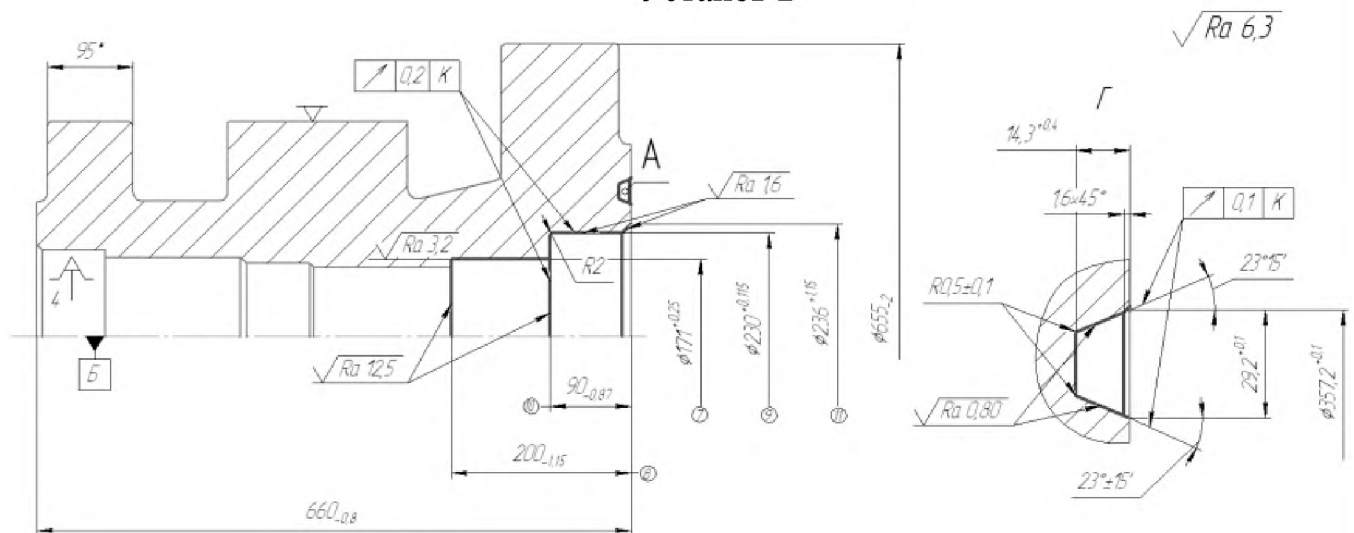


Рисунок 3.7 – Ескізи операції

Розраховуємо режими різання:

Розраховуємо спочатку режими різання на розточування поверхонь.

Швидкість різання при розточуванні визначається за формулою:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}, \quad (3.17)$$

де D - діаметр поверхні в мм,

n_d - дійсна частота оборотів шпинделю.

Швидкість різання при підрізання торцю визначається за формулою:

$$v_d = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_v^{y_v}} \cdot K_v \quad (3.18)$$

Подачу призначаємо за таблицею: $S = 0,2 \dots 0,25$ мм/об.

Корегуємо подачу за даними верстату: $S = 0,2$ мм/об

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середнє значення періоду стійкості визначаємо за таблицею 20 [10]:
 $T = 60 \text{ хв}$

Визначаємо швидкість головного руху різання з врахуванням поправочних коефіцієнтів:

$K_{ив}=1,4$ – матеріал ріжучої частини різця твердий сплав;

$K_{пв}=1$ – поверхня заготовки без кірки;

$V_{табл.}=133 \text{ м/в.}$ – таблична швидкість різання.

Враховуємо поправочні коефіцієнти:

$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v}$, де $n_v = 1,25$, тоді $K_{mv} = \left(\frac{190}{262}\right)^{1,25} = 0,67$.

$K_{пв} = 1,0$, $K_{фв} = 1,0$, $K_{ов} = 1,18$.

При розточуванні:

$$v_u = v_{табл.} \cdot K_{ив} \cdot K_{mv} \quad (3.19)$$

$$v_u = 133 \cdot 1,4 \cdot 1 = 186 \text{ м/ хв}$$

При підрізанні торцю:

$$v_u = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_0^{y_v}} \cdot K_{mv} \cdot K_{ив} \cdot K_{mv} \cdot K_{фв} \cdot K_{ов}$$

$$v_u = \frac{272}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,67 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,18 = 118 \text{ м/ хв}$$

Визначаємо розрахункове число обертів шпинделя за хвилину за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v_u}{\pi \cdot D} \quad (3.20)$$

Пов. Ø230: $n = \frac{1000 \cdot 186}{3,14 \cdot 230} = 258 \text{ мин}^{-1}$

Пов. Ø171: $n = \frac{1000 \cdot 186}{3,14 \cdot 171} = 346 \text{ мин}^{-1}$

Пов. Ø187: $n = \frac{1000 \cdot 186}{3,14 \cdot 187} = 317 \text{ мин}^{-1}$

Пов. Ø187,25: $n = \frac{1000 \cdot 186}{3,14 \cdot 187,25} = 316 \text{ мин}^{-1}$

Пов. Ø241,8: $n = \frac{1000 \cdot 186}{3,14 \cdot 241,8} = 245 \text{ мин}^{-1}$

Пов. Ø357,2: $n = \frac{1000 \cdot 186}{3,14 \cdot 357,2} = 165,8 \text{ мин}^{-1}$

Торець пов. Ø230: $n = \frac{1000 \cdot 118}{3,14 \cdot 230} = 163,4 \text{ мин}^{-1}$

Торець пов. Ø171: $n = \frac{1000 \cdot 118}{3,14 \cdot 171} = 219,8 \text{ мин}^{-1}$

Торець пов. Ø357,2: $n = \frac{1000 \cdot 118}{3,14 \cdot 357,2} = 105,2 \text{ мин}^{-1}$

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot 118}{3,14 \cdot 187} = 201 \text{ мин}^{-1}$$

Торець пов. Ø187:

$$n = \frac{1000 \cdot 118}{3,14 \cdot 187,25} = 200,7 \text{ мин}^{-1}$$

Торець пов. Ø187,25:

$$n = \frac{1000 \cdot 118}{3,14 \cdot 241,8} = 155,4 \text{ мин}^{-1}$$

Торець пов. Ø241,8:

Корегуємо частоту обертів шпинделя з паспортними даними верстату:

$$\text{Пов. Ø230: } n_{\phi} = 250 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{Пов. Ø171: } n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{Пов. Ø187: } n_{\phi} = 315 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{Пов. Ø187,25: } n_{\phi} = 315 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{Пов. Ø241,8: } n_{\phi} = 250 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{Пов. Ø357,2: } n_{\phi} = 160 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{Торець пов. Ø230: } n_{\phi} = 160 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{Торець пов. Ø171: } n_{\phi} = 200 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{Торець пов. Ø357,2: } n_{\phi} = 100 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{Торець пов. Ø187: } n_{\phi} = 200 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{Торець пов. Ø187,25: } n_{\phi} = 200 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{Торець пов. Ø241,8: } n = 160 \text{ мин}^{-1}$$

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою 3.17:

$$\text{Пов. Ø230: } V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 230 \cdot 250}{1000} = 180,6 \text{ м / хв}$$

$$\text{Пов. Ø171: } V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 171 \cdot 400}{1000} = 214,8 \text{ м / хв}$$

$$\text{Пов. Ø187: } V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 178 \cdot 315}{1000} = 176 \text{ м / хв}$$

$$\text{Пов. Ø187,25: } V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 187,25 \cdot 315}{1000} = 176,3 \text{ м / хв}$$

$$\text{Пов. Ø241,8: } V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 241,8 \cdot 250}{1000} = 189,8 \text{ м / хв}$$

$$\text{Пов. Ø357,2: } V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 357,2 \cdot 160}{1000} = 179,5 \text{ м / хв}$$

$$\text{Торець пов. Ø230: } V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 230 \cdot 160}{1000} = 115,5 \text{ м / хв}$$

$$\text{Торець пов. Ø171: } V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 171 \cdot 200}{1000} = 107,4 \text{ м / хв}$$

$$\text{Торець пов. Ø357,2: } V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 357,2 \cdot 100}{1000} = 112,2 \text{ м / хв}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Торець пов. Ø187: $V_o = \frac{3,14 \cdot 187 \cdot 200}{1000} = 117,4 \text{ м/хв}$

Торець пов. Ø187,25: $V_o = \frac{3,14 \cdot 187,25 \cdot 200}{1000} = 117,6 \text{ м/хв}$

Торець пов. Ø241,8: $V_o = \frac{3,14 \cdot 241,8 \cdot 160}{1000} = 121,5 \text{ м/хв}$

Визначаємо потужність, що витрачається на різання. При твердості поверхневого шару HB 223...262, подачі до 0,25 мм/об. та максимальному значенні $V_o < 245 \text{ м/хв}$ табличне значення потужності $N_{\text{табл.}} = 3,4 \text{ кВт}$.

Перевіряємо, чи достатньо потужності привода верстата:

$$N_{\text{шп.}} = N_{\text{д.}} \cdot \eta = 6,3 \cdot 0,7 = 4,4 \text{ кВт.}$$

3.2.8.2 Нормування технологічних операцій

Визначаємо основний час [2]:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_0} \quad (3.21)$$

де $i=1$; $L = l + y + \Delta$ – для розточування,

де $y = \text{tctg}\varphi = 2 \cdot \text{ctg}93^\circ = 0,54 \text{ мм}$ – врізання,

$\Delta = 2 \text{ мм}$ – перебіг.

Тоді $L = 1 + 0,51 + 2$.

$L = \frac{D-d}{2} + y + \Delta$ – для підрізання торцю, де $y = \text{tctg}\varphi = 2 \cdot \text{ctg}93^\circ = 0,54 \text{ мм}$ – врізання, $\Delta = 2 \text{ мм}$ – перебіг. Тоді $L = \frac{D-d}{2} + 0,51 + 2$.

Пов. Ø230: $L = 110 + 0,51 + 2 = 112,51 \text{ мм}$

Пов. Ø171: $L = 90 + 0,51 + 2 = 92,51 \text{ мм}$

Пов. Ø187: $L = 195 + 0,51 + 2 = 197,51 \text{ мм}$

Пов. Ø187,25: $L = 25 + 0,51 + 2 = 27,51 \text{ мм}$

Пов. Ø241,8: $L = 23,4 + 0,51 + 2 = 25,91 \text{ мм}$

Пов. Ø357,2: $L = 29,2 + 0,51 + 2 = 31,71 \text{ мм}$

Торець пов. Ø230: $L = \frac{230-171}{2} + 0,51 + 2 = 32 \text{ мм}$

Торець пов. Ø171: $L = \frac{171-155}{2} + 0,51 + 2 = 10,51 \text{ мм}$

Торець пов. Ø357,2: $L = \frac{357,2-328}{2} + 0,51 + 2 = 17,11 \text{ мм}$

Торець пов. Ø187: $L = \frac{187-165}{2} + 0,51 + 2 = 13,51 \text{ мм}$

Торець пов. Ø187,25: $L = \frac{187,25-187}{2} + 0,51 + 2 = 2,63 \text{ мм}$

Торець пов. Ø241,8: $L = \frac{241,8-218,4}{2} + 0,51 + 2 = 14,21 \text{ мм}$

Основний час дорівнює:

Пов. Ø230: $T_0 = \frac{113,51}{250 \cdot 0,2} = 2,27 \text{ хв}$

Пов. Ø171: $T_0 = \frac{93,51}{400 \cdot 0,2} = 1,17 \text{ хв}$

Пов. Ø187: $T_0 = \frac{198,51}{315 \cdot 0,2} = 3,51 \text{ хв}$

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$\text{Пов. } \varnothing 187,25: T_0 = \frac{28,51}{315 \cdot 0,2} = 0,45 \text{ хв}$$

$$\text{Пов. } \varnothing 241,8: T_0 = \frac{26,91}{250 \cdot 0,2} = 0,54 \text{ хв}$$

$$\text{Пов. } \varnothing 357,2: T_0 = \frac{32,71}{160 \cdot 0,2} = 1,02 \text{ хв}$$

$$\text{Торець пов. } \varnothing 230: T_0 = \frac{33}{160 \cdot 0,2} = 1,03 \text{ хв}$$

$$\text{Торець пов. } \varnothing 171: T_0 = \frac{11,51}{200 \cdot 0,2} = 0,29 \text{ хв}$$

$$\text{Торець пов. } \varnothing 357,2: T_0 = \frac{18,11}{100 \cdot 0,2} = 0,91 \text{ хв}$$

$$\text{Торець пов. } \varnothing 187: T_0 = \frac{14,51}{200 \cdot 0,2} = 0,36 \text{ хв}$$

$$\text{Торець пов. } \varnothing 187,25: T_0 = \frac{3,63}{200 \cdot 0,2} = 0,1 \text{ хв}$$

$$\text{Торець пов. } \varnothing 241,8: T_0 = \frac{15,21}{160 \cdot 0,2} = 0,48 \text{ хв}$$

Так, як при виконанні торцевих канавок вони точаться декілька разів, а також йде попереднє прорізання канавки, то час на обробку цього елемента необхідно збільшити тоді:

$$\text{Торець пов. } \varnothing 357,2: T_0 = 5,46 \text{ хв}$$

$$\text{Торець пов. } \varnothing 357,2: T_0 = 2,88 \text{ хв}$$

Загальний основний час обробки дорівнює сумі часу переходів:

$$T_0 = 2,27 + 1,17 + 3,51 + 0,45 + 0,54 + 1,02 + 0,29 + 5,46 + 0,36 + 0,1 + 2,88 = 18,05$$

Машино-допоміжний час знаходимо з формули:

$$T_D = T_{\text{вст.}} + T_{\text{кер.}} + T_{\text{вимір.}} \quad (3.22)$$

де $T_{\text{вст.}}$ – час на встановлення та зняття деталі;

$T_{\text{кер.}}$ – час на елементи керування (підведення та відведення різців та поворот різцетримача);

$T_{\text{вимір.}}$ – час на вимірювання деталі.

$$T_{\text{кер.}} = 0,08 \cdot 4 + 0,10 \cdot 4 = 0,72 \text{ хв}$$

$$T_D = 0,18 + 0,72 + 0,12 = 1,02 \text{ хв}$$

Таким чином, оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_D = 18,05 + 1,02 = 19,07 \text{ хв}$$

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

$$T_{\text{відп}} + T_{\text{обсл}} = 0,07 \cdot 19,07 = 1,33 \text{ хв}$$

Норму штучного часу визначаємо за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_D + T_{\text{відп}} + T_{\text{обсл}} \quad (3.23)$$

$$T_{\text{шт}} = 18,05 + 1,02 + 1,33 = 20,40 \text{ хв}$$

Норму штучно-калькуляційного часу визначаємо за формулою:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п-з}}/n, \quad (3.24)$$

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

$$T_{\text{ш-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п-з}}/n = 20,40 + 8/750 = 20,41 \text{ хв}$$

Для всіх інших операцій режими різання та норми часу зводимо в табл. 3.15.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.15 – Режими різання та норми часу обробки деталі

№ оп.	Назва операції, зміст переходів	Режими різання							Норми часу					
		D	l	t	S	V	n	i	T _О	T _Д	T _{оп}	T _{ВІДП} , T _{ОБСЛ}	T _{шт}	T _{ш-к}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
010	Токарна з ЧПК: Установ А 1.Встановити, закріпити, зняти деталь													
	2. Підрізати торець в розмір 1	300	300	4	0,3	117,8	125	2	3,1	0,15				
	3. Точити поверхню в розмір 2	480	95	2	0,3	150,7	100	1	2,13	0,12				
	4. Підрізати торець в розмір 3	480	180	2	0,2	150,7	100	6	5,2	0,23				
	5. Точити поверхню в розмір 4	300	300	2	0,2	150,7	160	1	0,54	0,04				
	6. Точити радіус в розмір 5	300	20	1,5	0,2	150,7	160	1	0,12	0,04				
	7. Точити фаску в розмір 6	480	3	1,5	0,2	150,7	160	1	0,12	0,04				
	8. Підрізати торець в розмір 7	480	191	2	0,2	150,7	100	1	1,0	0,06				
	9. Точити фаску в розмір 8	480	3	1,5	0,2	150,7	100	1	0,12	0,04				
	10. Підрізати торець в розмір 9	480	191	1,5	0,2	153,3	315	1	1,20	0,06				
	11. Розточити поверхню в розмір 10	155	215	1,5	0,2	138,2	250	1	1,1	0,12				
	12. Розточити поверхню в розмір 11	165	197	1,5	0,2	138,2	250	1	0,28	0,04				
	13. Підрізати торець в розмір 12	165	415	1,5	0,2	138,2	250	1	0,12	0,04				
	14. Точити фаску в розмір 13	155	–	–	0,3	138,2	250	1	1,2	0,12				
	15.Розточити поверхню в розмір 14	176	218	1,5	0,3	138,2	250	1	1,2	0,12				
	16. Підрізати торець в розмір 15	176	218	2	0,2	138,2	250	1	0,3	0,08				
	17.Точити радіус в розмір 16	302	10	1,0	0,2	150,7	160	1	0,12	0,04				
	18.Точити канавку елемент А	241,8	11,1	2	0,2	138,2	250	1	0,3	0,08				

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
010	Установ Б 19.Встановити, закріпити, зняти													
	20. Підрізати торець в розмір 17	430	430	3	0,2	135	100	2	2,3	0,12				
	21. Точити поверхню в розмір 18	655	130	2	0,3	129	63	1	0,59	0,10				
	22. Підрізати торець в розмір 19	430	14	2	0,2	129,6	63	6	3,5	0,18				
	23. Точити фаску в розмір 20	655	3	0,5	0,2	135	100	1	0,12	0,04				
	24. Підрізати торець в розмір 21	655	217	2	0,3	1129,6	63	1	1,2	0,07				
	25. Точити фаску в розмір 22	655	3	0,5	0,2	129,6	63	1	0,12	0,04				
	26. Точити поверхню в розмір 23	430	10°	2	0,2	135	100	1	0,12	0,04				
	27. Підрізати торець в розмір 24	480	200	3,5	0,2	132,7	250	1	2,4	0,12				
	28. Точити радіус в розмір 25	302	10	2	0,2	132,7	250	1	0,21	0,05				
	29. Розточити поверхню в розмір 26	169	198	3	0,3	113	160	1	1,8	0,08				
	30. Підрізати торець в розмір 27	169	198	2	0,2	141,3	200	1	1,5	0,08				
	31. Розточити поверхню в розмір 28	225	89	2	0,2	132	200	1	1,5	0,05				
	32. Підрізати торець в розмір 29	225	89	2	0,2	132	200	1	1,5	0,05				
	34.Точити канавку елемент А	357	14,3	2	0,2	138,2	250	1	1,3	0,12				
							Σ	31,26	2,14	33,40	2,31	35,36	35,37	
015	Термообробка													

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
020	Токарна з ЧПК: Установ А 1.Встановити, закріпити, зняти деталь													
	2.Розточити поверхню в розмір 1	178	220	1,0	0,2	176	315	1	0,04	0,05				
	3.Підрізати торець в розмір 2	178	220	0,5	0,2	176	315	2	0,04	0,05				
	4.Точити фаску в розмір 3	178	–	0,5	0,2	176	315	1	0,04	0,04				
	5.Розточити поверхню в розмір 4	178,25	25	1,25	0,2	176,3	250	1	0,03	0,05				
	6.Підрізати торець в розмір 5	178,25	25	0,5	0,2	176,3	315	1	0,03	0,05				
	7.Точити фаску в розмір 6	178,25	–	0,5	0,2	176,3	315	1	0,04	0,04				
	8.Точити канавку елемент Б	241	11	2	0,2	151	200	1	0,04	0,12				
	Установ Б 9. Встановити, закріпити, зняти деталь													
	10.Розточити поверхню в розмір 7	171	200	2	0,2	134,2	250	1	0,12	0,05				
	11.Підрізати торець в розмір 8	171	200	2	0,2	134,2	250	2	0,04	0,05				
	12.Розточити поверхню в розмір 9	230	90	0,5	0,1	144,4	200	1	0,05	0,05				
	13.Підрізати торець в розмір 10	230	90	2	0,2	144,4	200	1	0,05	0,05				
	14.Точити фаску в розмір 11	236	6	3	0,1	144,4	200	1	0,04	0,05				
	15.Точити канавку елемент Б	357	14,3	2	0,2	140,2	125	2	0,05	0,12				
								Σ	0,61	0,6	15,63	1,2	16,34	17,23

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
025	Фрезерна з ЧПК: Установ А 1.Встановити, закріпити, зняти деталь														
	2.Фрезерувати поверхню в розмір 1	480	430	3	0,1	316	915	1	3,25	0,18					
	3.Фрезерувати поверхню в розмір 2	480	322	3	0,1	316	915	1	3,25	0,18					
								Σ	6,5	0,36	22,61	15,26	32,52	30,46	
030	Свердлильна з ЧПК: Установ А 1.Встановити, закріпити, зняти деталь														
	2.Свердлити отвори в розмір1	42	25	1,5	0,2	176	315	1	0,44	0,04					
	3.Розточити поверхню в розмір 2	32	150	0,5	0,2	176	315	1	0,45	0,04					
	4. Розточити поверхню в розмір 3	52	130	1,0	0,2	176	315	1	0,12	0,04					
	5. Підрізати торець в розмір 4	52	130	1,0	0,2	139,9	250	1	0,58	0,04					
	6. Розточити канавку в розмір 5	56,5	6	2,5	0,2	176,3	315	1	0,10	0,03					
	7. Розточити фаску витримуючи розмір 6	52	6	3	0,2	176,3	315	1	0,12	0,03					
	8.Точити поверхню під різьбу 7	56	50	1	0,18	125,3	250	1	0,43	0,04					
	9.Нарізати різьбу 7	56	50	0,25	2	13	160	1	1,24	0,12					
	10.Свердлити та розточувати отвір в розмір 8	43,7	133	3	0,18	122,7	200	8	3,42	0,20					
	11.Точити фаску в розмір 9	43,7	1,6	1,6	0,18	122,7	200	1	0,12	0,04					
	12.Нарізати різьбу в розмір 10	47,803	28	2,05	2,309	13	160	1	0,64	0,18					

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
030	13. Точити канавку під елемент Г	86,2	6	2	0,2	151,9	200	1	0,54	0,04				
	14.Свердли́ти отвори в розмір 11	20	40	1,5	1,25	12	160	1	1,10	0,08				
	15.Нарі́зати різьбу в розмір 11	20	32	1,5	1,25	12	160	1	1,10	0,08				
	Установ Б 13Встановити, закріпити, зняти деталь													
	14. Свердли́ти та розточити поверхню в розмір 13	48	25	2	0,2	134,2	250	1	2,2	0,12				
	15. Свердли́ти отвори в розмір 14	18,25	195	2	0,2	134,2	250	1	0,38	0,04				
	16.Свердли́ти отвір в розмір 15	6	36	2	0,2	140	200	1	0,95	0,08				
	17.Нарі́зати різьбу 16	18,25	14		0,2	120	160	1	0,8	0,08				
	18. Свердли́ти отвір в розмір 17	3	6	2	0,2	144,4	200	1	0,82	0,05				
	16. Нарі́зати різьбу 17	3	6	0,25	0,2	120	160	1	0,8	0,08				
									М	18,05	1,02	19,07	1,33	20,40
035	Контроль акустичний (ультразвуков.)	-												
040	Контрольна	-												
								М	18,05	1,02	19,07	1,33	20,40	27,77

Отже, загальна тривалість обробки деталі складається з тривалості кожної операції:

$$T=T_1+T_2+T_3+T_4=35,37+17,23+18,46+27,77=97,83 \text{ хв.}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-15.03.ТГВВ					Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата						

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1 Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК

Горизонтальний обробний центр SINO HMC 800 (рис. 4.1) призначений для високопродуктивної обробки корпусних деталей масою до 1000кг. з конструкційних матеріалів від легких сплавів до високоточних сталей. Широкий діапазон частоти обертання шпинделя і швидкостей подач дозволяє виробляти: свердління, zenкування, розгортання, розточування точних отворів, пов'язаних координатами, фрезерування по контуру, нарізування різьб.



Рисунок 4.1 – Горизонтальний обробний центр SINO HMC 800

Основні технічні характеристики горизонтального обробного центру SINO HMC 800:

Робочий хід по осях (X / Y / Z): $\sim 1200 \times 700 \times 700$ мм.

Розміри столу (довжина $\times$ ширина): $\sim 1300 \times 700$ мм.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-15.04.МПОМО</i>		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.		Тимченко			<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>		Літ.
Перевір.		Рязанцев					Арк.
Реценз.							Аркшів
Н. контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев					
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	

Кріплення T-slot: 7 штук, 18 мм ширина, крок 100 мм.

Конус шпинделя: BT40

Максимальна швидкість шпинделя: ~ 8000 об/хв.

Потужність двигуна шпинделя: 15 кВт

Магазин інструментів: 24-позиційний автоматичний магазин.

Тип системи керування (ЧПУ): Siemens.

Макс. навантаження на стіл: 1000 кг.

Маса верстата: 8500 кг.

Габарити: 3400 × 2900 × 3000 мм.

Обробка проводиться у наступній послідовності:

Установ А

1 свердління 12 отв. Ø42

2 розсвердлювання 12 отв. Ø42

3 розточування 12 отв. M56x2

4 свердління 2 отв. Rc11/2'

5 розточування 2 отв. Rc11/2'

6 нарізання різьб 2 отв. Rc11/2'

Установ Б

7 свердління 12 отв. Ø48

8 розсвердлювання 12 отв. Ø48.

Позначаємо на кресленні початки інструменту, деталі. Зображуємо інструменти в послідовності обробки деталі в положенні, яке вони займають у шпинделі верстата. Наносимо траєкторію руху інструменту, зображуючи опорні точки, показуємо стрілками напрям руху інструмента.

Проводимо розробку керуючої програми для виконання технологічної операції. Для цього необхідно виконати кодування інструментів в порядку в якому вони будуть застосовуватись при виконанні операції (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Кодування інструментів

№	Код	Інструмент
1	T01	Свердло SCD 200-077-200 AG5
2	T02	Розт. головка BHF MB 20-20X40
3	T03	Різець GHIR 40 C-612
4	T04	Свердло SCD 100-049-100 AG5
5	T05	Розт. головка BHF MB 32-32X63
6	T06	Мітчик 2680-0008 ДСТУ ГОСТ 6227:2018
7	T07	Свердло SCD 200-077-200 AG5
8	T08	Розт. головка BHF MB 20-20X40

В таблиці 4.2 розроблена керуюча програма для даної операції.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Керуюча програма

Номер іструм.	Точка згідно креслення	Код програми	Пояснення
1	2	3	4
T01	1-3	N001 T01 S09 F13 M04 L01 ПС	свердління 12 отворів Ø42
		N002 X+004625 Y-08011 ПС	
		N003 G81 R+030000 Z+32500 ПС	
	4-6	N004 X+009250 Y00000 ПС	
		N005 R+030000 Z+32500 ПС	
	7-9	N006 X+004625 Y+08011 ПС	
		N007 R+030000 Z+32500 ПС	
	10-12	N008 X-004625 Y+08011 ПС	
		N009 R+030000 Z+32500 ПС	
	13-15	N010 X-009250 Y00000 ПС	
		N011 R+030000 Z+32500 ПС	
	16-18	N012 X-009250 Y00000 ПС	
		N013 R+030000 Z+32500 ПС	
	19-21	N014 X-004625 Y+08011 ПС	
		N015 R+030000 Z+32500 ПС	
	22-24	N016 X-004625 Y+08011 ПС	
		N017 R+030000 Z+32500 ПС	
	25-27	N018 X-009250 Y00000 ПС	
		N019 R+030000 Z+32500 ПС	
	28-30	N020 X-009250 Y00000 ПС	
		N021 R+030000 Z+32500 ПС	
	31-33	N022 X-004625 Y+08011 ПС	
		N023 R+030000 Z+32500 ПС	
	34-36	N024 X-004625 Y-08011 ПС	
		N025 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
T02	1-3	N026 T02 S09 F15 M04 L02 ПС	розсвердлювання 12 отворів Ø42
		N027 X+004625 Y-08011 ПС	
		N028 G81 R+030000 Z+32500 ПС	
	4-6	N029 X+009250 Y00000 ПС	
		N030 R+030000 Z+32500 ПС	
	7-9	N031 X+004625 Y+08011 ПС	
		N032 R+030000 Z+32500 ПС	
	10-12	N033 X-004625 Y+08011 ПС	
		N034 R+030000 Z+32500 ПС	
	13-15	N035 X-009250 Y00000 ПС	
		N036 R+030000 Z+32500 ПС	
	16-18	N037 X-009250 Y00000 ПС	
		N038 R+030000 Z+32500 ПС	
	19-21	N039 X-004625 Y+08011 ПС	
		N040 R+030000 Z+32500 ПС	
	22-24	N041 X-004625 Y-08011 ПС	
		N042 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	25-27	N043 X-004625 Y-08011 ПС	
		N044 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	28-30	N045 X-004625 Y-08011 ПС	
		N046 G91 R+030000 Z+32500 ПС	

					КНУ.КМР.131.25.1-15.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
T02	31-33	N047 X-004625 Y-08011 ПС	
		N048 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	34-36	N049 X-004625 Y-08011 ПС	
		N050 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
T03	1-3	N051 T03 S11 F18 M04 L03 ПС	розточування 12 отворів M56x2
		N052 X+004625 Y-08011 ПС	
		N053 G81 R+030000 Z+32900 ПС	
	4-6	N054 X+009250 Y00000 ПС	
		N055 R+030000 Z+32900 ПС	
	7-9	N056 X+004625 Y+08011 ПС	
		N057 R+030000 Z+32900 ПС	
	10-12	N058 X-004625 Y+08011 ПС	
		N059 R+030000 Z+32900 ПС	
	13-15	N060 X-009250 Y00000 ПС	
		N061 R+030000 Z+32900 ПС	
	16-18	N062 X-004625 Y-08011 ПС	
		N063 G91 R+030000 Z+32900 ПС	
	19-21	N064 X-004625 Y+08011 ПС	
		N065 R+030000 Z+32500 ПС	
	22-24	N066 X-004625 Y-08011 ПС	
		N067 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	25-27	N068 X-004625 Y-08011 ПС	
		N069 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	28-30	N070 X-004625 Y-08011 ПС	
		N071 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	31-33	N072 X-004625 Y-08011 ПС	
		N073 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	34-36	N074 X-004625 Y-08011 ПС	
		N075 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
T04	1-3	N076 T03 S11 F18 M04 L03 ПС	свердління 2 отв. Rc11/2'
		N076 X+004625 Y-08011 ПС	
		N077 G81 R+030000 Z+32900 ПС	
	4-6	N078 X-004625 Y-08011 ПС	
		N079 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
T05	1-3	N080 T03 S11 F18 M04 L03 ПС	розточування 2 отв. Rc11/2'
		N081 X+004625 Y-08011 ПС	
		N082 G81 R+030000 Z+32900 ПС	
	4-6	N083 X-004625 Y-08011 ПС	
		N084 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
T06	1-3	N080 T03 S11 F18 M04 L03 ПС	нарізання різьб 2 отв. Rc11/2'
		N081 X+004625 Y-08011 ПС	
		N082 G81 R+030000 Z+32900 ПС	
	4-6	N083 X-004625 Y-08011 ПС	
		N084 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
T07	1-3	N085 T03 S11 F18 M04 L03 ПС	свердління 12 отв. Ø48
		N086 X+004625 Y-08011 ПС	
		N087 G81 R+030000 Z+32900 ПС	

					КНУ.КМР.131.25.1-15.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
T07	4-6	N088 X+009250 Y00000 ПС	
		N089 R+030000 Z+32900 ПС	
	7-9	N090 X+004625 Y+08011 ПС	
		N091 R+030000 Z+32900 ПС	
	10-12	N092 X-004625 Y+08011 ПС	
		N093 R+030000 Z+32900 ПС	
	13-15	N094 X-009250 Y00000 ПС	
		N095 R+030000 Z+32900 ПС	
	16-18	N096 X-004625 Y-08011 ПС	
		N097 G91 R+030000 Z+32900 ПС	
	19-21	N098 X-004625 Y+08011 ПС	
		N099 R+030000 Z+32500 ПС	
	22-24	N100 X-004625 Y-08011 ПС	
		N101G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	25-27	N102 X-004625 Y-08011 ПС	
		N103 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	28-30	N104 X-004625 Y-08011 ПС	
		N105 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	31-33	N106 X-004625 Y-08011 ПС	
		N107 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	34-36	N108 X-004625 Y-08011 ПС	
		N109 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
T08	1-3	N110 T03 S11 F18 M04 L03 ПС	розсвердлювання 12 отв. Ø48
		N111 X+004625 Y-08011 ПС	
		N112 G81 R+030000 Z+32900 ПС	
	4-6	N113 X+009250 Y00000 ПС	
		N114 R+030000 Z+32900 ПС	
	7-9	N115 X+004625 Y+08011 ПС	
		N116 R+030000 Z+32900 ПС	
	10-12	N117 X-004625 Y+08011 ПС	
		N118 R+030000 Z+32900 ПС	
	13-15	N119 X-009250 Y00000 ПС	
		N120 R+030000 Z+32900 ПС	
	16-18	N121 X-004625 Y-08011 ПС	
		N122 G91 R+030000 Z+32900 ПС	
	19-21	N123 X-004625 Y+08011 ПС	
		N124 R+030000 Z+32500 ПС	
	22-24	N125 X-004625 Y-08011 ПС	
		N126G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	25-27	N127 X-004625 Y-08011 ПС	
		N128 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	28-30	N129 X-004625 Y-08011 ПС	
		N130 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	31-33	N131 X-004625 Y-08011 ПС	
		N132 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
	34-36	N133 X-004625 Y-08011 ПС	
		N134 G91 R+030000 Z+32500 ПС	
		N100 M02 ПС	Кінець програми

4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм

Для токарної операції, яку виконують на токарному верстаті з ЧПК Okuma LB45III, було здійснено візуалізацію та перевірку керуючих програм. Загальний вигляд верстата наведено на рис. 4.2.

Okuma LB45III – односідельний (single-saddle) CNC токарний верстат промислового класу, розроблений для поєднання швидкості, точності та високої продуктивності при токарній обробці довгих та масивних деталей. Верстат оснащено Thermo-Friendly Concept (компенсація температурних змін): конструкція та системи контролю призначені для мінімізації термічних похибок і стабілізації точності при тривалій роботі.

Головні технічні характеристики Okuma LB45III:

Система ЧПК (CNC-контролер): Okuma OSP-P300LA.

Макс. діаметр обробки: Ø660 мм.

Макс. довжина обробки (міжцентрова): стандарт 750 мм.

Діапазон шпиндельних обертів: 12 – 2 800 хв⁻¹.

Стандартна потужність шпинделя: 37 кВт.

Тип фланцю шпинделя: A2-11.

Швидкі переміщення (rapid traverse) X / Z: 15 / 20 м/хв.

Позиціонування інструменту: 12-позиційна V-турель.



Рисунок 4.2 – Токарний верстат Okuma LB45III

У токарному верстаті Okuma LB45III використовується система числового програмного керування Okuma OSP-P300LA. Розроблення керуючої програми для токарних переходів здійснюється в програмному середовищі Autodesk FeatureCAM. Під час оброблення даних та формування траєкторій руху інструмента було створено й протестовано керуючу програму. Послідовність етапів її розробки в FeatureCAM представлено на рисунках 4.4-4.9.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

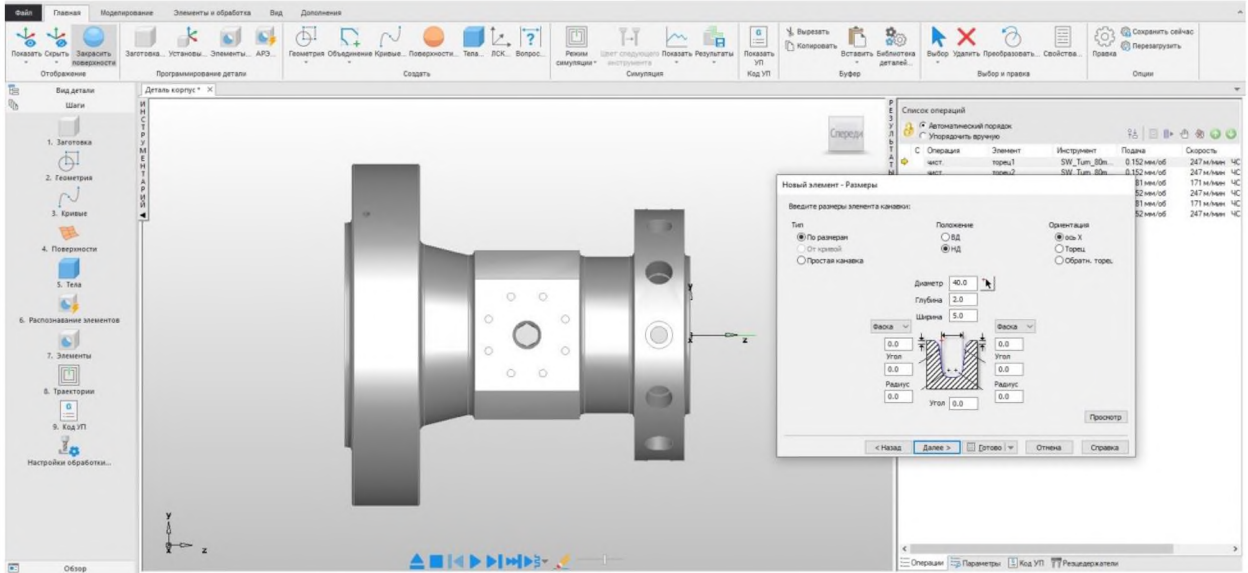


Рисунок 4.4 – Розпізнавання елементів деталі

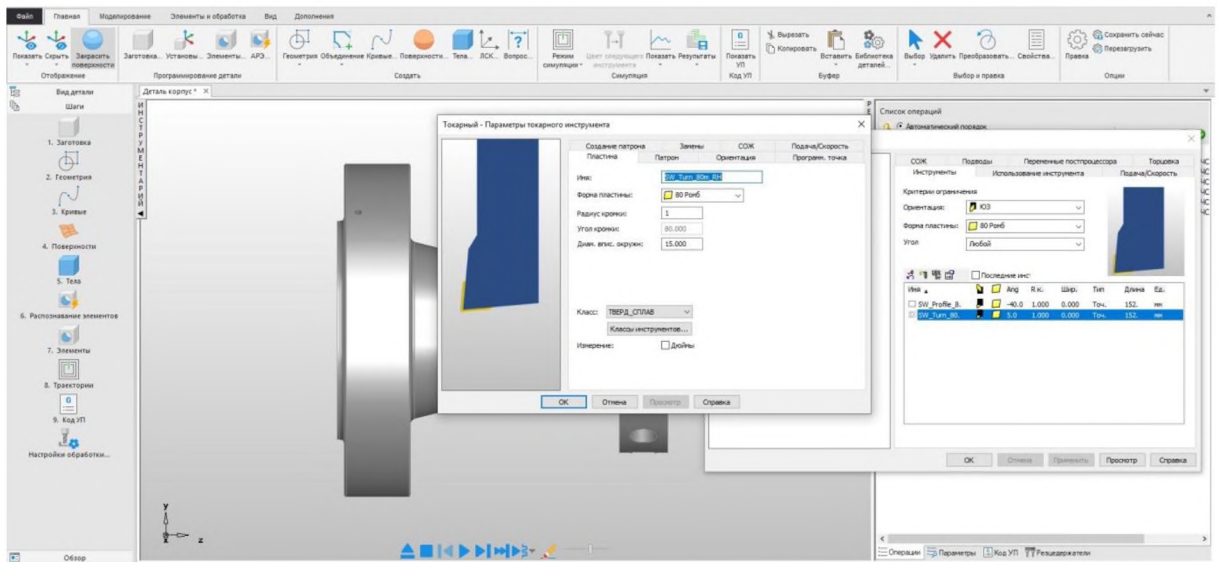


Рисунок 4.5 – Вибір інструменту для обробки деталі

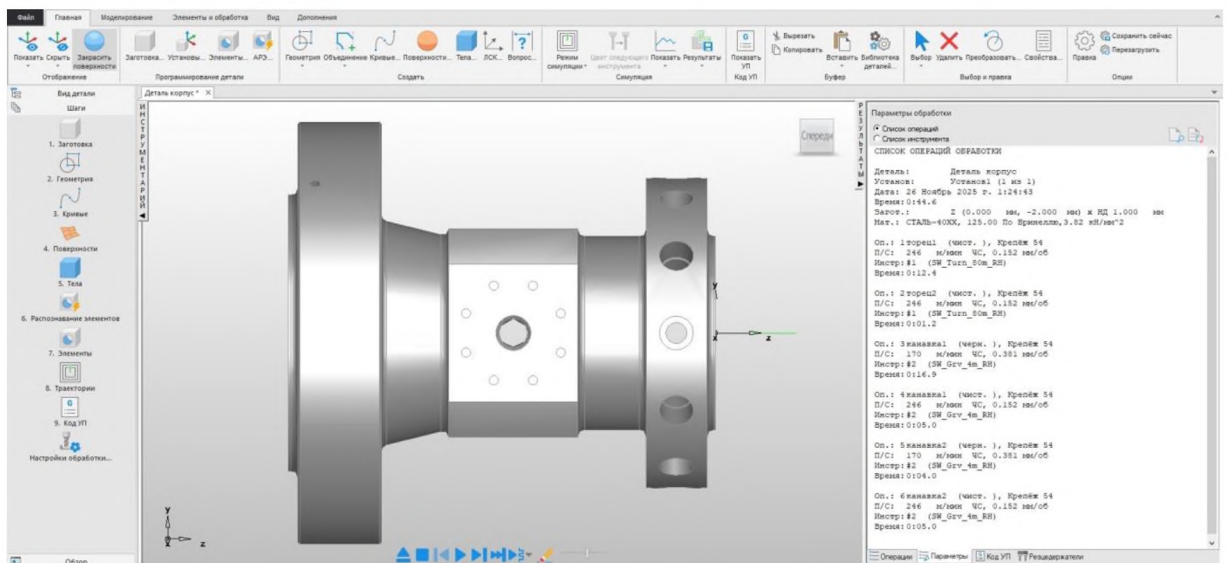


Рисунок 4.6 – Список операцій по обробці деталі

					КНУ.КМР.131.25.1-15.04.МПМО	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

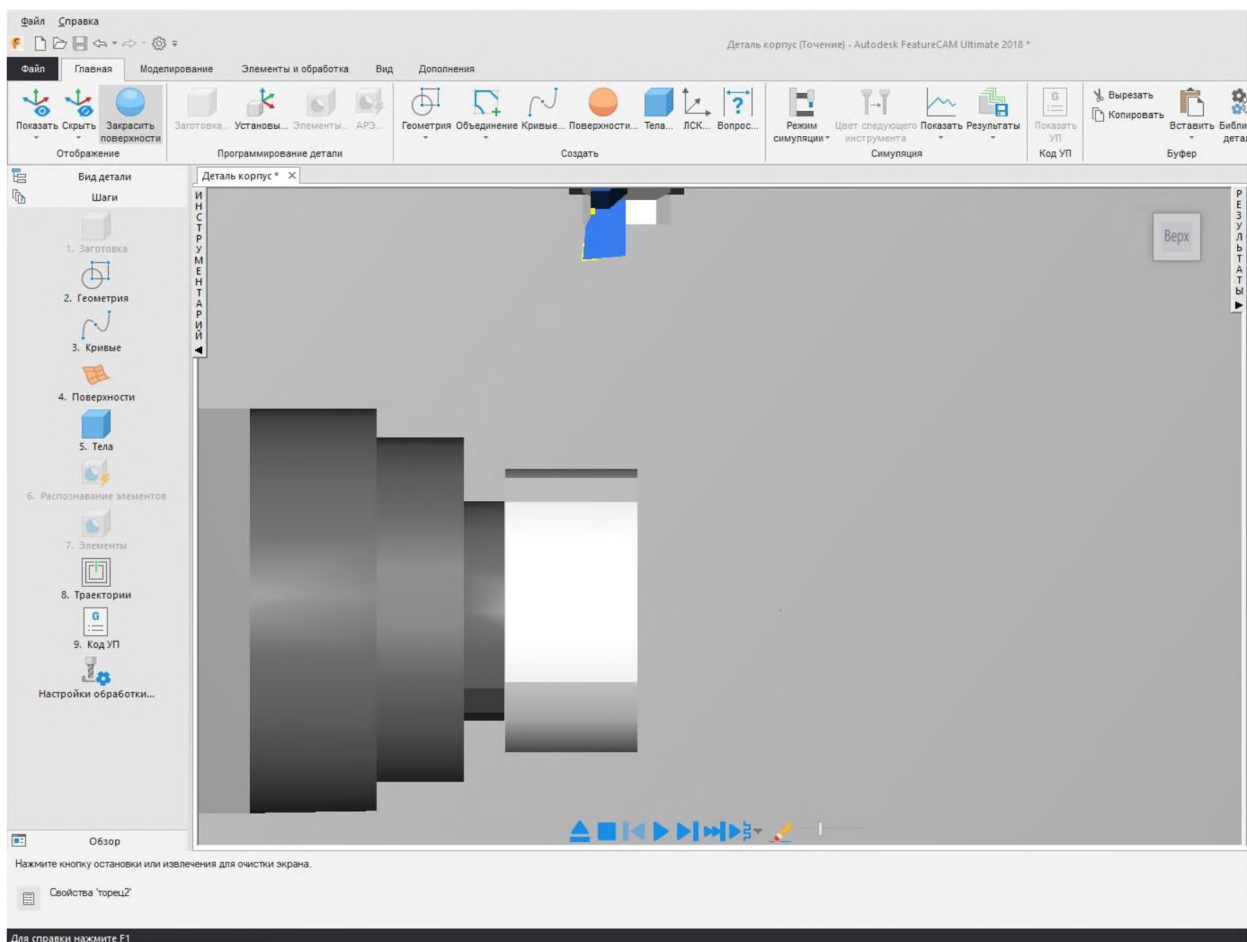


Рисунок 4.7 – Розташування деталі у верстаті під час обробки

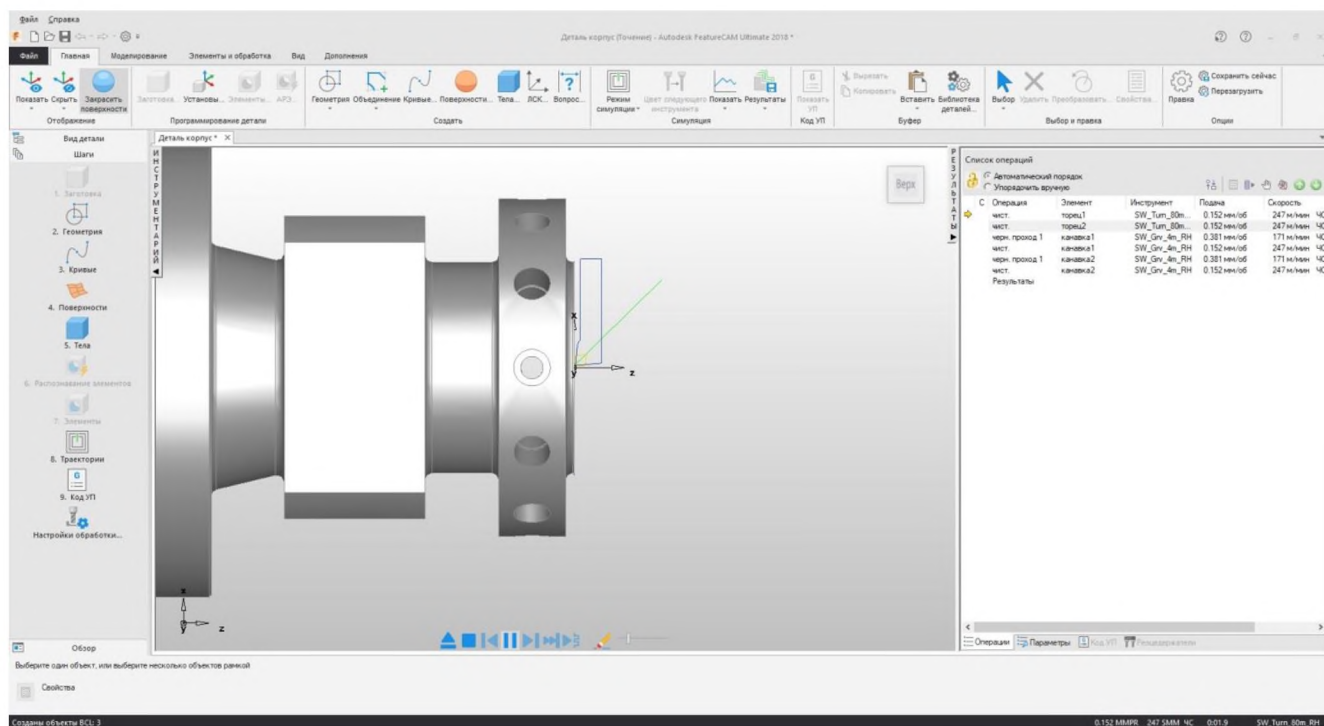


Рисунок 4.8 – Симуляція обробки деталі – підрізання торцю

					КНУ.КМР.131.25.1-15.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

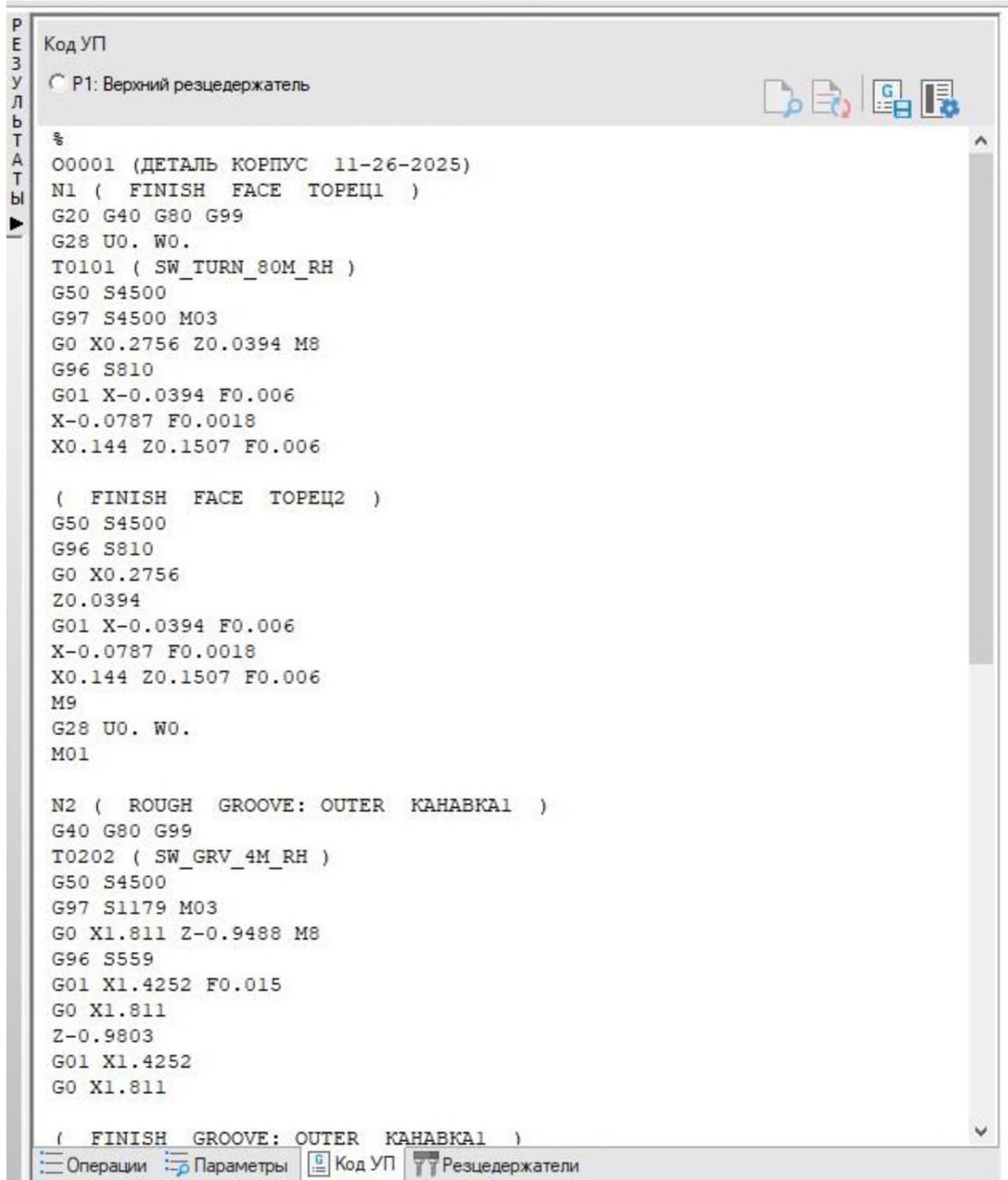


Рисунок 4.9 – Результат симуляції обробки – керуюча програма

					КНУ.КМР.131.25.1-15.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

5.1 Проектування верстатного пристосування

Проектування верстатного оснащення проводимо на фрезерну операцію, що виконується на горизонтальному обробному центрі SINO HMC800.

5.1.1 Розробка схем базування деталі

На рисунку 5.1 зображена умовна схема базування деталі на столі верстату.

Деталь насаджується на оправку, яка кріпиться за допомогою різьбового отвору на столі. Стіл кріпиться болтами до столу верстата. По фланцю Ø655 деталь фіксується опорними пластинами.

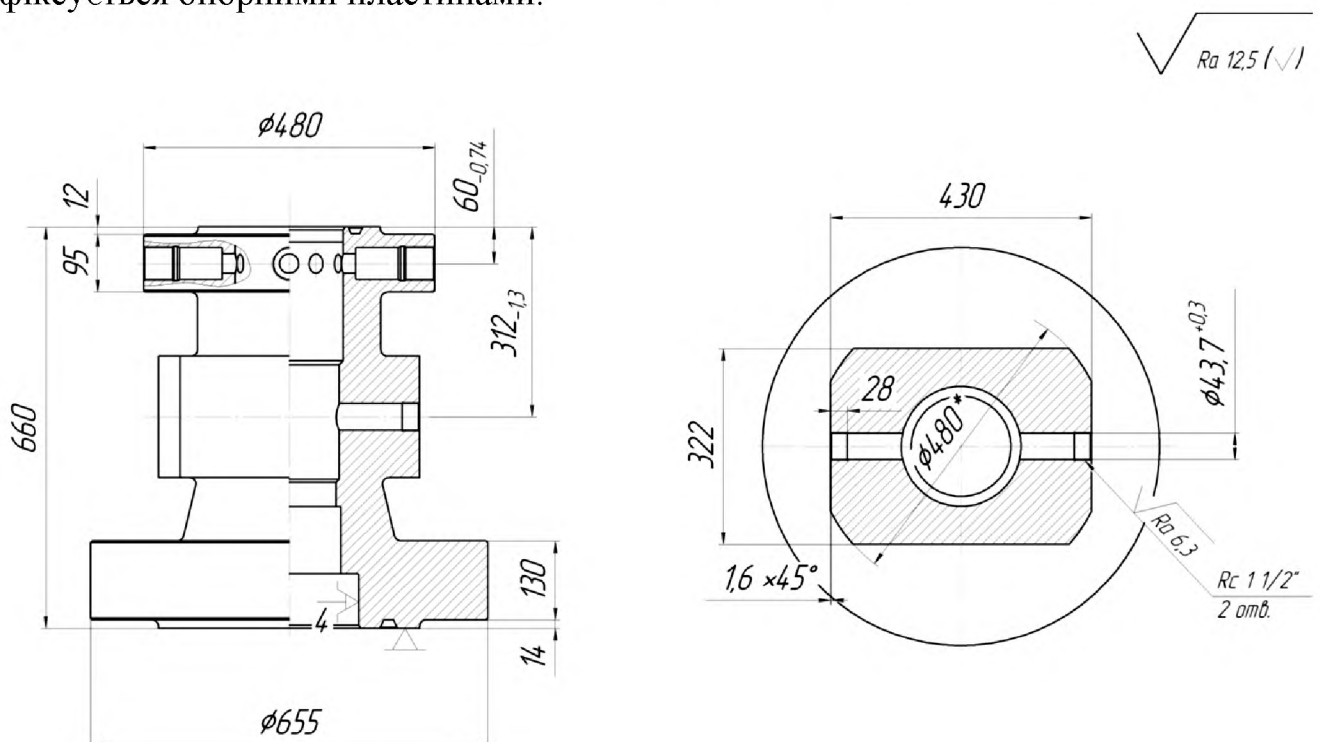


Рисунок 5.1 – Умовна схема базування деталі на столі верстата

5.1.2 Режимів різання

Режими різання були розраховані у попередньому розділі. Для розрахунку використаємо перехід з найбільшими силовими характеристиками, тобто фрезерування лисок.

Були визначені режими різання: $V=316\text{м/хв}$, $S=0,1\text{мм/об}$, $n=915\text{об/хв}$.

Сили різання визначаємо за формулами:

$$P_{X,Y,Z} = \frac{9,18 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^u \cdot z}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}} \cdot K_{M_p}, \quad (5.1)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-15.05.КПВ		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Конструкторська підготовка виробництва		
Розроб.	Тимченко						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

де C_p - постійна,

x, y, u – показники степенів,

K_p - поправочний коефіцієнт.

$$K_{M_p} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{n_p} = \left(\frac{262}{190} \right)^{0,8} = 1,0$$

Випишуємо табличні значення та підставляємо у формулу.

$$P_z = \frac{9,18 \cdot 218 \cdot 3^{0,92} \cdot 0,1^{0,78} \cdot 200^{1,0} \cdot 12}{125^{1,15} \cdot 915^0} \cdot 1,0 = 849,21 \text{ Н},$$

$$P_y = 0,4 \cdot P_z = 339,68 \text{ Н},$$

$$P_x = 0,55 \cdot P_z = 467,07 \text{ Н}$$

Крутний момент становить:

$$M_{kp} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{849,211 \cdot 0,125}{2 \cdot 100} = 5,31 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (5.2)$$

5.1.3 Аналіз схеми базування деталі

Технологічні бази, які визначають положення деталі у пристосуванні при обробці діляться на установчу, напрямну й упорну бази. Для даної деталі, технологічні бази представлені наступними поверхнями:

- торцева поверхня (р-р 130) є упорною базою, яка лишає деталь двох ступенів вільності;
- поверхні ($\varnothing 230$ та $\varnothing 155$) є напрямними базами, що лишає деталь двох ступенів вільності;
- торцева поверхня ($\varnothing 430$) є установчими базами, що лишає деталь двох ступенів вільності.

Схема базування обробленої деталі в пристрої з позбавленням її потрібної кількості ступенів вільності представлена на рисунку 6.1.

Обираємо за існуючими стандартами конструкцію установочних елементів. При проектуванні сп використовуються:

- опорні планки В=40мм., L=100мм по ДСТУ ГОСТ 4743:2008;
- болт М48 – 6g x 200 ISO 4014;
- гайка М48 – 6H.5 ISO 4032.

5.1.4 Розрахунок похибки базування

Згідно аналізу схеми базування деталі (рис. 5.1), виконуємо розрахунок дійсного значення похибки базування.

Схема розрахунку зображена на рисунку 5.2.

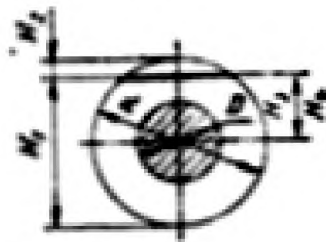


Рисунок 5.2 – Схема розрахунку

					КНУ.КМР.131.25.1-15.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_6 = 0,5IT_e + 2_e \quad (5.3)$$

де $e=0$ – ексцентриситет між базою до обробленої поверхні та обертанням заготовки;

IT_e – допуск на діаметр 230H9

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot 0,115 + 2 \cdot 0 = 0,05$$

5.1.5 Вибір і розрахунок схеми закріплення

Умова рівноваги деталі в пристосуванні може бути представлена у вигляді формули:

$$W \geq K f P_{\text{різ}} \quad (5.4)$$

де K – коефіцієнт запасу, що залежить від умов обробки деталі на верстаті та визначається за формулою 5.5;

f – коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки та пристосування;

$P_{\text{різ}}$ – сила різання.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (5.5)$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки для чорнової обробки;

$K_2 = 1,6$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від затуплення інструменту;

K_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання під час переривчастого різання;

$K_4 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує постійність сили затиску;

K_5 – коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затискних елементів;

K_6 – коефіцієнт, що враховується тільки при наявності крутних моментів, які намагаються повернути оброблювану деталь.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 = 3,456.$$

Так як оброблювана поверхня деталі знаходиться збоку, то прикладаємо сили закріплення до нижньої сторони деталі. Для цього застосовуємо опорні планки.

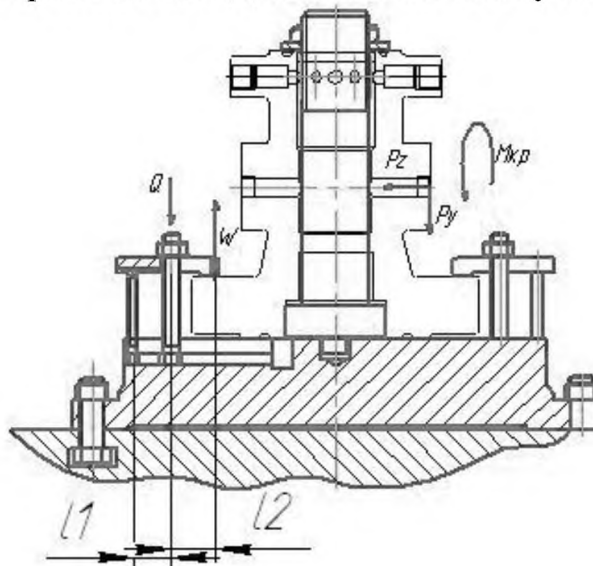


Рисунок 5.3 – Схема дії сил різання та реактивних сил

					КНУ.КМР.131.25.1-15.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Проводимо розрахунок сили закріплення для найбільш несприятливого розміщення сил різання. На рисунку 5.3 представлена схема закріплення деталі та прикладені всі діючі активні та реактивні сили.

Складаємо рівняння моментів відносно осі:

$$Wf_1 + Wf_2 = kP_z \quad (5.6)$$

$$W = \frac{k \cdot P_z \cdot l}{f_1 + f_2} = \frac{3.456 \cdot 849.21 \cdot 0.2}{0.15 + 0.15} = 1956 \text{ Н} \quad (5.7)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k = 2,5$,

f_1 – коефіцієнт тертя з установчим елементом;

f_2 – коефіцієнт тертя з затискаючим елементом;

P – сила різання.

Закріплення заготовки в спеціальному пристрої при механічній обробці виконуємо за допомогою комбінованого затискача, який складається із гвинтового й важільного затискача й інших сполучень елементарних затискачів.

Вибір такого пристрою виконуємо виходячи з конкретних умов операції фрезерування, типу виробництва, величини затискного зусилля, яке діє на заготовку, необхідності механізації.

Розробляємо кінематичну і силову схему затискного пристрою (рис. 5.4).

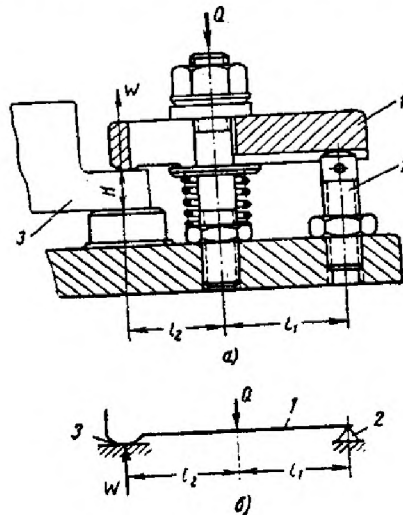


Рисунок 5.4 – Кінематична і силова схема затискного пристрою

Сила затиску при ручному затиску:

$$Q = \frac{W(l_1 + l_2)}{l_1 \eta} \quad (5.8)$$

$$l_1 = l_2 \text{ тоді } W = 0.5Q, \text{ або } Q = \frac{W}{0.5}$$

Підставляємо у формулу величини та розраховуємо силу затиску:

$$Q = \frac{1956}{0.5} = 3912 \text{ Н}$$

Отже, необхідна сила затиску становить $Q = 3912 \text{ Н}$.

5.1.6 Вибір та проектування базових та допоміжних елементів пристрою

Обираємо та приводимо конструктивні параметри базових та допоміжних елементів пристрою відносно до існуючих стандартів. Базові елементи: стіл.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Виконуємо в ескізному варіанті базові та допоміжні елементи пристрою з вказівкою конструктивних параметрів, вимог по точності, шорсткості та марки матеріалу пристрою, з вказівкою габаритних, приєднувальних та основних посадкових розмірів. На ескізі показано базовий стіл, на якій встановлена деталь з базовими установчими елементами та елементами затиску. Виконуємо ескіз компоновки пристрою представленого на рисунку 5.5

Пристрій встановлюється на стіл верстата моделі SINO VMC1270 без вивірки та центрується за допомогою двох Т-подібних шпонок, пристрій кріпиться до столу за допомогою двох різьбових з'єднань. Пристрій повністю вміщується на столі верстату. Ескіз засобу кріплення з конструктивними параметрами зображений на рисунку 5.5.

Стіл пристрою має різьбові отвори M4, стіл верстата має такі ж отвори, вони з'єднуються за допомогою болтів M4-6g. Посадка у з'єднанні $\frac{H7}{h6}$.

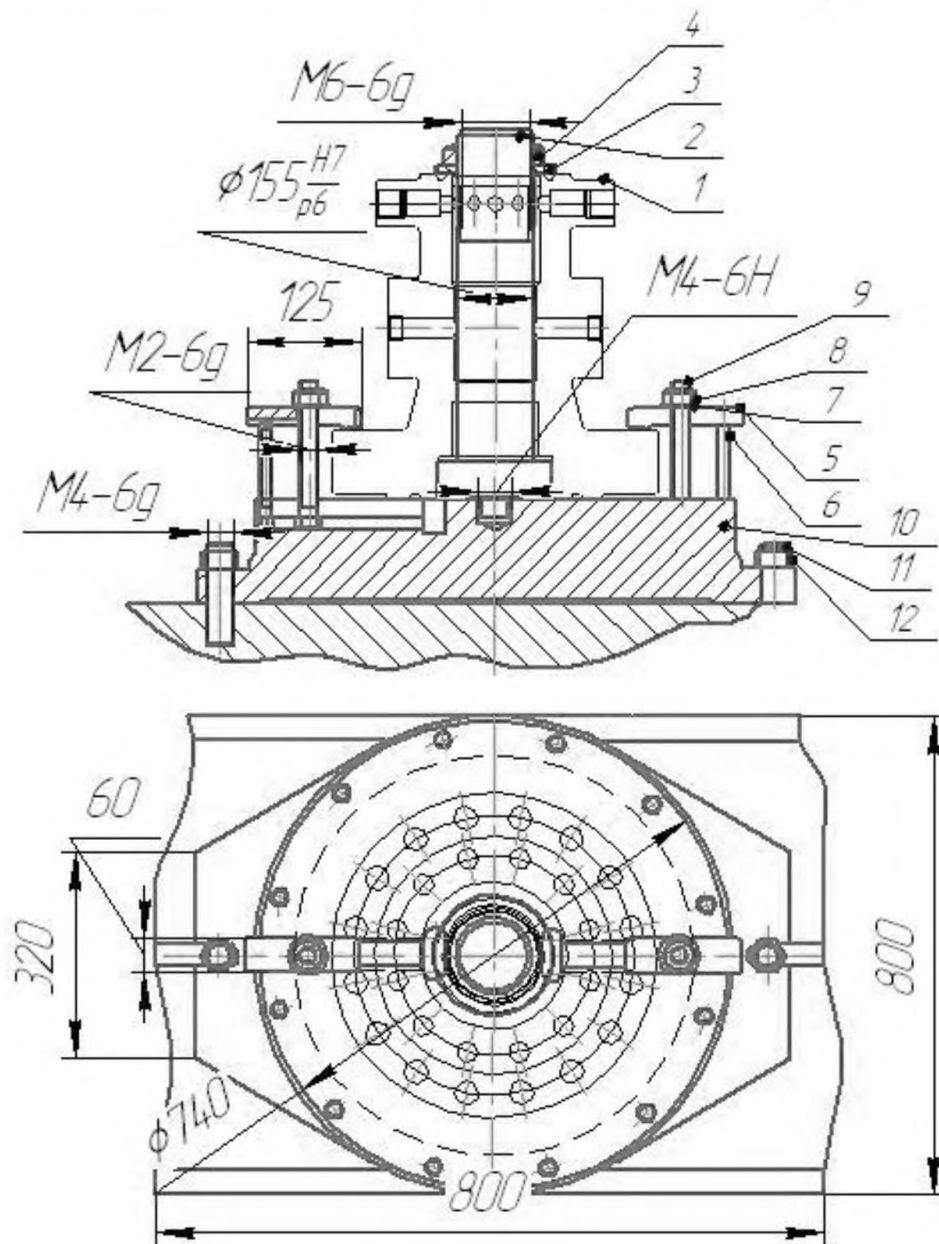


Рисунок 5.5 – Ескіз компоновки пристрою

					КНУ.КМР.131.25.1-15.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Внаслідок того, що пристрій встановлюється без вивірки, має місце $\delta_{р.п.}$ – похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті, яка залежить від величини кута перекосу між двома шпонками верстатного пристрою:

$$\delta_{р.п.} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{l \cdot S_{\max}}{L_{\text{шп}}} = \frac{430 \cdot 0,034}{60} = 0,229 \text{ мм} \quad (5.9)$$

де l – довжина оброблюваної деталі;

$L_{\text{шп}}$ – відстань між шпонками;

$S_{\max}$ – максимальний зазор у сполученнях поверхонь, які базують, тобто зазор між Т-подібним пазом верстата і шпонкою верстатного пристрою:

$$S_{\max} = 0.021 + 0.013 = 0.034 \text{ мм} \quad (5.10)$$

Розрахунок на точність верстатного пристрою.

Сумарна похибка пристрою розраховується за формулою:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_6^2 + \delta_{р.п.}^2 + \delta_{п.р.}^2 + \delta_3^2 + \delta_{п.м.}^2 + \delta_{зн}^2} \quad (5.11)$$

де K – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу. $K = 1,1 \dots 1,2$;

δ_6 – похибка базування заготовки у верстатному пристрої;

$\delta_{р.п.}$ – похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті;

$\delta_{п.р.}$ – похибка розташування направляючих елементів пристрою щодо базових поверхонь верстатного пристрою;

δ_3 – похибка закріплення заготовки в пристрої;

$\delta_{зн}$ – похибка зносу елементів верстатного пристрою;

$\delta_{п.м.}$ – похибка взаємного розташування у верстатному пристрої опорних елементів з базовими поверхнями деталі.

Похибка базування заготовки у верстатному пристрої 0,05 мм.

Похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті 0,229 мм.

Похибка взаємного розташування у верстатному пристрої опорних елементів з базовими поверхнями деталі $(1/5 \dots 1/3)T$, приймаємо 0,032 мм.

На знос впливають розміри і конструкція установочних елементів, матеріал і маса оброблюваної деталі, стан її базових поверхонь. Нехтуємо похибкою зношення елементів верстатного пристрою, через незначну її величину.

Розрахунок точності пристрою варто вести в наступній послідовності:

1) з розмірів, що витримуються на операції, виділити ті, на точність яких впливає пристрій;

2) з них вибрати для перевірки розмір з мінімальним допуском;

3) виявити всі складові похибки, які впливають на точність розміру, що перевіряються;

4) визначити максимальне значення кожної із складових похибок;

5) обчислити підсумкову похибку.

Обчислюємо підсумкову похибку за формулою 5.11:

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{0,005^2 + 0,229^2 + 0,032^2 + 0,05^2} = 0,29 \text{ мм}$$

Умова точності пристрою виконується якщо:

$$\delta_{\Sigma} \leq 0,3T \quad (5.12)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-15.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$0,29 \leq 0,3 \cdot 0,16$$

$$0,29 \leq 0,48$$

Пристрій буде забезпечувати задану точність обробки, отже, доцільно використовувати розроблений спеціальний пристрій для фрезерної операції.

5.2 Проектування контрольного пристрою

Проводимо проектування контрольного пристосування для контролю радіального биття поверхні $\phi 300$, його значення не повинно перебільшувати 0,2 мм. Базування деталі здійснюється за зовнішню циліндричну поверхню $\phi 430$ мм та внутрішню циліндричну поверхню $\phi 230H9$.

Виконуємо схему контролю згідно вимогам по точності, відхиленню форми і розташуванню поверхонь (рис. 5.6, 5.7). За розробленою схемою контролюємо радіальне биття.

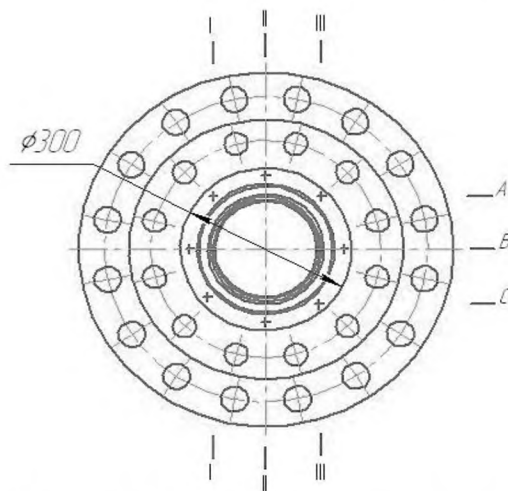


Рисунок 5.6 – Схема контролю

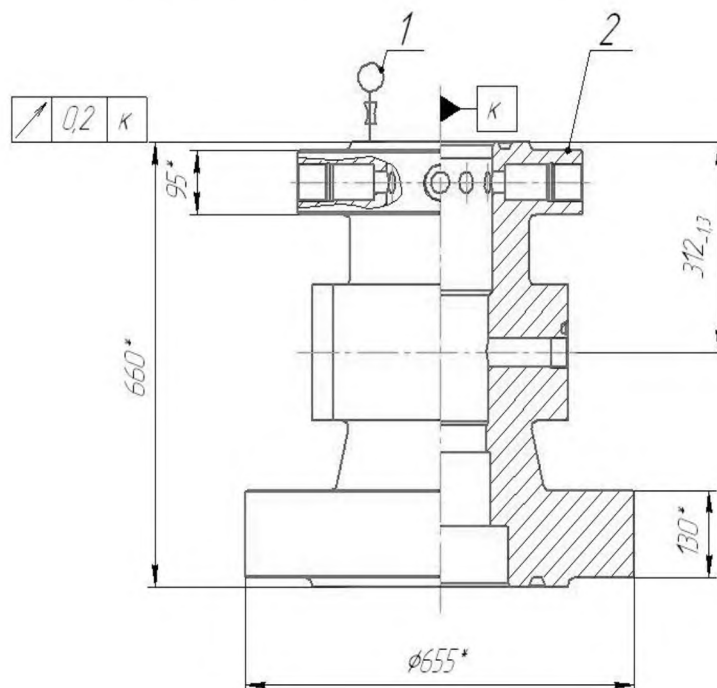


Рисунок 5.7 – Ескіз схеми контролю (1 – індикатор; 2 – деталь)

					КНУ.КМР.131.25.1-15.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

При виконанні контролю деталь встановлюємо на прийомний стіл, і лишаємо її двох ступенів вільності. Для цього розроблюємо схему базування деталі (рис. 5.8).

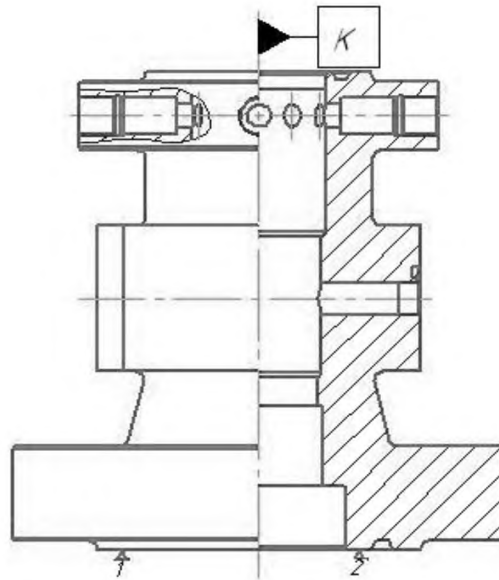


Рисунок 5.8 – Ескіз схеми базування деталі при виконанні контролю

Вибір і проектування установчих елементів пристрою виконуємо відносно схем базування та контролю, а також конструктивних параметрів деталі.

Вибір установчих елементів виконуємо відповідно до стандарту. До установчих елементів контрольного пристрою входять: плита стальна – 7081-0247-DIN 6916. Виконуємо ескіз установчого елемента на рисунку 5.9.

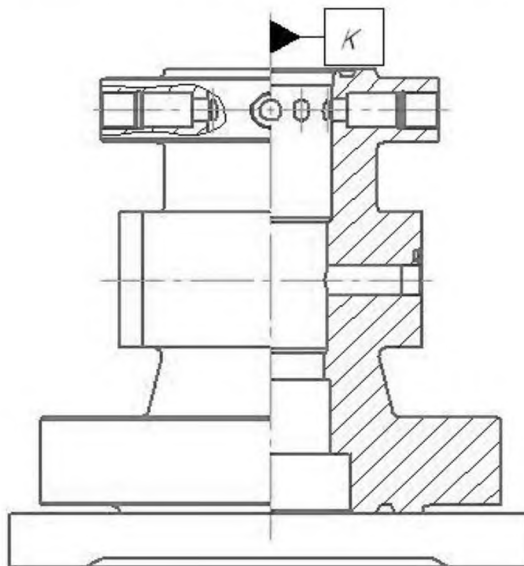


Рисунок 5.9 – Ескіз установчого елемента

Вибір засобів контролю варто проводити з урахуванням допустимої похибки контролю. Контрольний прилад вибираємо на порядок точніше, ніж вимоги визначені на робочому кресленні деталі. Вимірювальні засоби вибираємо в залежності від точності вимірювальної величини 0,05 мм. В якості вимірювального

					КНУ.КМР.131.25.1-15.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрою вибираємо індикатор годинникового типу GARWIN (GMG-MU25) (рис. 5.10), ціна поділу якого повинна бути на порядок точніше від вимірювальної величини, тобто дорівнювати 0,001 мм.

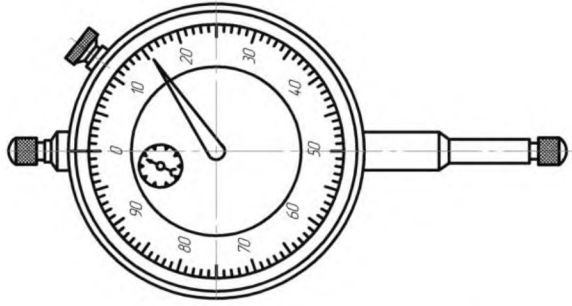


Рисунок 5.10 – Ескіз контрольного приладу

5.2.1 Загальна компоновка контрольного пристрою

Для виконання загальної компоновки контрольного пристрою (рис.5.9) необхідно вибрати або спроектувати базові і допоміжні деталі [6, 10].

На рисунку 6.9 зображена деталь 1, в отвір $\varnothing 178H7$ якої вставлена втулка 2 і 7, які закріплені в корпусах 3, 8 відповідно. Радіальне биття перевіряємо торцевим індикатором 6, через важіль 4. Пружина 5 утримує важіль 4 від перекосу.

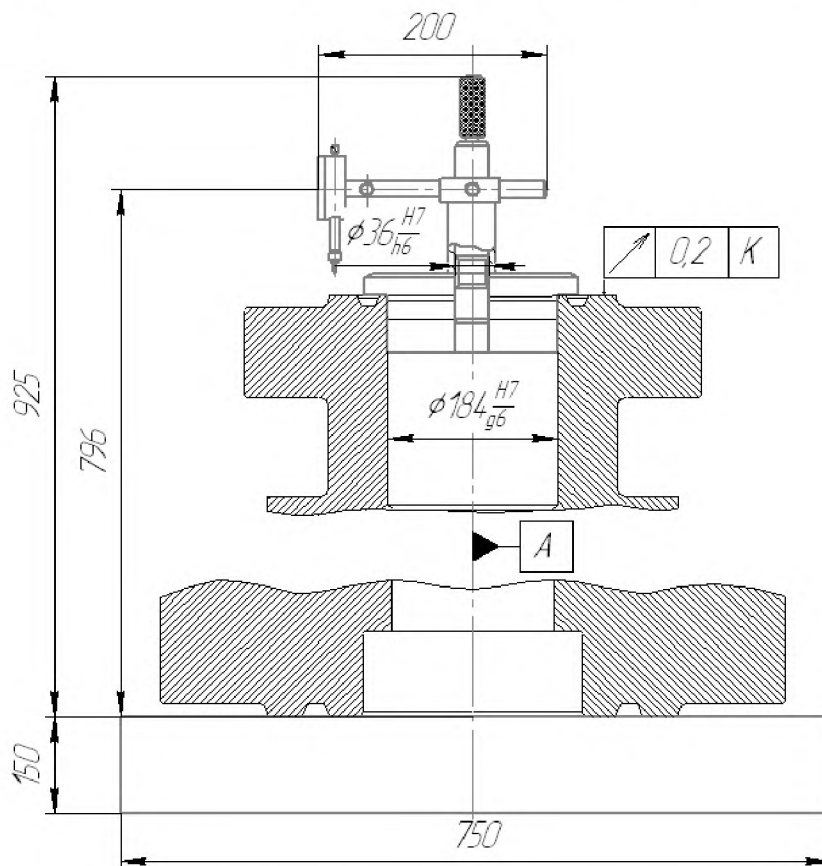


Рисунок 5.11 – Ескіз компоновки пристрою

Вимірювання починаються з того, що попередньо стрілку індикатора налаштовують на нуль, в який вводиться оправка 2 з корпусом 3. Оправку 7

					КНУ.КМР.131.25.1-15.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

провертаємо навколо своєї осі. Важіль 4 дотикається зовнішньої поверхні корпусу 8 оправки 7 і передає на індикатор 6 через чуттєвий наконечник значення. Радіальне биття не повинно перевищувати 0,2 мм.

5.2.2 Розрахунок точності контрольного пристрою

Розрахунок точності контрольного пристрою виконується в такій послідовності:

- 1) визначення допустимої похибки контролю;
- 2) визначення сумарної похибки контролю.

Допустима похибка контролю може досягати від 8% до 30% від допуску на розмір, що контролюється.

Допустима похибка вимірювання буде:

$$[\Delta] = 0,08 \div 0,3 \cdot T, \text{ мм}; \quad (5.13)$$

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

$T=0,05\text{мм}$. – допуск на параметр, що контролюється.

$$[\Delta] = 0,1 \cdot 0,2 = 0,02 \text{ мм}.$$

В залежності від величини допуску на параметр підбирається вимірювальний прилад, який повинен бути на порядок точніше.

Сумарна похибка контролю визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{л.р.}} + \Delta_{\text{п.п.}} + \Delta_{\text{у.е.}} + \sqrt{\Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{\text{деф}}^2 + \Delta_{\text{вин}}^2 + \Delta_{\text{з}}^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2}, \quad (5.14)$$

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

$\Delta_{\text{п.п.}}$ – похибка передаючих пристроїв (важелів), $\Delta_{\text{п.п.}} = \frac{1}{5} \cdot 0,02 = 0,004\text{мм}$;

$\Delta_{\text{у.е.}}$ – похибка виготовлення установчих елементів відхилення від плоскостності та прямолінійності опорної плити $\Delta_{\text{у.е.}} = 0,006\text{ мм}$;

Δ_{σ} – похибка базування;

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

$\Delta_{\text{вин}}$ – випадкові похибки, $\Delta_{\text{вин}} = 0,05 \cdot T = 0,05 \cdot 0,2 = 0,01\text{мм}$;

$\Delta_{\text{з}}$ – похибка закріплення;

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

Остаточно формула 5.14 буде мати вигляд:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{п.п.}} + \Delta_{\text{у.е.}} + \sqrt{\Delta_{\text{вин}}^2 + \Delta_{\text{інд.}}^2}, \quad (5.15)$$

$$\Delta_{\Sigma} = 0,004 + 0,006 + \sqrt{0,01^2 + 0,001^2} = 0,02\text{мм}.$$

					КНУ.КМР.131.25.1–15.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розробка плану робочого місця

6.1.1 Розробка загального компонування та принцип розташування обладнання в цеху

По заданому виду і типу виробництва класифікуємо цех у якому буде розміщене робоче місце за ознаками:

- серійний випуск виробів 1000 штук;
- рівень механізації й автоматизації виробничих процесів - 4;
- маса виробу 460 кг, габарити виробу 655×660 мм – цехи легкого машинобудування;
- точність виготовлених виробів визначаємо по самій точній поверхні - поверхня 31 шорсткістю Ra 0,8, точність по 6 квалітету.

Вибираємо форму організації виробництва, режим роботи цеху з урахуванням розвитку виробництва.

6.1.2 Аналіз технологічного процесу виготовлення заданої деталі

На даному робочому місці виконується обробка на верстаті SINO HMC800. Перелік виконуваних операцій представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Розробка технологічних операцій

Номер операції, верстат	Назва операції	Зміст переходів технологічної операції	T _{шт.к}
1	2	3	4
025 Горизонтальний обробний центр SINO HMC800	Фрезерна з ЧПК	Установ А 1.Фрезерувати поверхні в розмір 1,2	30,46
030 Горизонтальний обробний центр SINO HMC800	Свердлильна з ЧПК	Установ А 1. Встановити, закріпити, зняти 2. Свердлити та розточити отвори в розмір 1 3. Свердлити 2 отвори під поверхні вид Г 4. Розточити поверхню в розмір 2 5. Розточити поверхню в розмір 3 6. Підрізати торець в розмір 4 7. Точити поверхню під різьбу M56x2-6H	27,77

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-15.06.0ЕПВ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Організаційно- економічна підготовка виробництва</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаев</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Архів</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4
030		8. Розточити канавку в розмір 5 9. Розточити фаску в розмір 6 10. Нарізати різьбу M56x2-6H 11. Свердли́ти та розточити отвір в розмір 10 12. Точити фаску в розмір 11 13. Розточити 2 отв. в розмір 12 14. Свердли́ти отвір та нарізати різьбу M20-6H Установ Б 15. Встановити, закріпити, зняти 16. Свердли́ти отвори під отвори Ø48 17. Розточити отвори в розмір 13 18. Свердли́ти отвори під отвори Ø18,25 19. Розсвердли́ти отвори в розмір 14 20. Нарізати різьбу в р-р 15 21. Свердли́ти отвори в розмір 16 22. Свердли́ти отвори під різьбу M3-6Hx6-10 23. Нарізати різьбу в розмір 17	

Визначаємо обсяг партій запуску-випуску деталей, які підлягають обробці на робочому місці з урахуванням розвитку і неритмічності виробництва.

Приймаємо об'єм партії запуску – випуску деталі 2 шт., при двохзмінному виробництві – 960 хв.

6.1.3 Визначення засобу та способу транспортування деталей у цеху

Враховуючи масу та габаритні показники виробу, тип та вид виробництва, визначаємо засоби та способи транспортування деталей в цеху, та засоби для переміщення виробів в межах запланованого робочого місця: електромостовий кран та електрокари.

6.1.4 Визначення площі, необхідної для зберігання та накопичення заготовок та оброблених деталей на робочому місці

Враховуючи масу та габаритні показники деталей, а також партію запуску вибираємо тару сітчастого типу IC-1288-1 для зберігання та транспортування деталей.

Площу необхідну для зберігання деталей та заготовок на робочому місці знаходимо за формулою:

$$S_1 = 3 \cdot S \cdot k \quad (6.1)$$

$$S_1 = 3 \cdot 960 \cdot 1.3 = 3744 \text{ м} = 3.7 \text{ м}^2$$

де S - площа в плані яку займає тара, м²

k - коефіцієнт площі необхідний для завантаження – розвантаження тары, k = 1,3

					КНУ.КМР.131.25.1-15.06.06ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Габаритні параметри тари сітчастої типу IC-1288-1

Вантажопід'ємність, кг	Габарити, мм	Маса, кг
1000	1200x800x963	85

6.1.5 Визначення площ для зберігання інструментів та технологічного оснащення на робочому місці

Обираємо тумбочку інструментальну для збереження інструмента, прийомний стіл для розміщення деталей та заготівель, також стіл виробничий для оснащення робочого місця станочника.

Обираємо столик прийомний комбінований модель СД703.01В Габаритні параметри приведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Габаритні параметри столика прийомного.

Вантажопід'ємність, кг	Габарити, мм	Маса, кг
загальна 2000	платформи 300	2000×630×80
		281.5

Обираємо тумбочку інструментальну для збереження інструмента моделі СМ3746.07. Габаритні параметри приведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Габаритні параметри тумбочки інструментальної

Вантажопід'ємність, кг		Хід ящика, мм	Габарити, мм
тумбочки	ящика		
250	25	590	600×500×1108

Обираємо стелаж – підставку моделі СД3702.10. Габаритні параметри приведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Габаритні параметри стелажу – підставки

Вантажопід'ємність, кг	Габарити, мм	Маса, кг
2000	1200x750x300	51

Виходячи з умов організації підприємства, обираємо кількість змін, маса габаритних показників деталей, а також її технологічності і параметри потрібного допоміжного обладнання для збереження інструментів і технологічної оснастки.

Площу необхідну для його розміщення можна визначити за формулою:

$$S_2 = S_{ст} \cdot k_1 + S_{ин.т.} \cdot k_2 + S_{ст.пр.} \cdot k_3 \quad (6.2)$$

$$S_2 = 1260 \cdot 1,1 + 900 \cdot 2 + 300 \cdot 2 = 3,8 \text{ м}^2,$$

де $S_{ст}$ - площа в плані стола приймального, м^2 ;

k_1 коефіцієнт площі, яку займає приймальний стіл ($k_1 = 1,1$);

$S_{ин.т.}$ - площа в плані інструментальної тумби, м^2 ;

k_2 - коефіцієнт займаємою площею інструментальною тумбою ($k_2 = 2$);

$S_{ст.пр.}$ - площа в плані стелажу для пристосувань, м^2 ;

k_3 - коефіцієнт займаної площі стелажем для пристосувань ($k_3 = 2$).

					КНУ.КМР.131.25.1-15.06.06ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1.6 Розрахунок площ та вибір обладнання для допоміжних технологічних цілей

Визначаємо зміст всіх допоміжних процесів пов'язаних з обслуговуванням верстата (приготування ЗОР, збір та транспортування стружки, прибирання робочого місця.)

Система обслуговування являє собою сукупність взаємопов'язаних функцій обслуговування для забезпечення нормального технологічного процесу.

Від організації обслуговування залежить продуктивність праці та його ефективність.

Площа для допоміжних технологічних цілей визначається:

$$S_3 = k_4 \cdot (S_{\text{об}} + S_1 + S_2) \quad (6.3)$$

$$S_3 = 0,5 \cdot (25,8 + 3,7 + 3,8) = 16,65 \text{ м}^2$$

де $S_{\text{об}}$ – площа в плані верстата – $25,8 \text{ м}^2$

k_4 – коефіцієнт займаємою площею для обслуговування робочого місця ($k_4 = 0,5$).

6.1.7 Розрахунок загальної площі робоче місце

Визначаємо площу для проектного робочого місця:

$$S_{\text{р.м}} = S_{\text{об}} + S_{\text{р}} + S_1 + S_2 + S_3 \quad (6.4)$$

$$S_{\text{р.м}} = 25,8 + 4,5 + 3,7 + 3,8 + 16,65 = 54,45 \text{ м}^2$$

де $S_{\text{р}}$ - площа робочого місця верстатника – $4,5 \text{ м}^2$

6.1.8 Компонування робочого місця

Компонування здійснюємо враховуючи габарити обладнання, допоміжні площі, вимоги техніки безпеки по забезпеченню робочого місця.

На робочому місці розташовуємо: основне технічне обладнання, допоміжне обладнання, пристрої, тару та інструмент.

Для знаходження оптимального варіанту організації робочого місця розробляємо спеціальну систему оцінки різних варіантів.

Робоче місце поділяємо на зони в залежності від трудових рухів (переміщення предметів праці до місця установки та назад).

Бальна система оцінки робочих місць за часом маніпуляції. Вона побудована таким чином, що зі зменшенням затрат часу на маніпуляції з предметом праці або інструментом число балів зростає.

Для даного робочого місця визначаємо бальну оцінку робочого місця виходячи з розташування на ньому предметів праці і технологічного оснащення:

$$B = \frac{K_{\text{п}} \cdot B_{\text{п}} + K_{\text{и}} \cdot B_{\text{и}}}{K_{\text{п}} + K_{\text{и}}} \quad (6.5)$$

де $B_{\text{п}}$ та $B_{\text{и}}$ - бальна оцінка розташування предметів праці та інструментів на робочому місці;

$K_{\text{п}}$ - кількість установки та зняття деталей, виконаних за зміну;

$K_{\text{и}}$ - кількість прийомів, пов'язаних з користуванням інструментами, за зміну.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.06.06ПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заготовки на приймальному столі в тарі:

Б – 1 – 3 – 1 – О = 156.

Деталі в тарі на приймальному столі:

Б – 1 – 2 – 1 – О = 186.

середнє 16,56.

Інструмент на столі:

А – 1 – 2 – 1 – П = 196.

Б – 1 – 2 – 2Н – П = 166.

середнє 17,56.

$$B = \frac{6 \cdot 16,5 + 12 \cdot 17,5}{6 + 12} = 17,16 \approx 17$$

Висновок: За один бал - 0,1 сек економія на обробку однієї деталі.

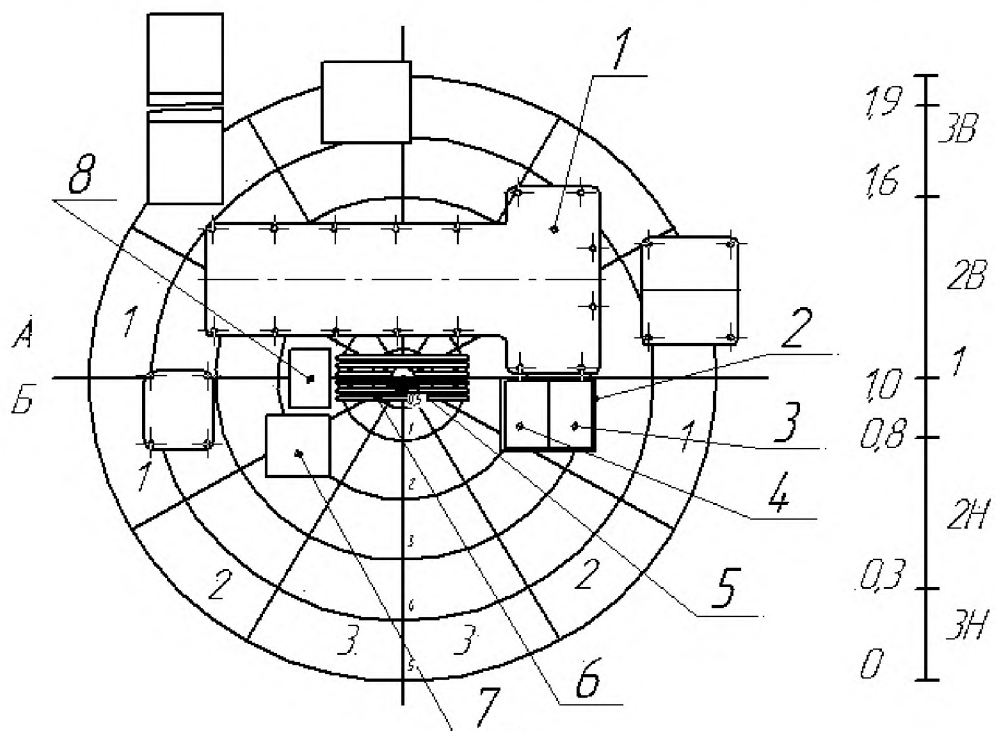


Рисунок 6.1 – Схема розташування робочого місця:

1 – вертикальний обробний центр SINO HMC800; 2 – прийомний стелаж-підставка; 3 – тара для заготовок; 4 – тара для готових деталей; 5 – стілець; 6 – грати під ноги; 7 – стелаж для пристосувань; 8 – інструментальна тумбочка.

6.1.9 Розробка схеми встановлення та кріплення верстата. Розрахунок фундаменту

У цеху заводу верстатне обладнання встановлюють на фундаменті відповідно конструкції та розмірам опорної площі кожного верстата. Малогабаритні та середньогабаритні верстати встановлюють на загальну бетонну плиту підлоги цеху та при необхідності закріплюють болтами. Розрахунок фундаменту проводимо на питомий тиск.

Висоту фундаменту приймаємо для верстата SINO VMC1270 - 1м.

Вагу фундаменту знаходимо за формулою:

					КНУ.КМР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\phi} = Q \cdot q = F \cdot h \cdot q \quad (6.6)$$

$$G_{\phi} = 4.7 \cdot 1 \cdot 5 = 23.5m$$

Q - об'єм фундаменту плити, м³

q - вага 1 м³ бетону 5 т

F - опорна площа фундаментної плити 4,7 м²;

h - висота фундаментної плити 1м.

Загальне навантаження на ґрунт знаходимо

$$P_p = G_{\phi} + G_{ст} + G_d \quad (6.7)$$

$$P_p = 23.5 + 10.050 + 0.49 = 34.04m$$

G_{ст} - вага верстата 10,050 т.

G_д - вага заготовки 0,49 т.

Розрахунок фундаменту ведемо за формулою:

$$P_2 = p \cdot F \quad (6.8)$$

$$P_2 = 4.7 \cdot 343 = 1612.1$$

p - питомий тиск на ґрунт при статичному навантаженні, для міцних ґрунтів
p=343 – 588кН/м²

$$P_p < P_2$$

Ґрунт витримає устаткування верстата разом з фундаментною плитою.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва при ремонті ґрунтових насосів

Ремонт ґрунтових насосів – це доволі спеціалізований технологічний процес, який поєднує механічні, гідравлічні та хімічні фактори. Під час обслуговування такого обладнання працівники контактують із забрудненими середовищами, мастильними матеріалами, зношеними деталями, корозійними продуктами, а інколи й з абразивними залишками ґрунтових сумішей. Усе це створює як екологічні, так і професійні ризики, тому правильна організація виробничої екології та охорони праці є не другорядним елементом, а фактично умовою працездатності підприємства.

6.2.1 Екологічні аспекти ремонтного процесу

На перший погляд може здаватись, що ремонт насосів не має суттєвого шкідливого впливу на довкілля, оскільки не передбачає виробництва нової продукції. Але на практиці ремонтні ділянки часто стають джерелом локальних забруднень: шламів, забруднених мастил, відпрацьованих промивних розчинів і металевого лому. Основними чинниками екологічного впливу є:

6.2.1.1 Відходи, забруднені ґрунтовими сумішами

Після розбирання насосів залишається значна кількість відкладів – часточки піску, глини, мулу, змішані з корозійними продуктами та мастилами. Такий шлам належить до малонебезпечних, але потребує централізованого збору та передачі на утилізацію або зневоднення у спеціальних контейнерах.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

6.2.1.2 Використання мастильних матеріалів та очищувальних розчинів.

Промивання корпусів часто проводять лужними або емульсійними засобами. Якщо не забезпечити замкнуті цикли очищення, підприємство може перетворитися на джерело стічних вод із підвищеною концентрацією ПАР та нафтопродуктів.

6.2.1.3 Металевий лом після зносу робочих коліс, валів, підшипників

Всі ці елементи зазвичай придатні до вторинної переробки, але за умови правильного сортування. Особливо це стосується деталей, що працювали в агресивних середовищах та можуть бути забруднені хімічними реагентами.

6.2.1.4 Шум та вібрації ремонтного обладнання

Хоча шум не є “класичним” забрудненням, його тривале існування на території підприємства створює неприємний акустичний фон і потребує локалізації.

У сучасних виробничих умовах екологізація ремонтних процесів передбачає комплексний підхід: від впровадження замкнених промивних систем до використання біоінгібіторів корозії та малотоксичних мастильних матеріалів. Чим більше циклів повторного використання вдається організувати, тим нижчий екологічний слід підприємства.

6.2.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Ремонт ґрунтових насосів супроводжується низкою факторів, що можуть впливати на здоров'я працівників:

- механічні травми під час демонтажу важких корпусів і робочих коліс;
- підвищена запиленість при очищенні абразивних налипань;
- контакт з агресивними середовищами, якщо насос транспортував розчини із хімічними домішками;
- шум, особливо при роботі зі шліфувальним і токарним обладнанням;
- випари мийних розчинів при гарячому промиванні деталей;
- ризики електротравм у процесі випробування зібраного насосу.

Усе це формує необхідність чітких регламентів захисту персоналу та організації робочого простору.

6.2.3 Основні вимоги з охорони праці

Організація безпечного ремонту ґрунтових насосів включає як технічні, так і організаційні заходи.

6.2.3.1 Підготовка робочого місця

Перед початком робіт насос слід повністю від'єднати від електроживлення, злити залишки ґрунтових сумішей і промити корпуси. Територія навколо стенда має бути сухою, без розлитого мастила чи бруду.

6.2.3.2 Засоби індивідуального захисту

Стандартний комплект включає:

					КНУ.КМР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- захисні окуляри або щиток;
- рукавички стійкі до механічних ушкоджень і хімічного впливу;
- респіратор при роботі зі зчищенням засохлих осадів;
- спецвзуття з металевим носком.

Для промивки деталей у лужних розчинах необхідний додатковий захист шкіри та очей.

6.2.3.3 Підйимально-транспортне обладнання

Оскільки ґрунтові насоси — це важкі агрегати, їх не можна переміщувати вручну. Використовують талі, крани-балки, домкрати, а самі працівники повинні мати навички стропування.

6.2.3.4 Безпечна робота з електрообладнанням

Під час стендових випробувань важливо забезпечити заземлення, аварійне відключення та наявність захисних кожухів. Робота за зачиненим кожухом — одна з ключових вимог.

6.2.3.5 Безпечне поводження з хімічними речовинами

Лужні та емульсійні мийки повинні застосовуватися в вентильованих зонах. Стічні розчини не допускається виливати у каналізацію без попереднього очищення.

6.2.3.6 Навчання персоналу

Щорічні інструктажі, перевірки знань, тренування щодо дій у разі витоків, займання мастил чи травм є базою культури виробничої безпеки.

6.2.4 Технічна екологізація ремонтних процесів

Підприємства, які прагнуть зменшити свій негативний екологічний вплив, поступово впроваджують такі рішення:

- циркуляційні мийні станції із фільтрацією та регенерацією робочих розчинів;
- локальні очисні споруди, що вловлюють мул і нафтопродукти;
- використання гідродинамічних або ультразвукових методів очищення, які знижують потребу в хімії;
- енергоефективні випробувальні стенди із рекуперацією частини енергії;
- оптимізація логістики запчастин для скорочення кількості відходів.

Такі інновації не лише покращують екологічні показники, а й зменшують витрати підприємства в довгостроковій перспективі.

Висновки

Екологія виробництва та охорона праці під час ремонту ґрунтових насосів — це взаємопов'язані аспекти, що формують загальну якість ремонтного процесу. Екологічні заходи знижують вплив на довкілля, а система охорони праці забезпечує безпеку персоналу. У поєднанні ці компоненти дозволяють не лише підтримувати техніку в робочому стані, а й створювати культуру відповідального, сталого виробництва.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено економічний аналіз і визначено собівартість виготовлення деталі «Корпус» за двома варіантами технологічної обробки. У межах дослідження проаналізовано економічну доцільність модернізації виробництва шляхом заміни застарілого обладнання (верстатів моделей W100 та 2H55) на сучасний вертикальний обробний центр SINO SINO HMC800.

Всі результати розрахунків, включаючи визначення строку окупності інвестицій, наведено в таблицях 6.6-6.9. Зокрема, таблиця 6.6 містить вихідні дані, що стали основою для проведення подальших обчислень.

Таблиця 6.6 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	W100	2H55	VMC1270
Деталь			
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1000		1000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	12,6	25,84	23,1
Час наладки верстата, хв.	15	8	20
Розряд:			
	контролера		5
	верстатника		4
	наладчика		3
наладчика інструменту			3
Кількість кадрів програми, шт.	120		230
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	20666		20666
грн	63000	31000	70000
Оптова ціна на прокат одного УСП $C_{усп}$, грн			
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0,5	1	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.	1068		2047
Середньочасова зарплата робітника, грн:			
верстатника $H_{ст}$		150	120
наладчика $H_{нал}$		120	125
наладчика інструмента $H_{ін}$		115	115
контролера H_k		115	145

					КНУ.КМР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.6

Верстати			
Клас точності верстата	П	Н	А
Маса верстата, т	4,2	4,7	9,5
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	2,56 x 2,26	2,665 x 1	3,4 x 2,5
Габарити пристрою ЧПК, м	0,5 x 0,5		0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК			Sinumerik
Строк служби верстата до капітального ремонту T_{pc} , років	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	15
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини R_m	15	15,6	26,86
електротехнічної частини R_e	9,8	9,2	20,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	850000	285000	2520000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,25	0,55	0,85
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	5,8	2,7	8,5
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.	0,25		0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.			
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.	1950	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	4,5	4
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1,5	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975	3975	3845
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
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого A_6 , м. кв.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $H_{пл.}$, грн.	180	180	180

					КНУ.КМР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.7 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	W100	2H55	VMC1270
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	210	430,6667	1000
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5	2,666667	6,666666667
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	2,426667	9,953185	20,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	17,43	35,74533	83
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,11	0,23	0,27
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0027	0,0014	0,0036
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0,001305	0,005351	0,01075
(дійсна)	1	1	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,009	0,02	0,04
(дійсна)	1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,11	0,00	0,15
(дійсна)	1	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	8		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,2164	0,198	0,31

Таблиця 6.8 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей													
$C = И_з + И_n + И_{ин} + И_{пк} + И_{пр} + И_{усп} + И_а + И_{пл} + И_{сл} + И_r + И_y + И_к,$													
де $И_з$ – зарплатня верстатника;													
$И_n$ – зарплатня за наладку верстата;													
$И_{ин}$ – зарплатня наладжувальника інструмента поза верстатом;													
$И_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми;													
$И_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань;													
$И_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних													
$И_а$ – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;													
$И_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;													
$И_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;													
$И_r$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;													
$И_y$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;													
$И_к$ – зарплатня контролера													
											C_1 на деталь =	247,31	
											C_2 на деталь =	243,44	
	$И_з$	$И_n$	$И_{ин}$	$И_{пк}$	$И_{пр}$	$И_{усп}$	$И_а$	$И_{пл}$	$И_{сл}$	$И_r$	$И_y$	$И_к$	
$C_1 =$	138255	+ 1703,52	+ 1435,82	+ 1,07	+ 35093,3	+ 0	+ 3293,33	+ 1370,29	+ 56000	+ 3622,3	+ 421,89	+ 6115,16	247311,84
$C_2 =$	132970	+ 1572,48	+ 234,00	+ 682,33	+ 26133,3	+ 0	+ 26444,88	+ 3024,00	+ 35000	+ 4742,5	+ 600,63	+ 12035,00	243438,76

					КНУ.КМР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змі.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.8

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		$K_{зд}$		$K_{сл}$		$K_{нез}$		$K_{пр}$		$K_{п.у.}$		
$K_1 =$	264428	+	3806	+	56000	+	1292786	+	94000	+	1068	=	1712088
$K_2 =$	498960	+	3150	+	28000	+	1122537	+	70000	+	2047	=	1724693,85

Таблиця 6.9 – Показники приведених витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності

Приведені витрати				
$З_1$	=	C_1	+	$E_n \cdot K_1$
504125		247312		0,15 · 1712088
$З_2$	=	C_2	+	$E_n \cdot K_2$
502143		243439		0,15 · 1724694

Річний економічний ефект			
E	=	$З_1$	- $З_2$
1982		504125	502143

Строк окупності				
$T_{ок}$	=	$(K_2 - K_1)$	/	$(C_1 - C_2)$
3,25		1724694 - 1712088		247312 - 243438,8

Результати аналізу підтверджують, що заміна двох морально та фізично зношених верстатів на один високопродуктивний верстат із ЧПК забезпечує суттєве скорочення тривалості технологічного процесу. Здійснення запропонованої модернізації є економічно обґрунтованим, оскільки прогнозований строк окупності становить 3,25 роки, а річний економічний ефект сягає 1982 грн.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ СТРОКУ СЛУЖБИ ҐРУНТОВИХ НАСОСІВ

Ефективність будь-якого підприємства прямо залежить від продуктивності праці та надійності роботи обладнання. Постійний аналіз процесів, які відбуваються в працюючих машинах, є одним із найефективніших способів контролю стану промислового обладнання. Довговічність деталей і вузлів устаткування, пов'язаного з переробкою й транспортуванням абразивних матеріалів на гірничо-збагачувальних підприємствах, кольоровій та чорній металургії, визначається перш за все зносостійкістю їх робочих поверхонь. Аналіз досвіду експлуатації показує, що строк служби великої групи деталей у цих умовах дуже малий і часто становить одну або кілька робочих змін.

При вирішенні діагностичних задач важливо не лише виявити потенційно небезпечні дефекти на початкових стадіях, але й визначити величину та вид дефекту. Лише в цьому випадку та за відомих швидкостей розвитку кожного дефекту можна отримати довгостроковий прогноз стану або залишковий ресурс машини чи її вузла.

7.1 Основна частина

Одним із основних видів обладнання на фабриках мокрої магнітної сепарації є ґрунтові насоси.

Ґрунтові насоси (рис. 7.1) застосовують для перекачування піщано-гравійних, гравійних, шлакових, золошлакових та інших гідросумішей. Параметри гідросуміші мають бути такими: рН = 6...8, густина не більше 1300 кг/м³, температура не вище 70 °С.

Ґрунтові насоси виготовляються різних типорозмірів з продуктивністю від 20 до 8000 м³/год і напором від 10 до 80 м вод. ст. Потужність двигуна коливається від 20 до 2000 кВт.

Робота з абразивним ґрунтом призводить до швидкого стирання робочого колеса та захисних бронецилиндрів насосів. На фабриках обробки для відновлення бронецилиндрів і робочих коліс застосовують метод корундування [12]. За цим методом захисту металеві корпуси насосів можуть використовуватися кілька разів. Зношені поверхні відновлюються до початкових розмірів шляхом нанесення шару абразивної маси. Абразивний шар можна наносити без термічного зміцнення, тому велике значення має можливість реставрувати на місці зношені металеві деталі: корпуси улит і колеса насосів [13]. Нанесення абразивних покриттів на реставровані поверхні виконують вручну при звичайних температурах.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-15.07.КОЕПР</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>			<i>Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів</i>	<i>/іт.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркцифр</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						

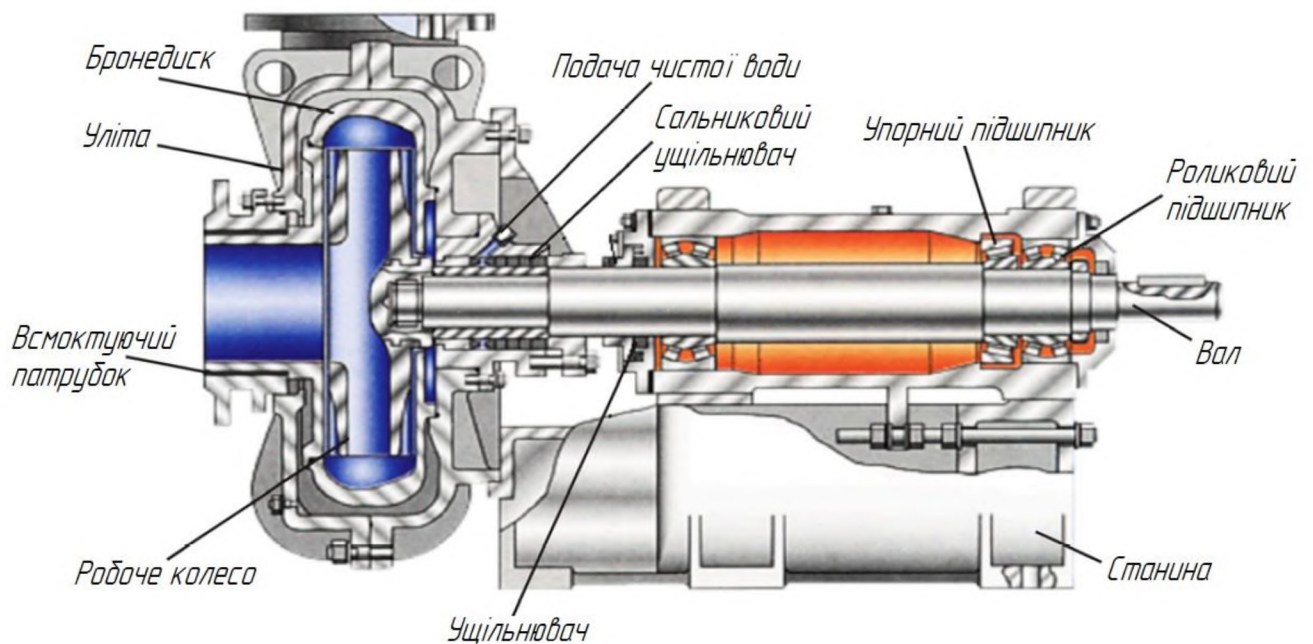


Рисунок 7.1 – Загальний вигляд ґрунтового насосу

7.2 Технологія виготовлення деталей з абразивних сумішей

Технологія полягає у приготуванні суміші, її пресуванні, просочуванні та полімеризації. В якості наповнювача абразивної суміші використовується електрокорунд. Для склеювання зерен абразивного матеріалу застосовують бакеліт марок А і Б. Абразивною сумішшю заповнюють прес-форму. Для підвищення міцності виробів застосовують металевий каркас. Формування і пресування робочих коліс піщаних і ґрунтових насосів виконують у кілька прийомів: на піддоні зі ступицею, оточеною двома напівобоймами – формування диска; з укладанням сухарів і встановленням крильчатки – формування крильчатки. Перше та друге пресування виконують при зусиллі преса 100 т, третє – 400 т. Для надання виробу необхідної міцності деталь на піддоні або в прес-формі піддають полімеризації при температурі 100-180 °С протягом 8 годин. Потім деталь просочують бакелітом і повторно полімеризують. Відформовану деталь можна зберігати до полімеризації не більше 20-30 год.

Улити насосів спочатку покривають абразивною сумішшю по торцю, потім пресують у прес-формі. Далі абразивна суміш наноситься на поверхню ули. Після пресування під тиском 3-5 МПа деталь піддають полімеризації. Після зниження температури до 60-70 °С улита витягується, і за допомогою пензля на її поверхню наноситься бакеліт марки В до повного насичення, після чого процес полімеризації повторюється.

Технологія корундування включає такі операції:

1. Поверхня, що підлягає корундуванню, повинна бути сухою та очищеною від ливарного піску, окалини, мастил тощо.
2. Перед нанесенням суміші поверхню потрібно покрити шаром бакеліту за допомогою волосяної кисті. Кришку насоса перед корундуванням встановити на

					КНУ.КМР.131.25.1-15.07.КОЕПР		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

підставку, закріпити болтами, поставити заглушку на патрубок. Змастити тонким шаром солідолу поверхні, що контактують з абразивною сумішшю.

3. Заповнити сумішшю простір між оправкою і корпусом насоса, утрамбувати до більшої щільності пневматичною трамбівкою, витримуючи товщину шару корпусу за шаблоном згідно з кресленням.

4. Встановити і закріпити пуансон, покритий тонким шаром солідолу. Наповнити сумішшю боковий простір між пуансоном і стінкою кришки і утрамбувати. Закріпити фігурний фланець болтами, змастивши його тонким шаром солідолу. Чим краще ущільнення суміші, тим вища якість корундування.

5. Завантажити корундовані кришки насосів у контейнер за допомогою крана. Першу кришку встановити на дно контейнера, наступні укласти поетажно на сталеві прутки, вставлені в бокові отвори контейнера. Заповнений контейнер краном завантажити в електропеч.

6. Провести термообробку (поліконденсацію) корундованих кришок у печі за режимами (див. таблицю). Час від утрамбування корундованої суміші до термообробки не більше 30 год.

7. Після термообробки відключити електропеч, відкрити камеру і охолодити її до температури 60 °С. Розвантажити контейнер.

8. Вибити оправку з кришки, зняти фланець, відкрутивши кріпильні болти.

9. Просочити абразивний шар рідким бакелітом. Після просочення провести повторну термообробку.

10. Утворену міцну плівку на абразиві видалити металевим шкребком із застосуванням засобів захисту рук і очей. Передати кришки до відділу технічного контролю.

Основним недоліком абразивних деталей є груба, нерівна поверхня виробу. Після нетривалої експлуатації поверхня стає ще більш горбистою через нерівномірне зношування абразивних покриттів. Це призводить до зниження коефіцієнта корисної дії машин. Крім того, на обертових деталях (робочих колесах насосів) різко порушується балансування, що може призвести до руйнування механічних частин машини: розриву або вигину вала, пошкоджень підшипників та інших деталей [14].

Таблиця 7.1 – Режими роботи електропечі

Насос	Температура печі, °С	Час витримки, год
Насос 28Гр-8Т	80,100,120,140,160,180	1,1,1,1,1,11
Насос 8ГрК-8	80,100,120,140,160,180	1,1,1,1,1,6
Насос 5ГрК-8	80,120,140,160,180	1,1,1,2,3

Через нерівномірне зношування абразивне покриття стає грубим і нерівним, що веде до зниження ККД та дисбалансу.

7.3 Навантаження на вал та оцінка прогину

На вал і підшипники ґрунтового насоса діють такі навантаження:
- крутний момент, що передається від двигуна робочому колесу;

					КНУ.КМР.131.25.1-15.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

- поперечні сили (нормальні до осі насоса), що виникають від власної ваги робочого колеса;
- поперечні сили, що виникають при порушенні осьової симетрії потоку поза робочим колесом;
- осьові сили, що виникають через протікання пульпи через робоче колесо і порожнини насоса.

Згинаючий момент, що виникає від власної ваги колеса і від центробіжної сили маси колеса, з'являється при обертанні вала через невідходження центру тяжіння колеса у геометричну вісь вала (рис. 7.2). Величина масового ексцентриситету, що виникає в результаті нерівномірного зношування робочого колеса, приблизно рівна:

$$e_m \approx 2(0,005 \dots 0,01)D_2. \quad (7.1)$$

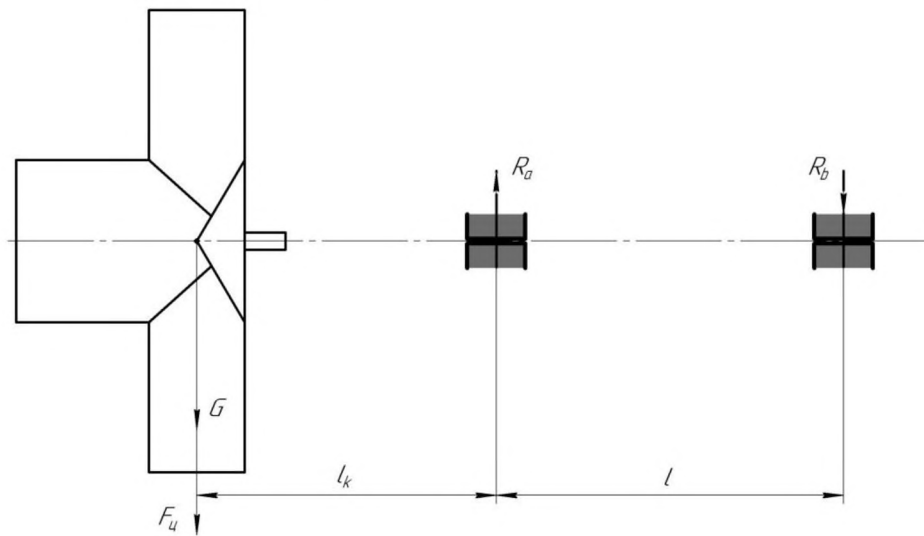


Рисунок 7.2 – Розрахунок прогину вала

Допустимий прогин кінця вала, що несе робоче колесо, можна оцінити за нерівністю:

$$y \leq 0,001l_k, \quad (7.2)$$

де l_k – довжина консолі вала (від центра тяжіння робочого колеса до центра першого підшипника).

Сумарний ексцентриситет:

$$e = e_m + y. \quad (7.3)$$

Центробіжна сила:

$$F_u = \frac{G \cdot e \cdot n^2}{900}, \quad (7.4)$$

де G – вага робочого колеса, Н.

Прогин кінця вала, що працює за схемою рис. 7.2, визначається виразом:

$$y = \frac{(G + F_u) \cdot (l + l_k) \cdot l_k^2}{3 \cdot E \cdot I}, \quad (7.5)$$

де E – модуль пружності матеріалу вала, Па;

I – момент інерції вала, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.07.КОЕПР		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата			

Ці формули дають дещо завищене значення прогину. Методика дозволяє приблизно оцінити попередній дисбаланс, що виникає при зношуванні робочих елементів.

7.4 Автоматизований розрахунок і моделювання

За допомогою програми Solid Works Simulation можна детально розрахувати параметри вала: реакції в опорах; епюри моментів вигину і кутів вигину; епюри моментів кручення і кутів закручування; деформований стан вала; напружений стан при статичному навантаженні; коефіцієнт запасу по втомній міцності; епюри розподілу поперечних сил; власні частоти і власні форми вала.

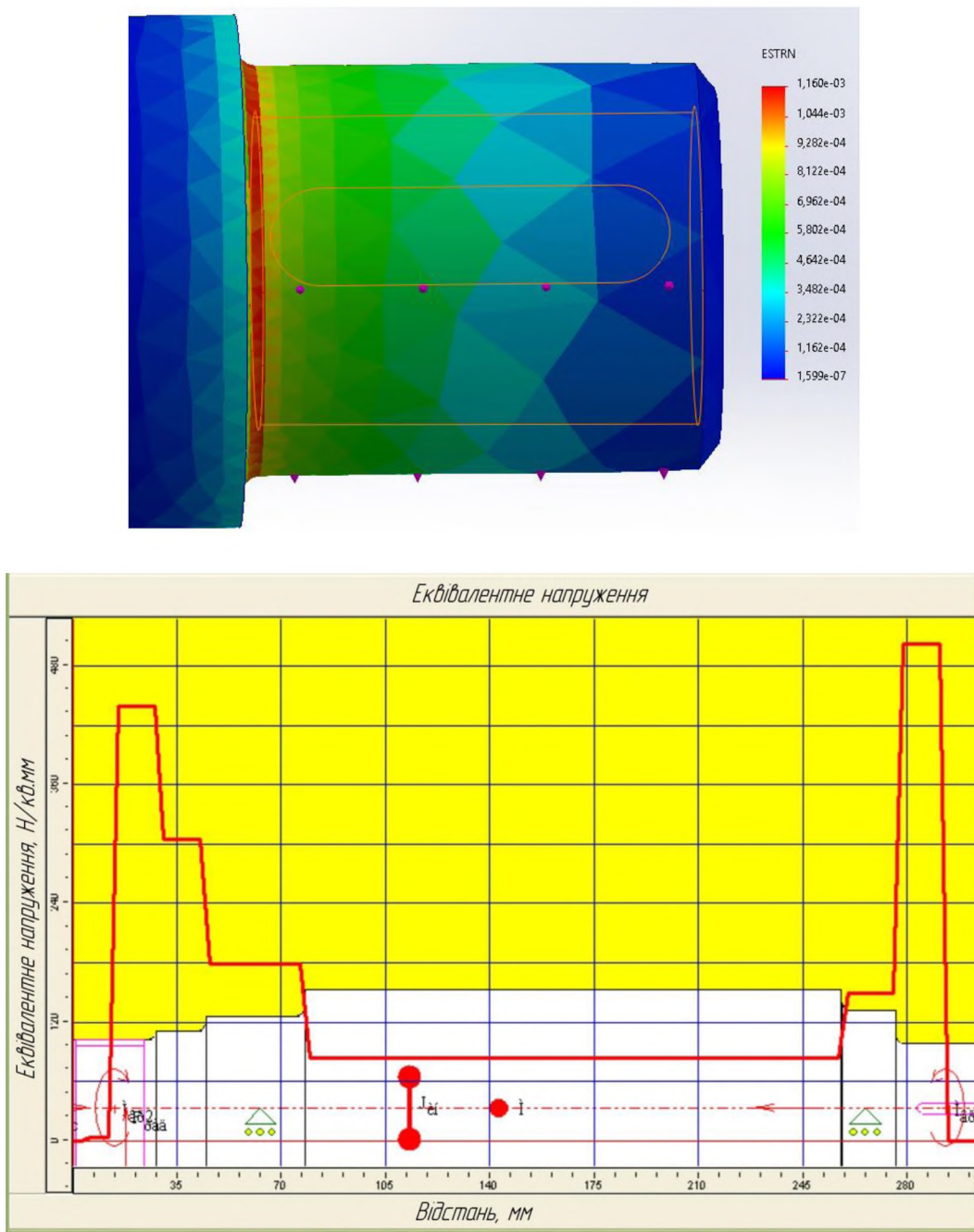


Рисунок 7.3 – Дослідження вала ґрунтового насоса 28Гр-8Т

					КНУ.КМР.131.25.1-15.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі прикладених до вала навантажень визначалися еквівалентні напруження під підшипниковими опорами, де виявлено найбільші значення напруг – отже, необхідно розробити діагностичні заходи для виявлення залишкового ресурсу та запобігання роботі при підвищених коливаннях вала.

При коливальному обертанні відбувається інтенсивне зношування підшипників, тому для виявлення внутрішнього стану насоса слід застосовувати один із методів неруйнівного контролю.

7.5 Методи неразрушаючого контролю та вібраційна діагностика

Відомі методи контролю:

- механічний (вимірювання геометричних розмірів деталей);
- електричний (вимірювання електричних величин, що дозволяє за непрямыми параметрами оцінити стан частин машин);
- вібраційний (вимірювання параметрів вібраційних процесів: вібропереміщення, віброшвидкість, віброускорення);
- акустичний (реєстрація пружних коливань – структурного шуму, що змінюється з розвитком зносу);
- ультразвуковий (реєстрація відбитих від меж різних середовищ ультразвукових хвиль);
- метод ударних імпульсів (реєстрація механічних ударних хвиль при зіткненні твердих тіл);
- тепловий (вимірювання температури діагностованих об'єктів);
- електромагнітні методи (реєстрація полів розсіювання, вимірювання магнітного опору тощо);
- спектрографічний і хімічний (визначення продуктів зношування в мастилі та їх хімічного складу);
- радіаційний (реєстрація зміни інтенсивності випромінювання діагностованого об'єкта);
- фотоелектричний (вимірювання освітленості).

Діагностика за вібрацією – один із найефективніших способів: більше ніж у 80% випадків при появі незворотних змін стану окремих вузлів змінюються параметри вібрації. Періодичний контроль вібрації дозволяє виявити незворотні зміни до відмови машини.

Сутність методу полягає в вимірюванні параметрів вібраційних процесів, які обираються залежно від типу механізмів та діапазонів амплітуд і частот. Часто використовуються показники: вібропереміщення, віброшвидкість, віброускорення.

При дослідженні частотного спектра можна виявити складові, що належать конкретним збуджуючим силам. У спектрах часто містяться важливі складові, пов'язані з рухом окремих вузлів. Поява дефекту призводить до появи в спектрі піків на ідентифікаційних частотах, що можуть бути розраховані за конструктивними параметрами і частотою обертання.

Об'єктом діагностування є підшипники кочення; ідентифікаційні частоти визначаються частотою перекочування тіл кочення по зовнішньому кільцю:

					КНУ.КМР.131.25.1-15.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$f_n = f_{ep} \cdot \left(1 - \frac{d_{m.k.}}{d_c} \cos \alpha \right) z, \quad (7.6)$$

де f_{ep} – частота обертання, об/хв;

α – кут контакту тіл кочення з доріжками кочення;

z – кількість тіл кочення;

$d_{m.k.}$ – діаметр тіла кочення, мм;

d_c – діаметр сепаратора, мм: $d_c \approx 0,5(d_3 - d_6)$,

де d_3 – діаметр зовнішнього кільця, мм;

d_6 – діаметр внутрішнього кільця, мм.

За підстановкою даних, ідентифікаційна частота для прикладу становить 50 Гц.

7.6 Аналіз спектру та практичні виміри

Поява пика в спектрі в певній частотній смузі з супергармоніками (кратними гармоніками) вказує на наявність конкретного дефекту. Якщо на спектрограмі підшипника пік збігається з частотою обертання вала, це може сигналізувати про його дисбаланс, дефект муфти, вигин вала тощо. Якщо пік і його гармоніки співпадають із частотами елементів підшипника, це означає, що розпочинається надмірне коливання, при якому необхідно зупинити насос.

Віброприскорення, мм/с²

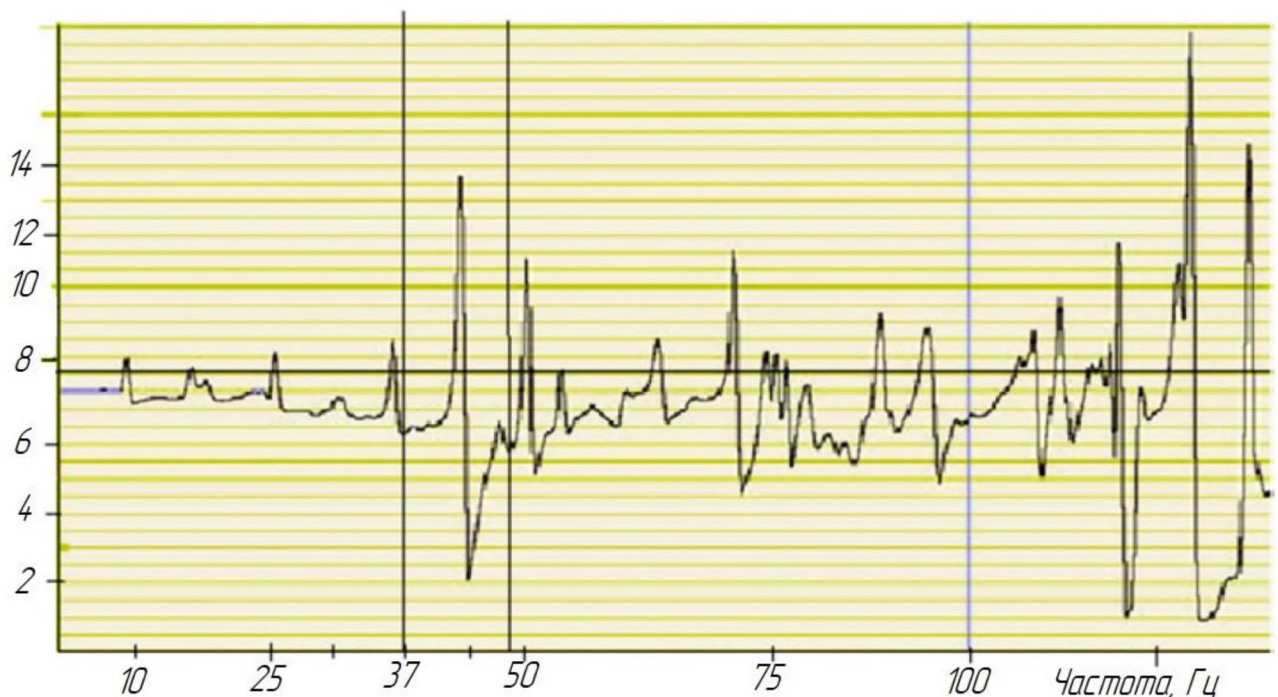


Рисунок 7.4 – Результат зняття показань із реєструючого приладу, встановленого на підшипники кочення № 3620 через 30 днів роботи

Для визначення рівня вібрації застосували діагностичну систему. Кожні 300 годин проводяться виміри вібрації на опорних підшипниках валу за допомогою

					КНУ.КМР.131.25.1-15.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вібродатчиків, встановлених на корпусах переднього і заднього підшипників. На рис. 7.4 видно стрибок віброускорення при експлуатації насоса протягом 30 днів – це свідчить про граничний знос робочого колеса і про те, що елементи підшипника зазнають граничних вібрацій, які неминуче призведуть до його поломки. За допомогою методики розрахунку залишкового ресурсу за даними вібрації можна спрогнозувати час відмови обладнання і запланувати ТО та ремонт.

Метод вібродіагностики дозволяє оцінити загальний технічний стан, при необхідності провести поглиблений аналіз, встановити причини росту вібрації, виявити дефекти насосних установок і усунути їх, тобто підвищити надійність експлуатації і збільшити строк служби.

7.7 Висновки

Теоретичні та експериментальні дослідження основних залежностей робочого ресурсу ґрунтових насосів дають підстави констатувати, що гідроабразивний знос робочого колеса є основною причиною відмов. Він призводить до появи вібрації агрегату при перевищенні регламентованих параметрів. Кожному моменту часу відповідає певний спектр частот коливань вала та відповідні значення віброшвидкості, віброускорення і вібропереміщення. Тому параметри вібрації можуть використовуватись як індикатор технічного стану і робочого ресурсу насосного агрегату.

Автоматизовані системи керування технологічними процесами, які використовуються на гірничо-збагачувальних комбінатах, розроблені здебільшого для основних технологічних процесів і не адаптовані для керування гідротранспортними системами. Впровадження автоматизованих систем керування гідротранспортом і методів неруйнівного контролю в поєднанні з вібраційною діагностикою насосних агрегатів дозволить підвищити загальну ефективність процесу, сприятиме раціональній витраті електроенергії і знизить собівартість кінцевої продукції.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У КМР виконано комплекс досліджень та інженерних розробок, спрямованих на підвищення ефективності конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталей землесоса 28Гр-8Т із застосуванням сучасних САПР-технологій.

У результаті виконаного розрахунку розмірних ланцюгів трьохосового редуктора забезпечено необхідну точність геометричних параметрів при складанні та гарантування працездатності вузла у важких умовах експлуатації. Отримані залежності та рекомендації можуть бути використані для оптимізації конструктивних допусків аналогічних редукторних передач.

Розроблений технологічний процес виготовлення деталі «Корпус» землесоса 28Гр-8Т забезпечує раціональну послідовність операцій, оптимальні режими обробки та підвищення якості виготовлення основної корпусної деталі. Використання САПР-систем дозволило автоматизувати підготовку маршрутної та операційної документації та підвищити точність проєктних рішень.

Розроблено верстатно-інструментальне налагодження для багатоцільової операції на вертикальному обробному центрі SINO HMC800, що включає підбір сучасного металорізального інструменту та оптимізацію технологічних параметрів. Окремо виконано налаштування токарної операції на верстаті Okuma LB45III, а також створено керуючу програму у середовищі FeatureCAM, що забезпечує підвищення точності та стабільності обробки.

Розроблене спеціальне оснащення для фрезерної операції та контрольне пристосування для контролю радіального биття корпусу дозволяє підвищити відтворюваність обробки та забезпечити відповідність геометричним допускам, що є критично важливим для деталей гідротехнічних агрегатів.

Побудовано план організації робочого місця для верстату SINO HMC800 із врахуванням всіх вимог. Проведені техніко-економічні розрахунки показали, що модернізація виробництва шляхом заміни застарілого обладнання є економічно виправданою: строк окупності складає 3,25 роки, а щорічний економічний ефект становить 1982 грн. Також сформовано комплекс заходів з охорони праці та екологічної безпеки під час ремонту ґрунтових насосів.

Науково-дослідна частина присвячена шляхам підвищення строку служби ґрунтових насосів, у якій обґрунтовано перспективні напрями підвищення зносостійкості деталей за рахунок удосконалення конструкційних матеріалів, технологічних процесів та оптимізації умов експлуатації. Результати дослідження мають практичну цінність для підвищення ресурсу насосного устаткування.

Отримані результати можуть бути використані для подальшої модернізації процесів виготовлення ґрунтових насосів та удосконалення технологічних процесів машинобудівних підприємств.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-15.B</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>			<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання магістерської випускної роботи для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» Освітньо-професійної програми Технології машинобудування усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Цивінда Н.І., Рязанцев А.О., Бондар О.В., 2022.
2. Справочник технолога – машиностроения. В 2 томах/ Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., М., 1986г.
3. Атаманюк, В.В. Технологія конструкційних матеріалів: [Текст] Навчальний. посібник / В.В. Атаманюк. – К.: Кондор, 2006. – 528 с.
4. Біленький П.Є. Підвищення якості організації промислового виробництва / П.Є. Біленький. – Львів: Світ, 1990. – 168 с.
5. Боженко, Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні [Текст] / Л.І. Боженко. – К.: НМК ВО, 1990. – 264 с.
6. Захаркін, О.У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та технологічні обробляючі системи для їх реалізації): [Текст]: Навчальний посібник / О.У. Захаркін. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 137 с.
7. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування [Текст] : Навчальний посібник / ЖДТУ, – Житомир: 2005. – 835 с.
8. Сучасні методи аналізу технологічних процесів у машинобудуванні: [Текст] : Навчальний посібник / В.В. Душинський. – К.: ІСДО, 1994. – 216 с.
9. Технологія конструкційних матеріалів [Текст]; за ред. М.А. Сологуба. – К.: Вища школа, 1983. – 286 с. 20.
10. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ.вищ.закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
11. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Посібник / Боженко Л.І.-Львів. Світ, 2001.-296 с.
12. Технологічна оснастка механоскладального виробництва:Підручник / Боровик А.І.- К.: Кондор, 2008. 726 с.
13. Технологічні задачі механоскладального виробництва/ Бондаренко С.Г.- Ніжин.:Спект Поліграф, 2008.-220 с.
14. Технології механоскладального виробництва/ Бондаренко С.Г.- Ніжин.:Спект- Поліграф, 2008. 358 с.
15. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
16. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.СВД			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Тимченко			Список використаних джерел			
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркцшів	
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м			

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

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

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

20. 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.

21. 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.

22. 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.

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

24. ДСТУ 2.604:2005 ЄСКД. Єдина система конструкторської документації. Кресленики ремонтні. Загальні вимоги.

25. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навч. посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.

26. Software module for generating control programs for additive manufacturing equipment / M. I. Chizhov, A. V. Lutovin, A. V. Bredihin, V. V. Vetohin // AIP Conference Proceedings, Krasnoyarsk, 29–30 апреля 2021 года / Krasnoyarsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Vol. Volume 2402. – Melville, New York, United States of America: AIP Publishing, 2021. – P. 70038. – DOI 10.1063/5.0071393. – EDN MUIHO.

27. Эттель, В. А. Исследование технологии производства деталей сложной конфигурации с помощью аддитивных технологий / В. А. Эттель, А. А. Берг, С. С. Иванов // Академическая наука - проблемы и достижения : Материалы XV международной научно-практической конференции, North Charleston, USA, 26–27 марта 2018 года. Том 2. – North Charleston, USA: CreateSpace, 2018. – С. 41-43. – EDN XQBBRZ.

28. Kheifetz, M. L. From Information and Additive Technologies to Self-Reproduction of Machines and Organisms / M. L. Kheifetz // Advanced Materials and Technologies. – 2018. – No. 1. – P. 22-35. – DOI 10.17277/amt.2018.01.pp.022-035. – EDN XWDLAD.

					КНУ.КМР.131.25.1-15.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КНУ.КМР.131.25.1-15.Д		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Додатки		
Розроб.	Тимченко						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Лист
2

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталей землесоса 28Гр-8Т з використанням САПР технологій

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Тимченко А.І.

Керівник КМР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

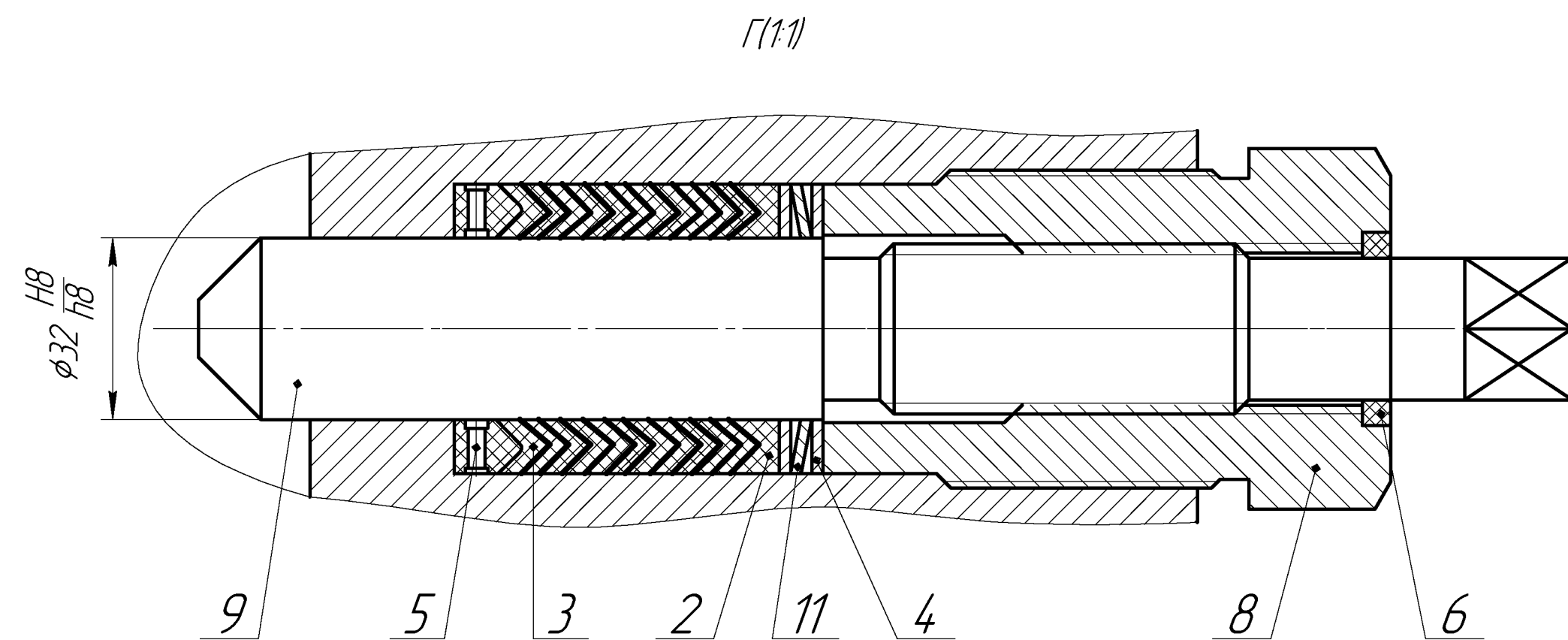
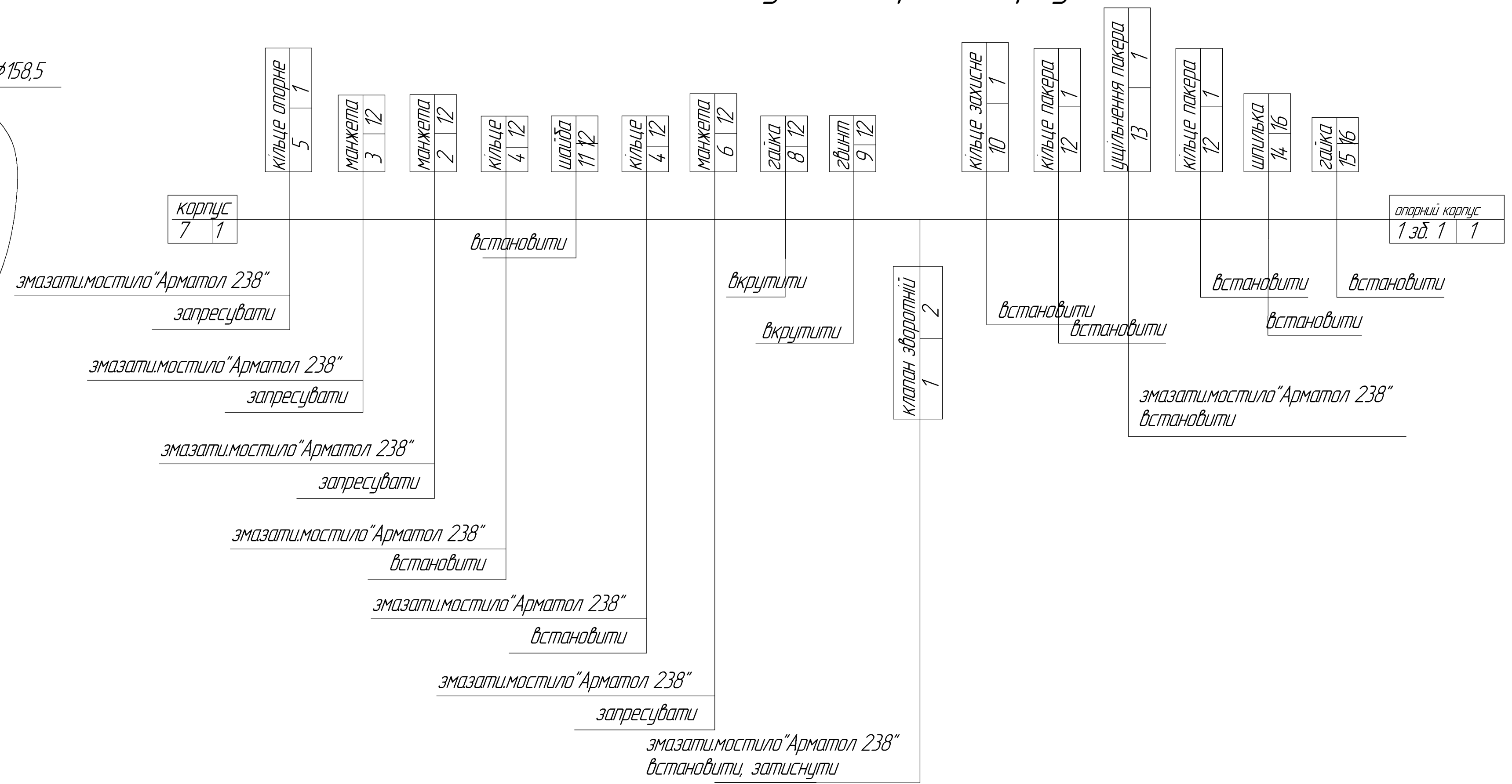
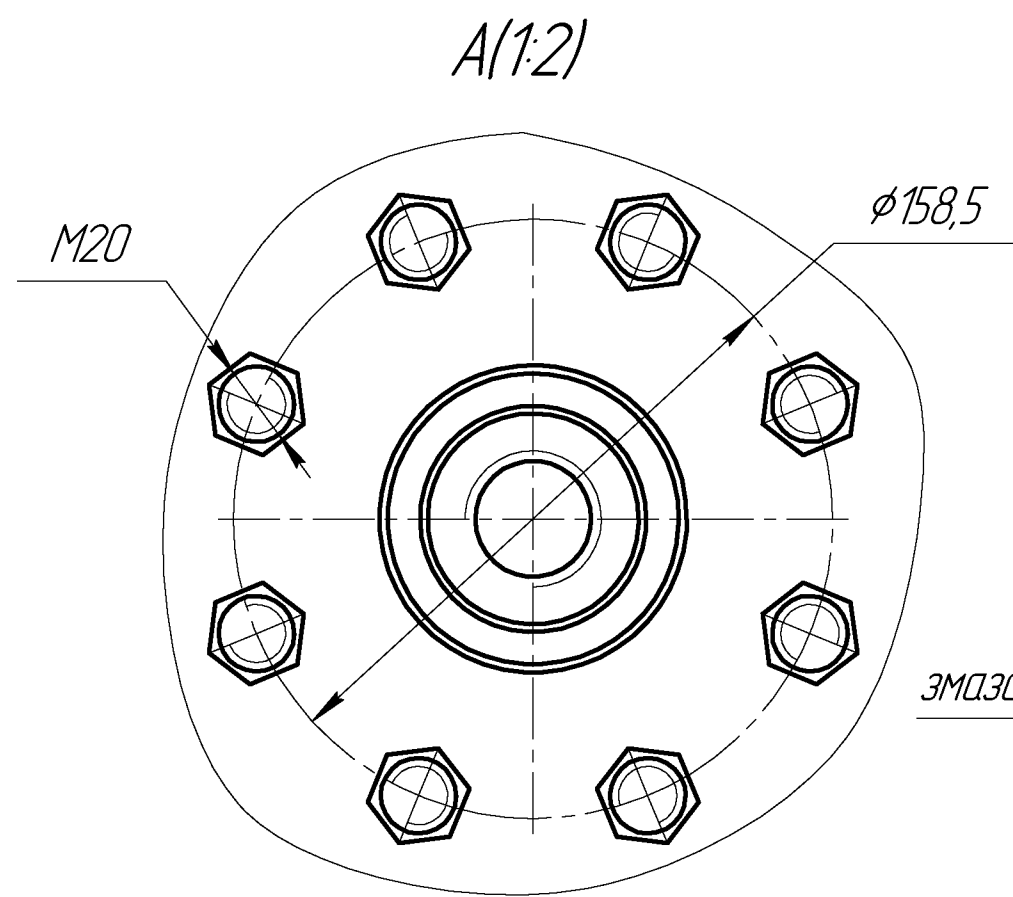
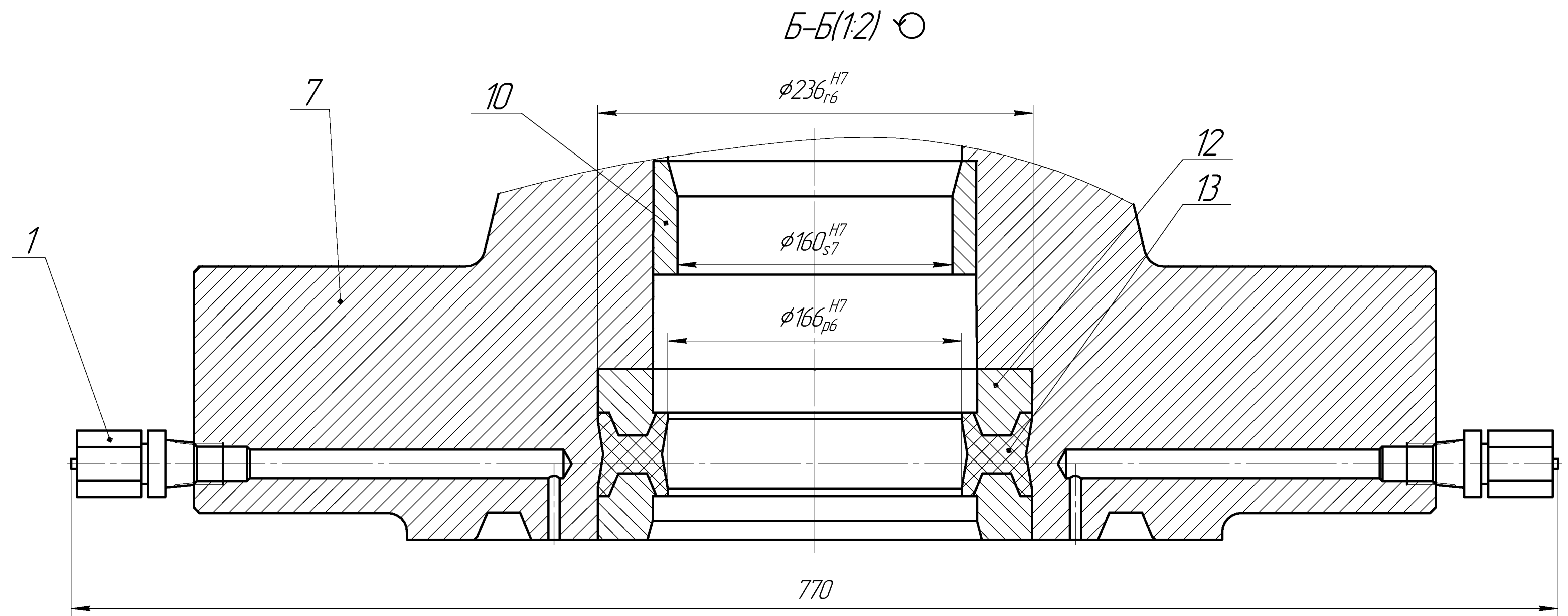
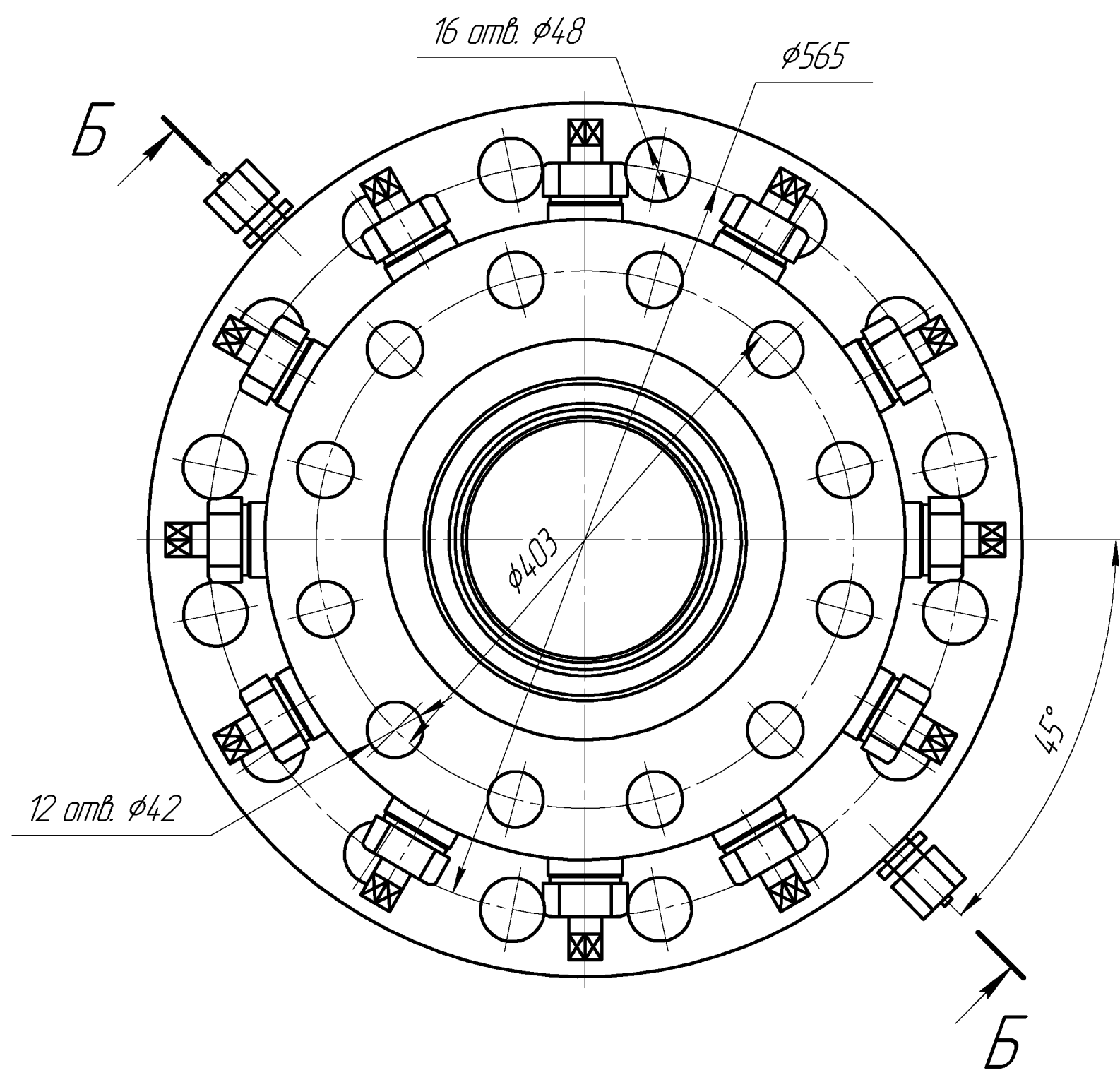
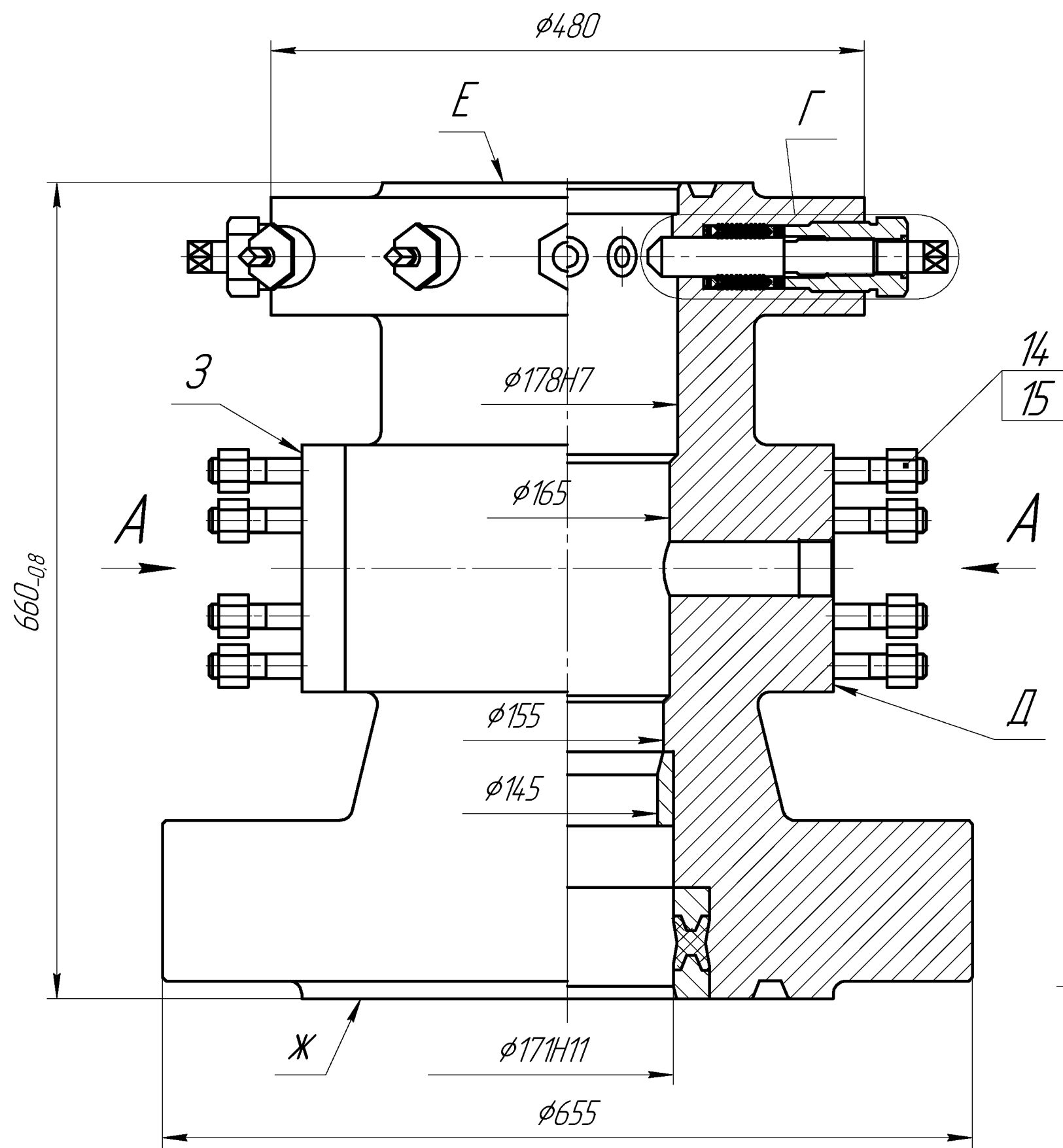
Нечасв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.		Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата		Лит.		Лист		Листов				
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																								
				Креслення																										
A1		1	КНУ.КМР.131.25.1-15.ОКСК	Опорний корпус	1																									
				(складальне креслення)																										
A2		2	КНУ.КМР.131.25.1-15.ТРРЛ	Трьохвісний редуктор	1																									
				(розмірні ланцюги)																										
A1		3	КНУ.КМР.131.25.1-15.К	Корпус																										
A2		4	КНУ.КМР.131.25.1-15.КВ	Корпус (відливка)	1																									
A1		5	КНУ.КМР.131.25.1-15.ЕО	Ескізи операцій	2																									
A1		6	КНУ.КМР.131.25.1-15.ВІН	Верстатно-інструментальне	1																									
				налагодження																										
A2		7	КНУ.КМР.131.25.1-15.ВП	Верстатне пристосування	1																									
A2		8	КНУ.КМР.131.25.1-15.КП	Контрольне пристосування	1																									
A1		9	КНУ.КМР.131.25.1-15.САД	Статичний аналіз деталі	1																									
A2		10	КНУ.КМР.131.25.1-15.НДЧ	Науково-дослідна частина	1																									
КНУ.КМР.131.25.1-15.ВКІЗА																														
Відомість креслень та інформаційно-засвідчуючих аркушів КМР																														
Кафедра ТМ гр. ПМ-24м																														
Формат А4																														



1. Розміри для довідок.
2. Різьбоді з'єднання та ущільнення перед збиранням змастити мастилом "Арматол-238".
3. Виріб випробувати на герметичність відносно зовнішнього середовища гідравлічним тиском 70 МПа. Падіння тиску за 10 хв. не допускається.
4. Покриття зовнішніх поверхонь – емаль ПФ-115, акрім пав. Д, Е, Ж, З.
5. Деталі поз. 12, 13 встановлювати після випробувань.

					КНУ.КМР.13124.1-15.ОКСК			
Эк. лист	№ докум.	Подпис	Дата	Опорний корпус (складальне креслення)		Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Тимченко					Н	775	1:4
Керівник	Рязанцев					Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасів					Кафедра ТМ гр. ПМ-24М		
Затв.	Рязанцев							

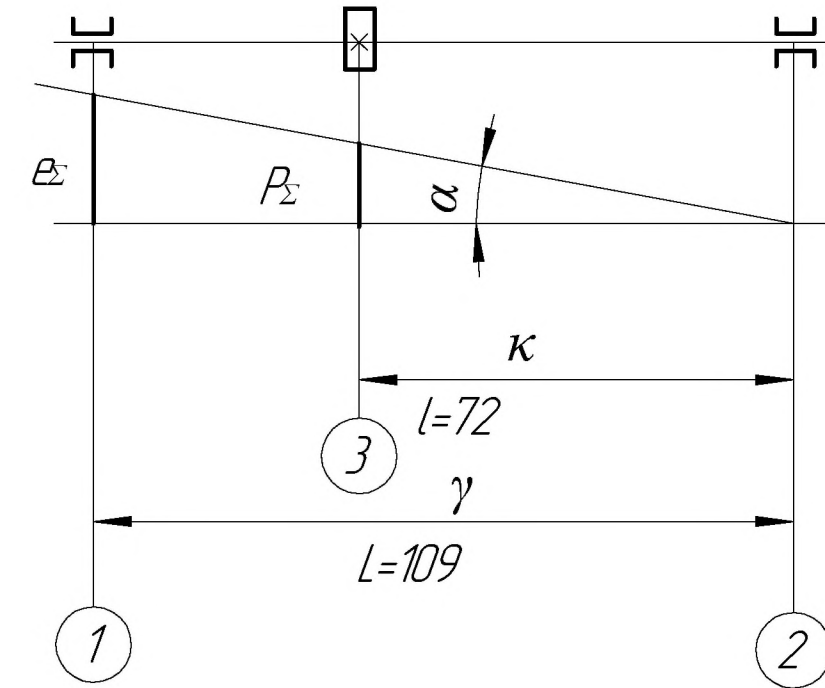
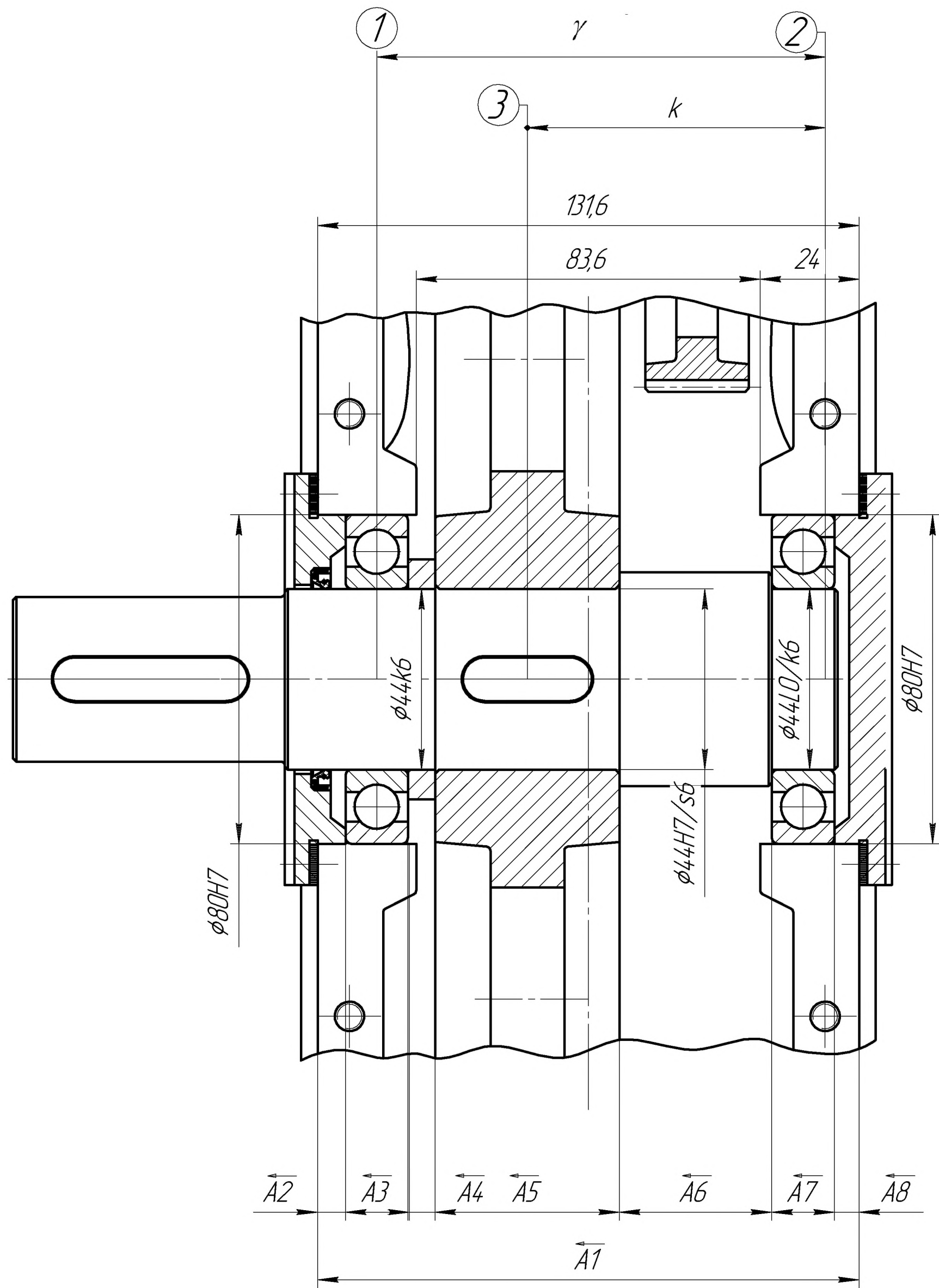


Схема кутових розмірних ланцюгів:

- ланцюг визначає відносне зміщення і перекіс осей валу у підшипникових опорах;
- ланцюг k визначає перекіс зубчастої муфти відносно опори 2

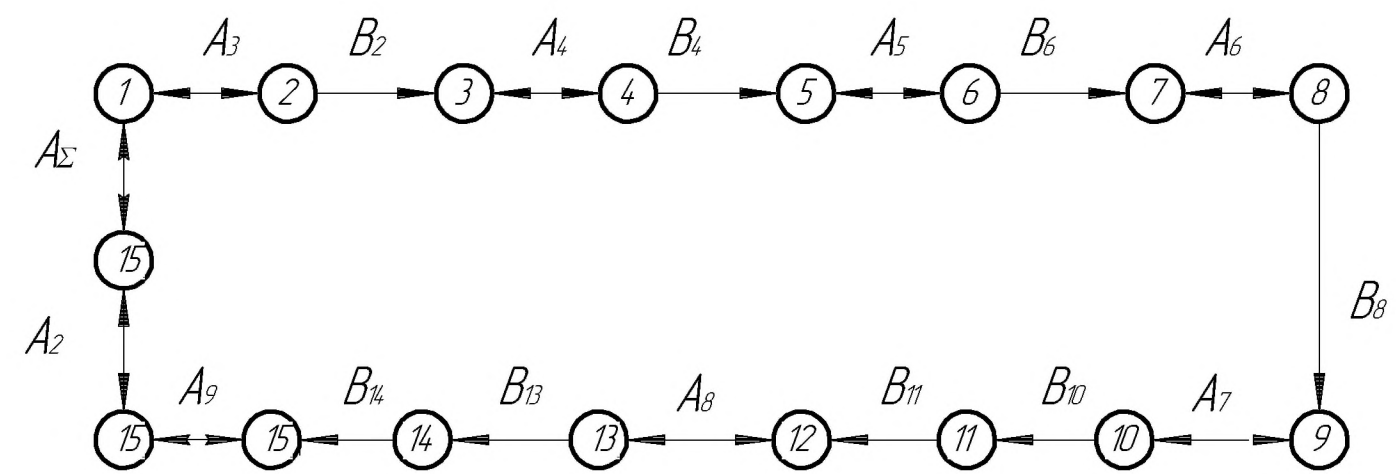
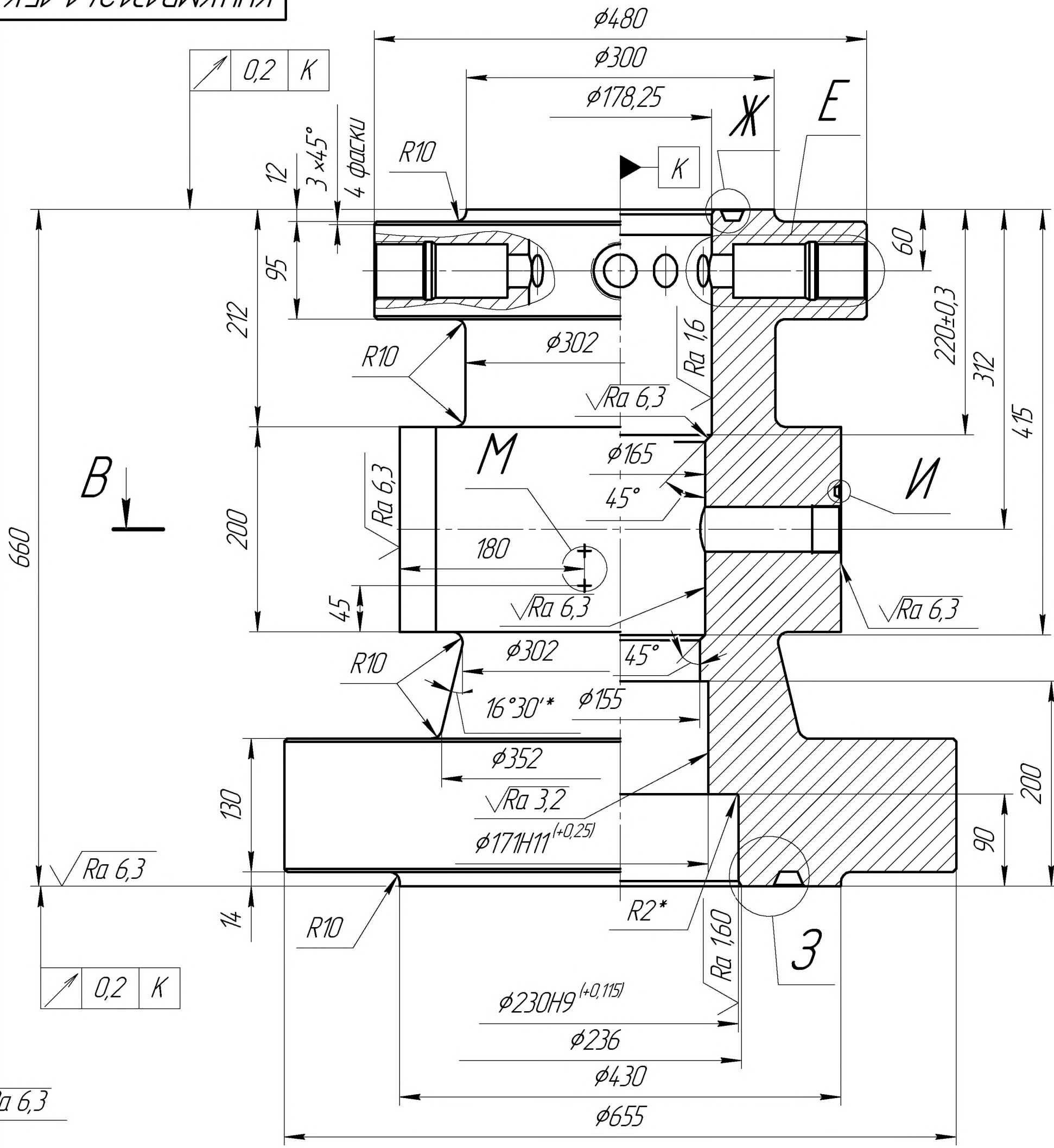
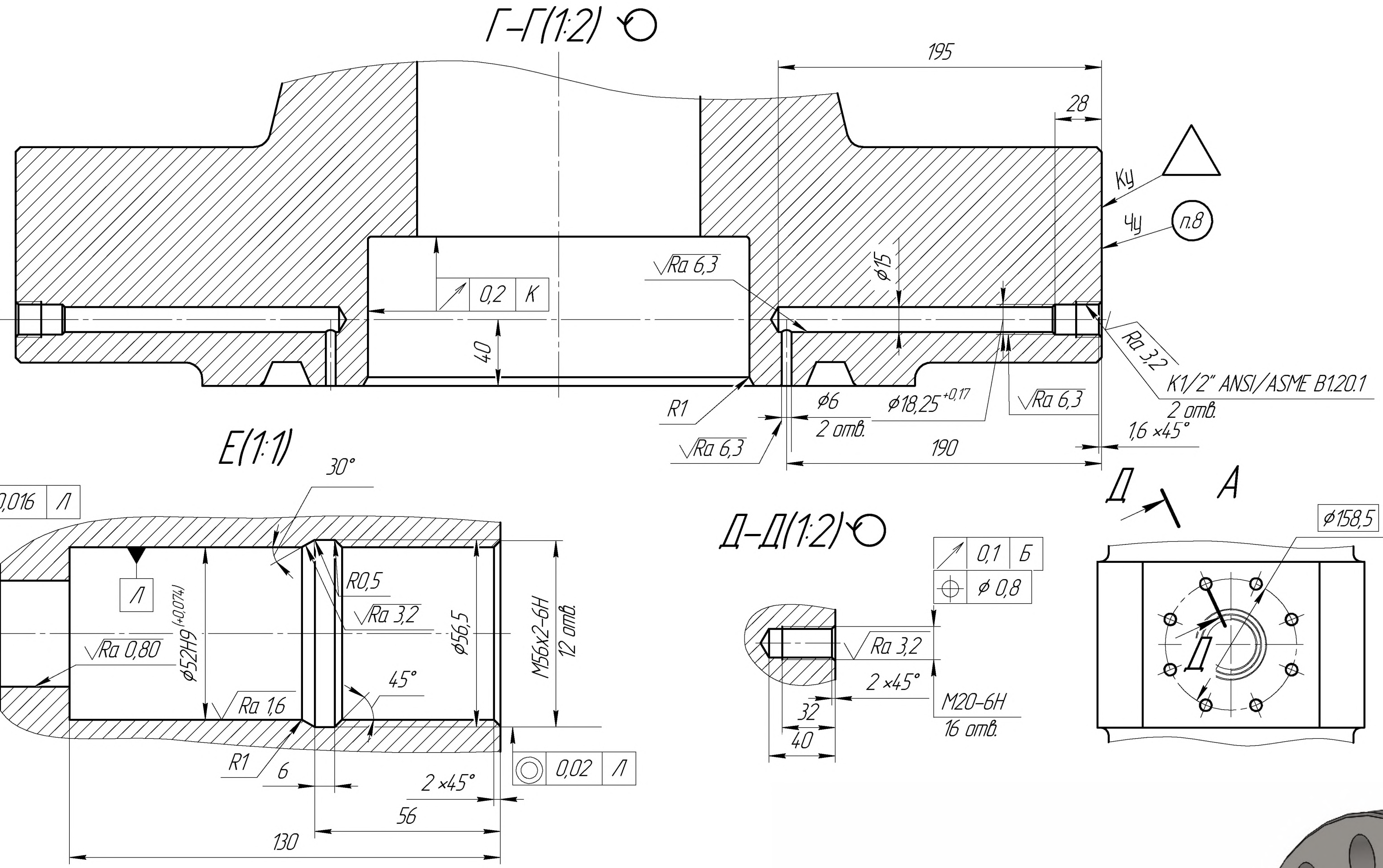


Схема розмірного панцюга:
 A_1 – відстань між торцями редуктора,
 A_2, A_8 – висота ніжки кришки,
 A_3, A_7 – ширина підшипника,
 A_4 – висота кільця,
 A_5 – ширина кільця,
 A_6 – відстань між торцями валу,
 B_2, B_8 – торцеве диття підшипників,
 B_4, B_6 – торцеве диття упорного кільця,
 B_{10}, B_{14} – торцеве диття кришки,
 B_{12} – торцеве диття валу,
 B_{13} – торцеве диття докової сторони корпусу.

						КНУ.КМР.131.24.1-15.ТРР/1		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Трьохвісний редуктор (розмірні ланцюги)		Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Тимченко					У		1:1
Керівник	Рязанцев					Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасів					Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев					гр. ПМ-24м		



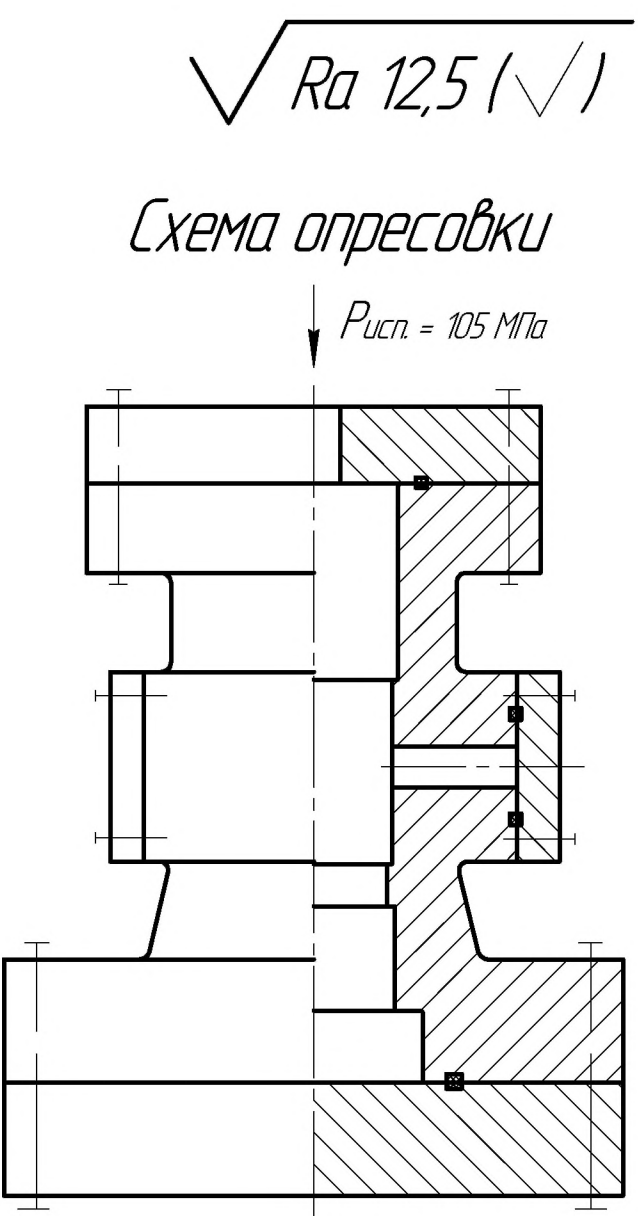
B A



E(1:1)

Д-Д(1:2)

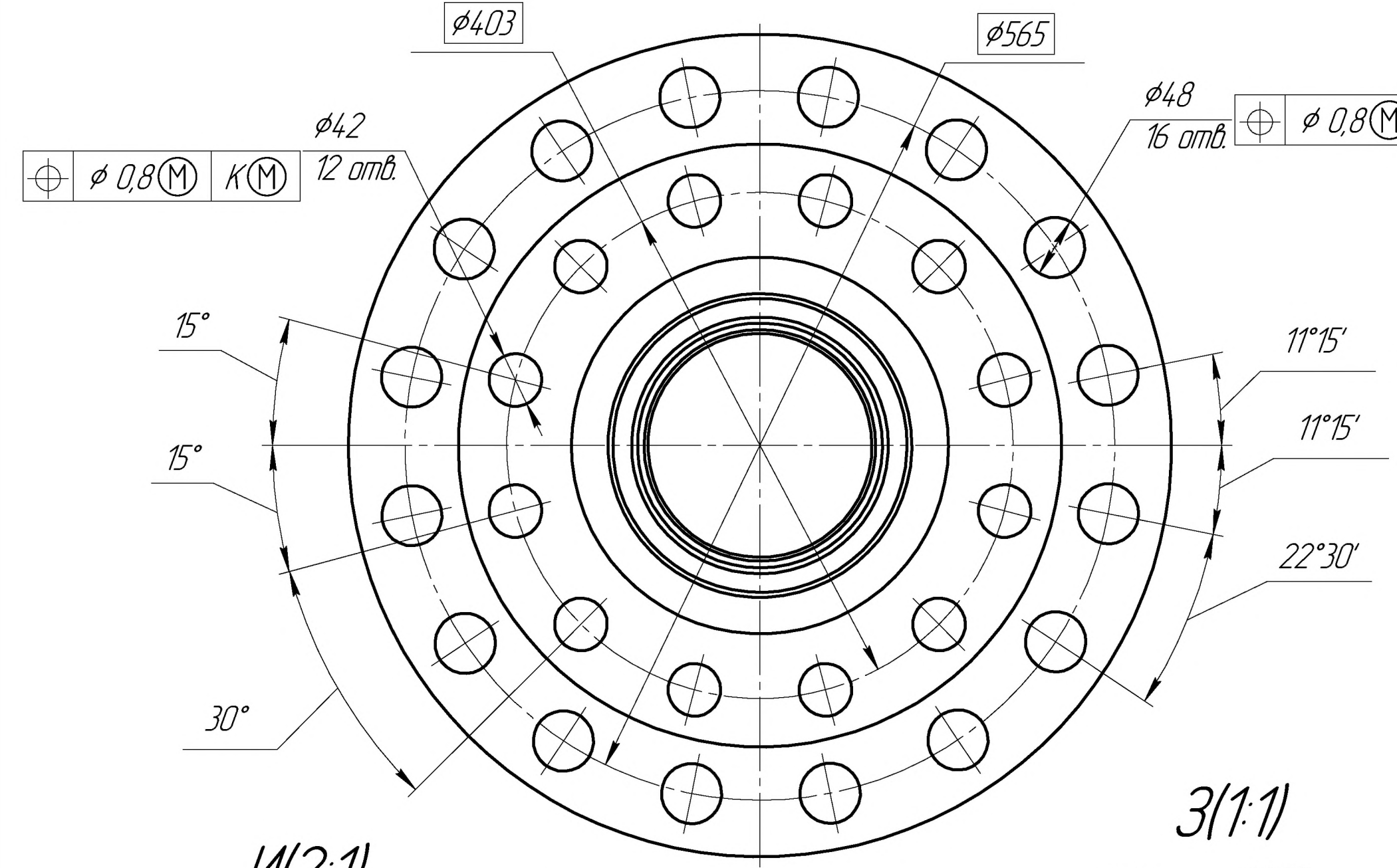
Д A



$\sqrt{Ra} 12,5$ ($\sqrt{}$)

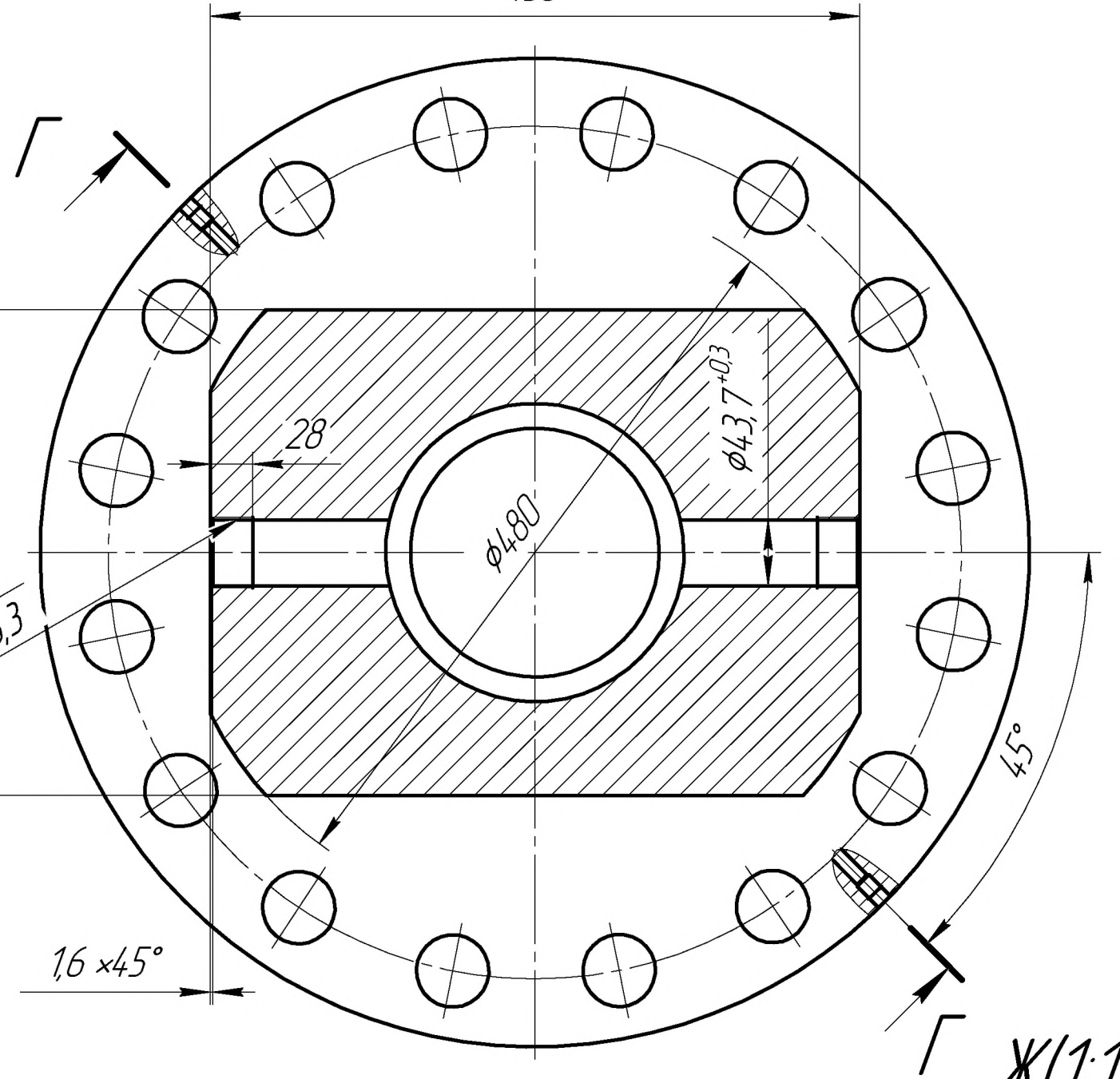
Схема опрессовки

$P_{исп} = 105 \text{ MPa}$



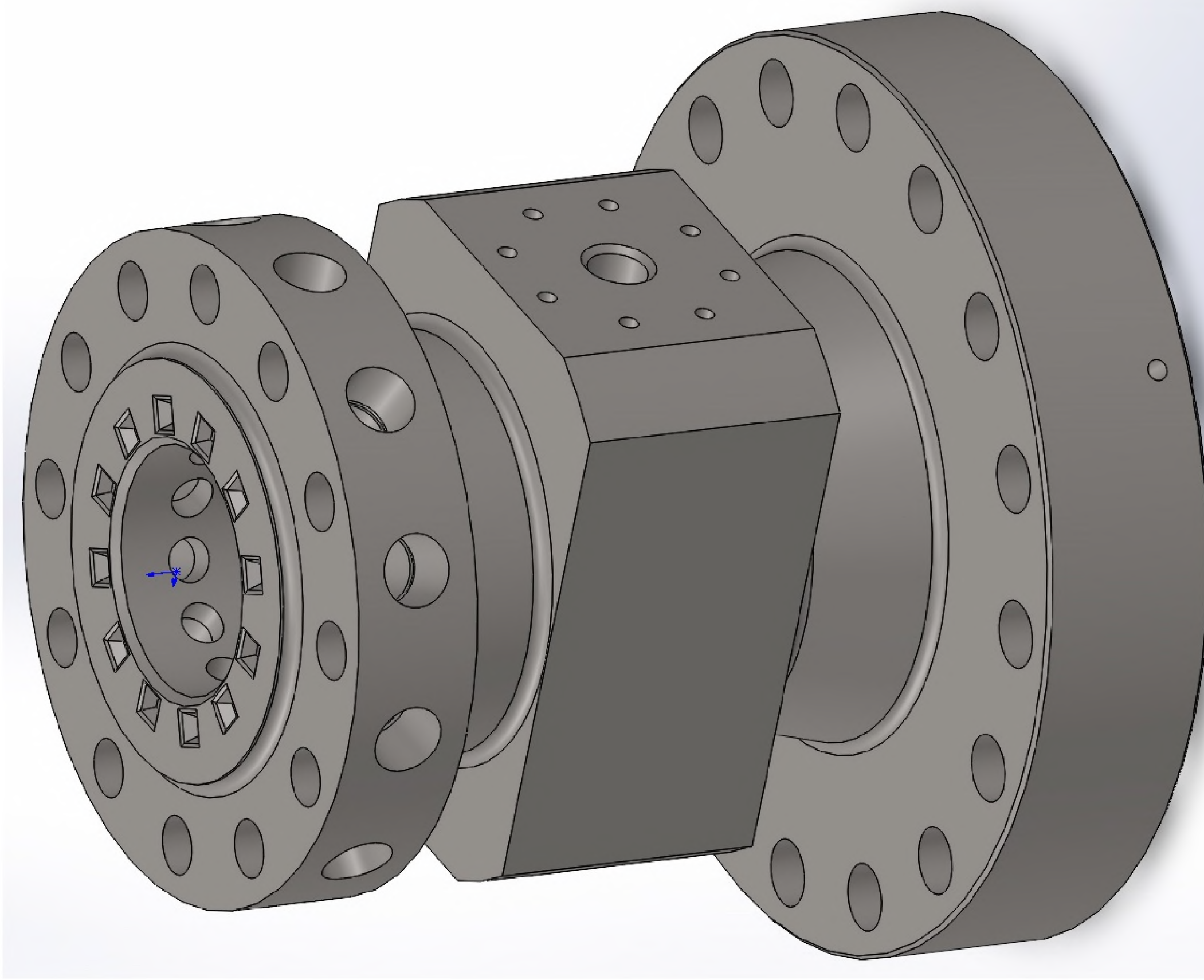
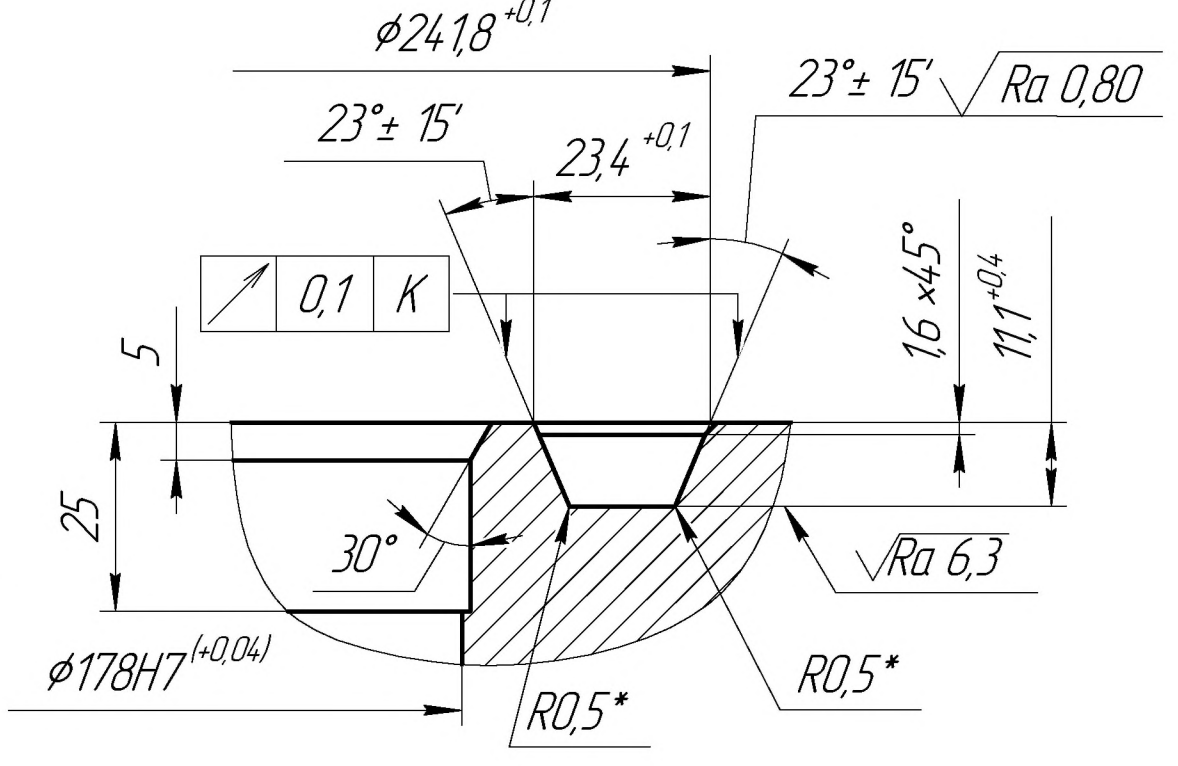
I(2:1)

3(1:1)



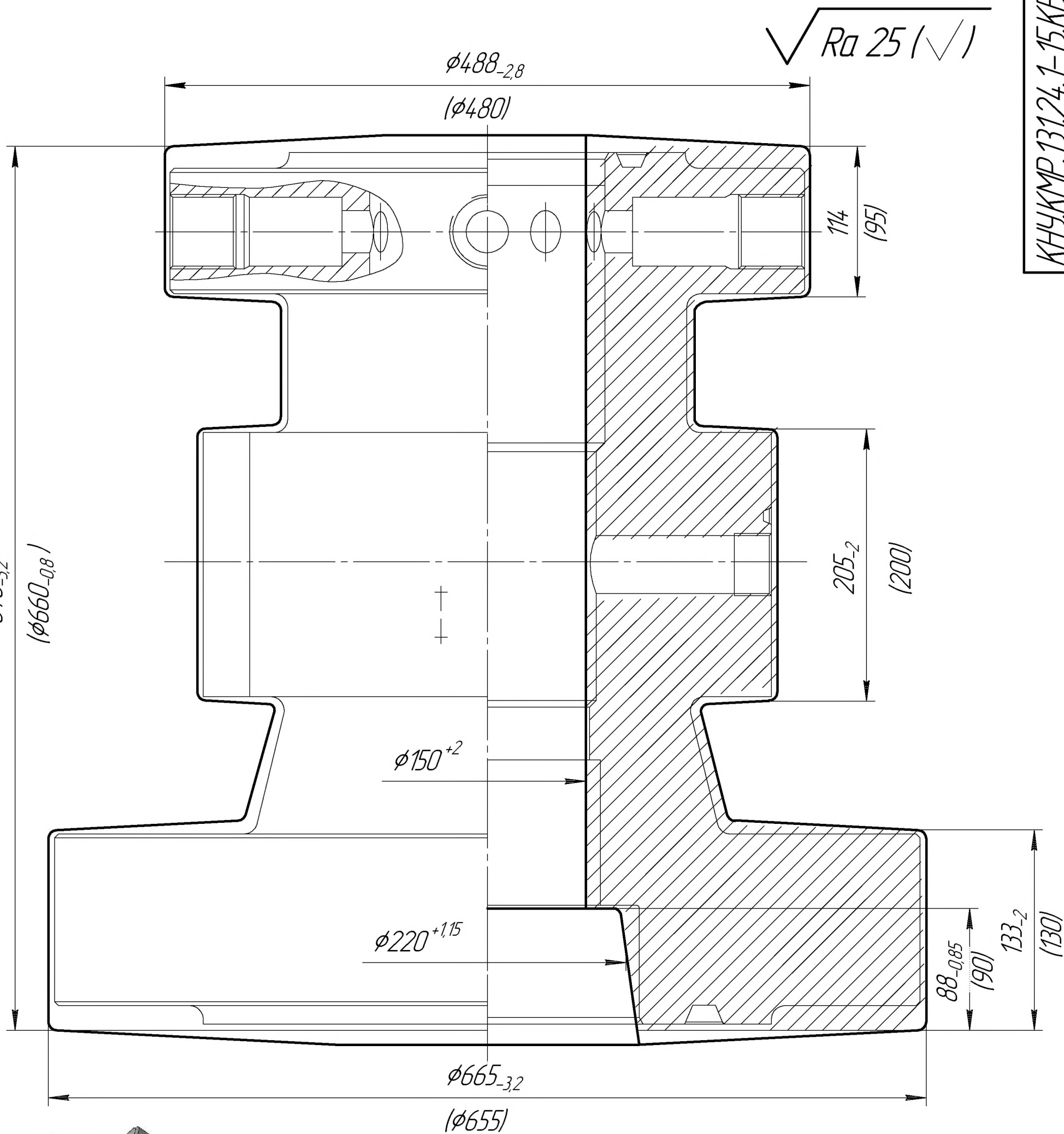
J(1:1)

M(1:2)

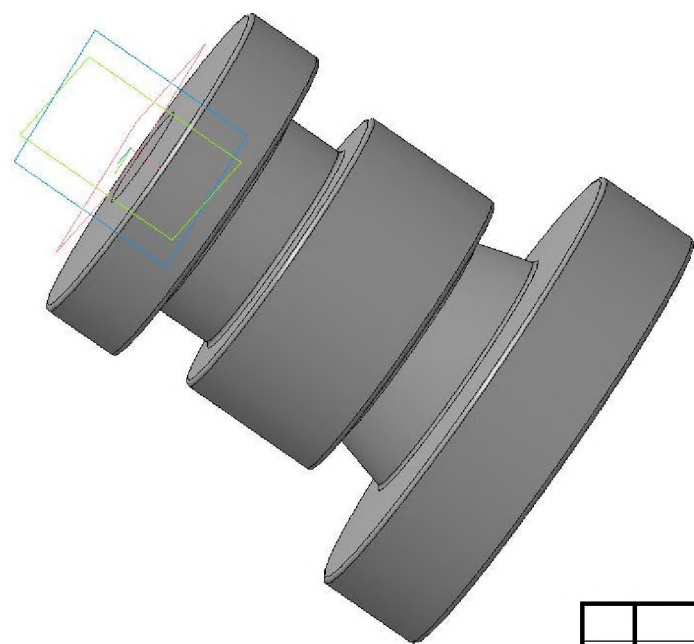


1. Допускається виготовляти із сталей 35ХМ1 та 40Х за ДСТУ 7806:2015.
2. *Розміри забезпечити інструментом.
3. Невказані граничні відхилення обробляємих поверхонь: H14; h14; $\pm IT14/2$.

КНУ.КМР.13124.1-15.К				Корпус		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Н	Маса	Масштаб
Розробив	Тимченко			460	14	
Керівник	Рязанцев			Лист 1	Листів 1	
Начальник	Нещад			Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-24м		



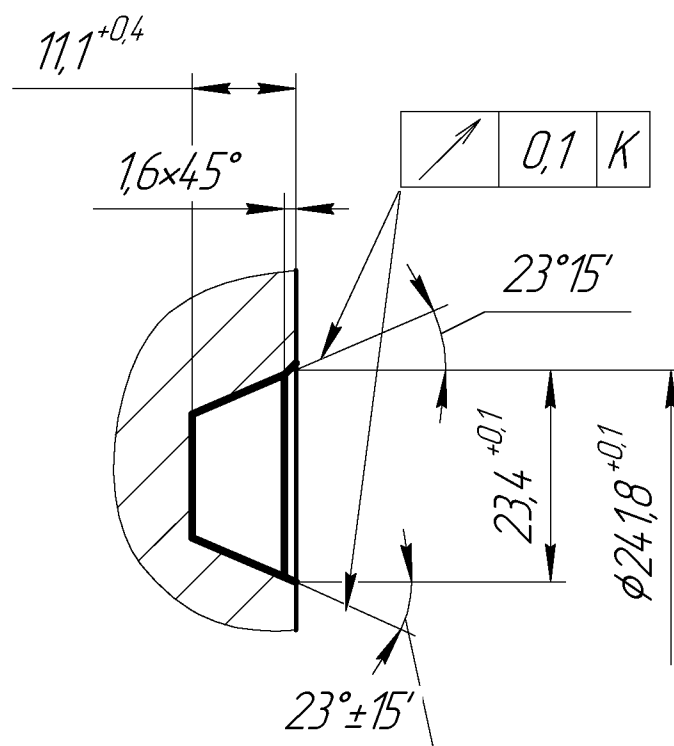
КНУ.КМР.131.24.1-15.КВ



1. Твердість 223.....262.
2. Невказані формовочні ухилення 3°, ливарні радіуси R5.
3. Зміщення по лінії розему допускається до 0,8.
4. Точність відливки 9.
5. Матеріал відливки сталь 35ХМ ДСТУ 7806:2015.

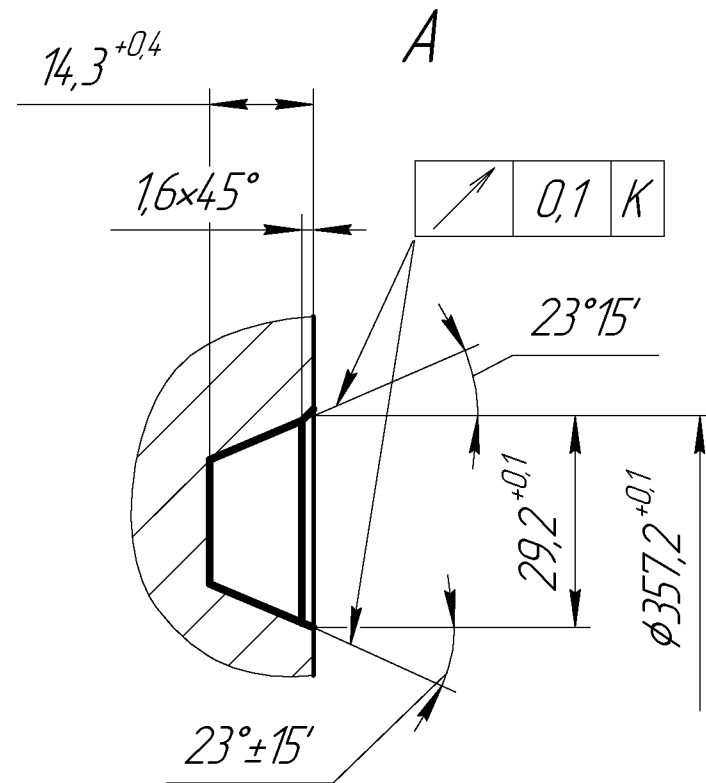
КНУ.КМР.131.24.1-15.КВ					Корпус (відливка)		
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Тимченко				Н	490	1:4
Керівник	Рязанцев				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				35ХМЛ ДСТУ 7806:2015		
Затв.	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		

A



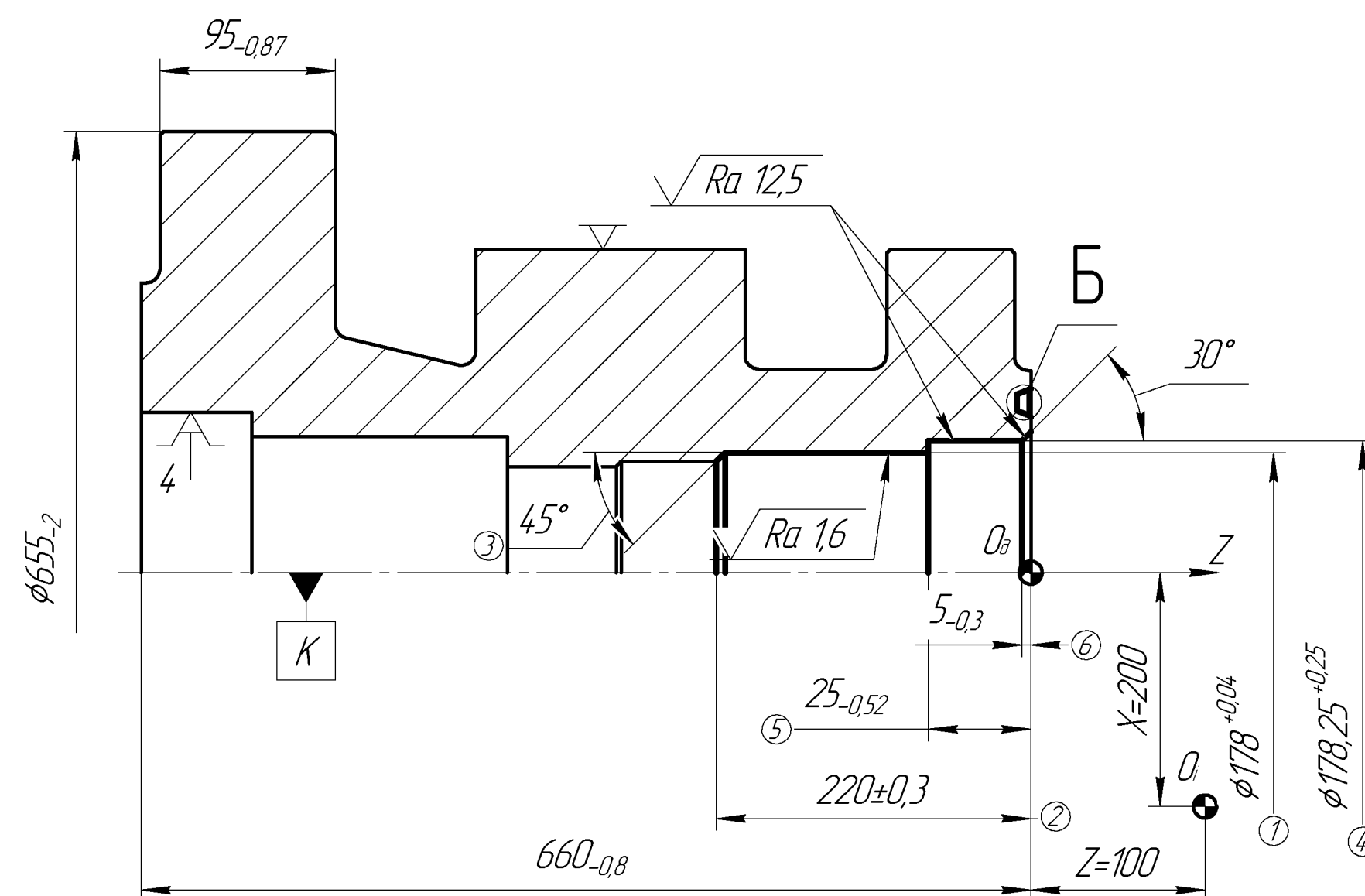
Зміст переходу	<i>t</i>	<i>S</i>	<i>n</i>	<i>V</i>	<i>Ta</i>	<i>Tшт</i>
Розточити поверхню в розмір 10	15	0.2	250	138.2	0.12	35.36
Розточити поверхню в розмір 11	15	0.2	250	138.2	0.28	
Підрізати торець в розмір 12	15	0.2	250	138.2	0.12	
Точити фаску в розмір 13	15	0.3	250	138.2	0.12	
Розточити поверхню в розмір 14	15	0.3	250	138.2	0.12	
Підрізати торець в розмір 15	2	0.2	250	138	0.08	
Точити радіус в розмір 16	-	0.2	160	150.7	0.12	
Точити канавку елемент А	2	0.2	250	138.2	1.3	

$\sqrt{Ra\ 12,5}$



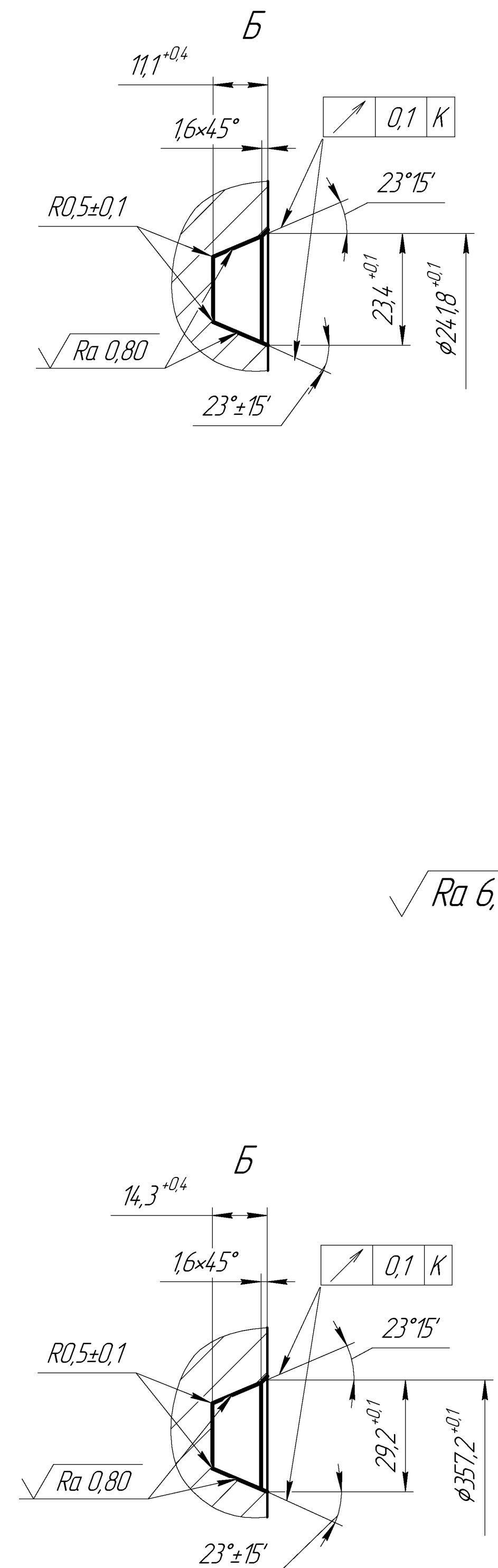
Зміст переходу	t	S	n	V	T_0	$T_{шт}$
Підрізати торець в розмір 25	3,5	0,2	250	132,7	2,4	35,36
Точити радіус в розмір 26	2	0,2	250	132,7	0,21	
Розточити поверхню в розмір 27	3	0,3	160	113	1,8	
Підрізати торець в розмір 28	2	0,2	200	141,3	1,5	
Розточити поверхню в розмір 29	2	0,2	200	132	1,5	
Підрізати торець в розмір 30	2	0,2	200	132	1,5	
Точити канавки елемент А	2	0,2	250	138,2	1,3	

Установ А



Зміст переходу	<i>t</i>	<i>S</i>	<i>n</i>	<i>V</i>	<i>T</i> ₀	<i>T</i> _{шт}
Розточити поверхню в розмір 1	1	0.2	315	176	0.04	
Підрізати торець в розмір 2	0.5	0.2	315	176	0.04	
Розточити фаску в розмір 3	-	0.2	315	176	0.04	
Розточити поверхню в розмір 4	112	0.2	250	176.3	0.03	20.40
Підрізати торець в розмір 5	0.5	0.2	315	176.3	0.03	
Розточити фаску в розмір 6	-	0.2	315	176.3	0.04	
Точити канавку елемент 5	2	0.2	200	151	0.04	

$\sqrt{Ra\ 6,3}$

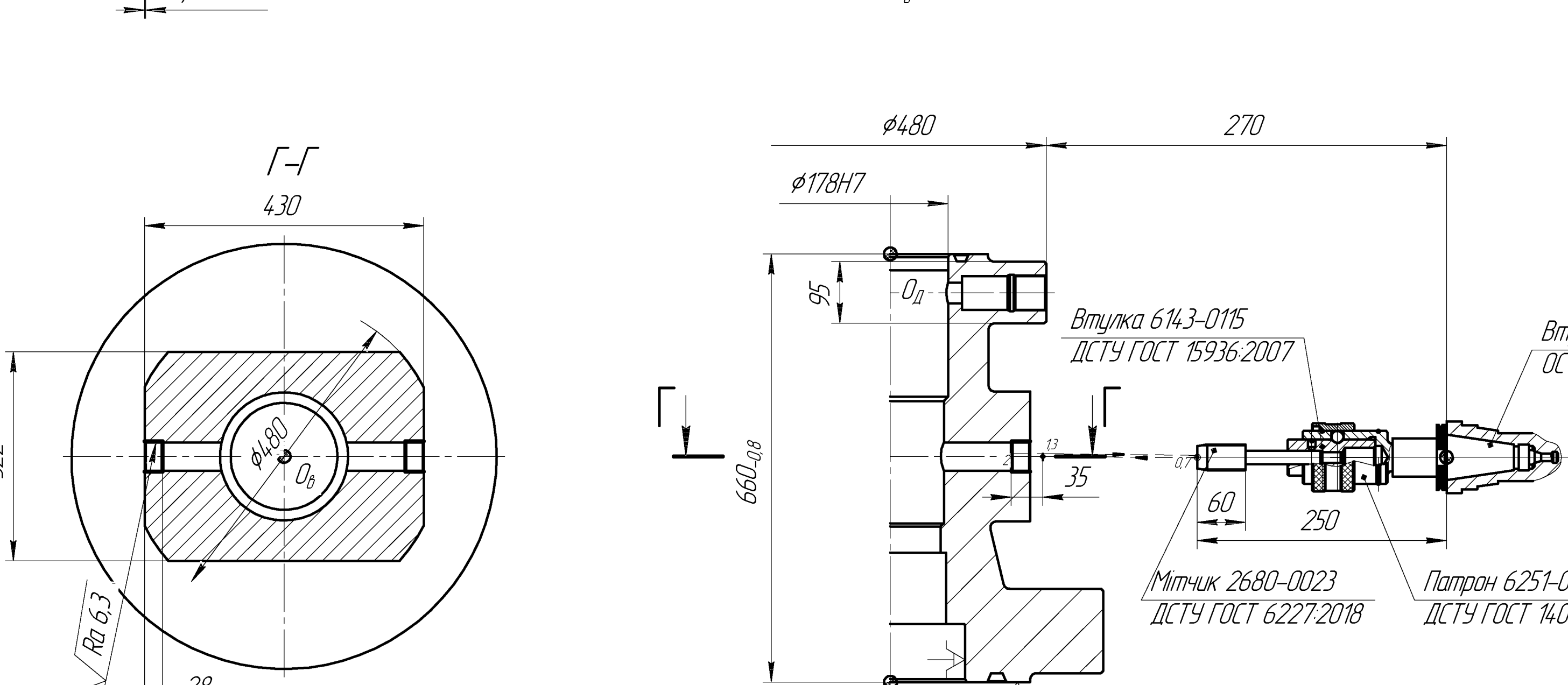
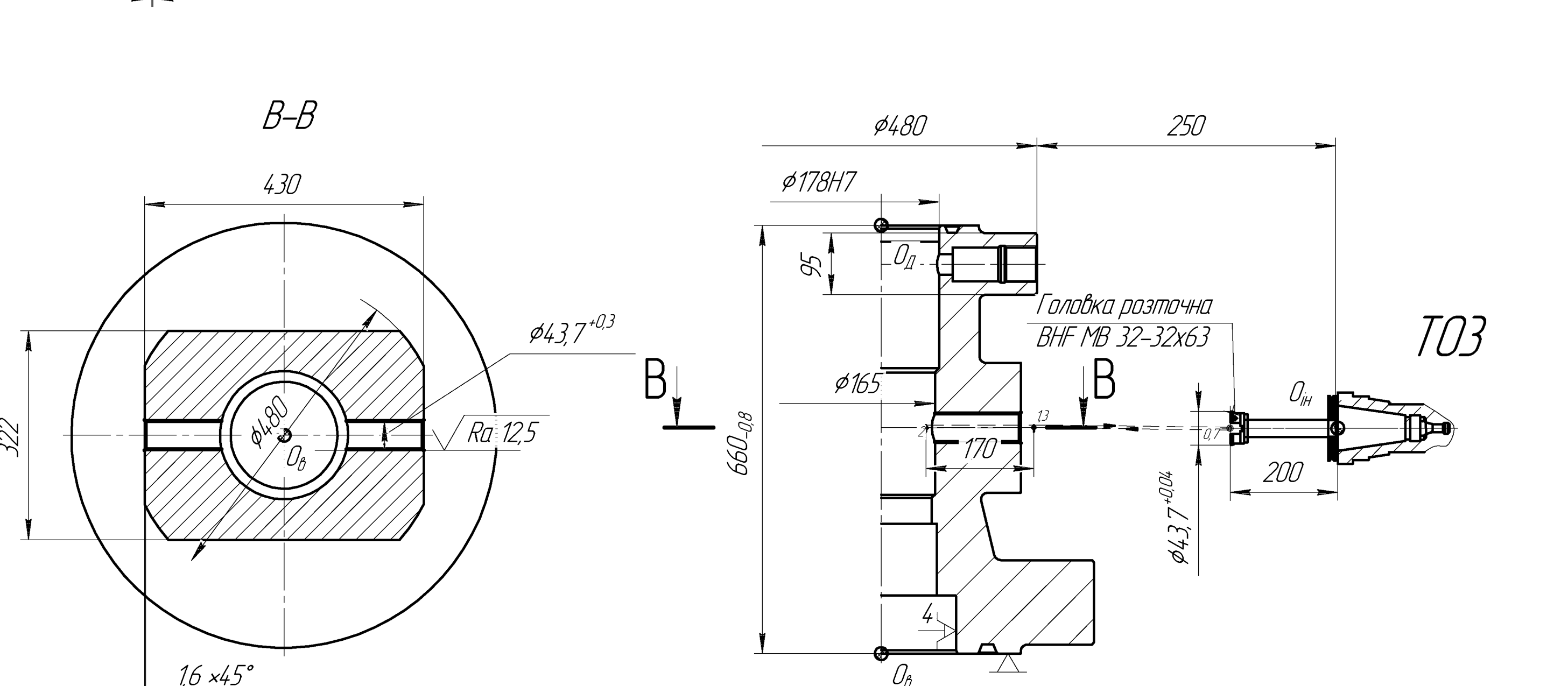
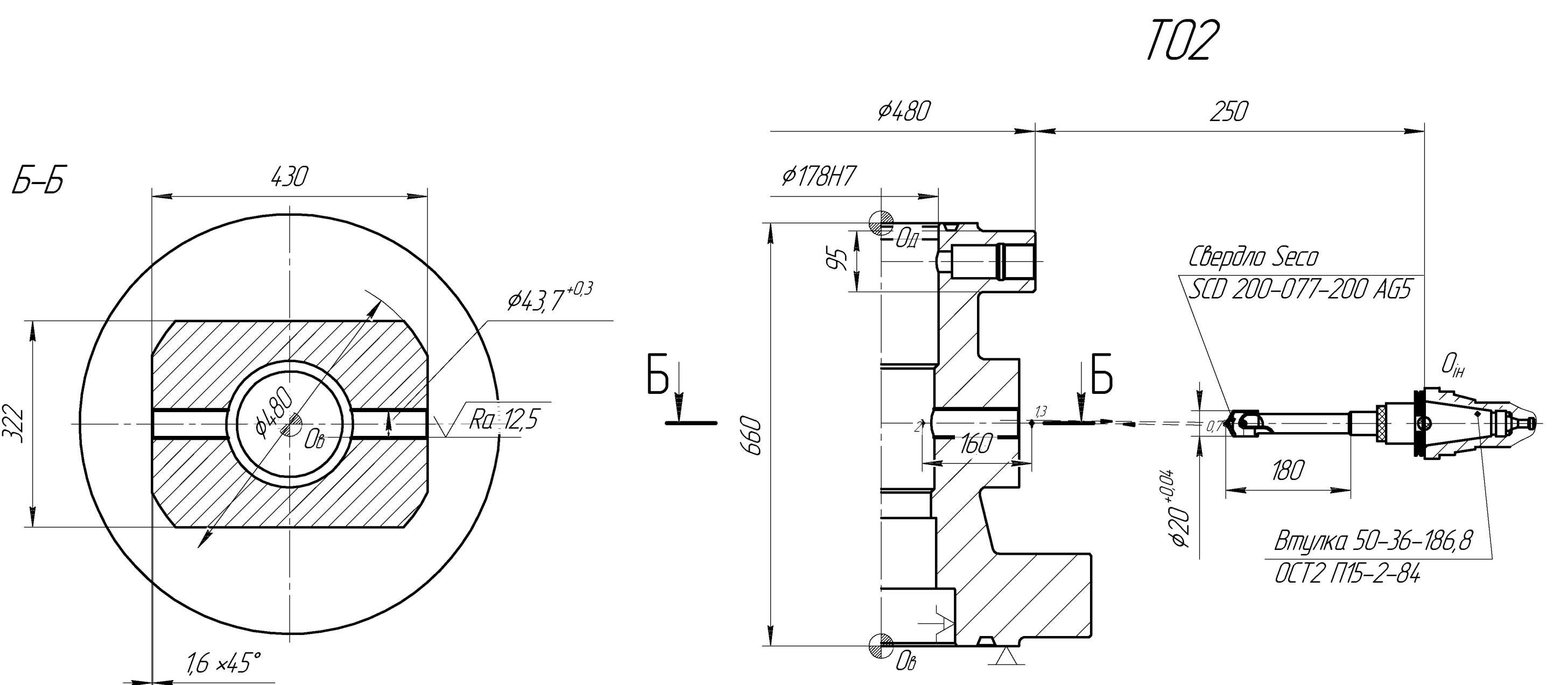
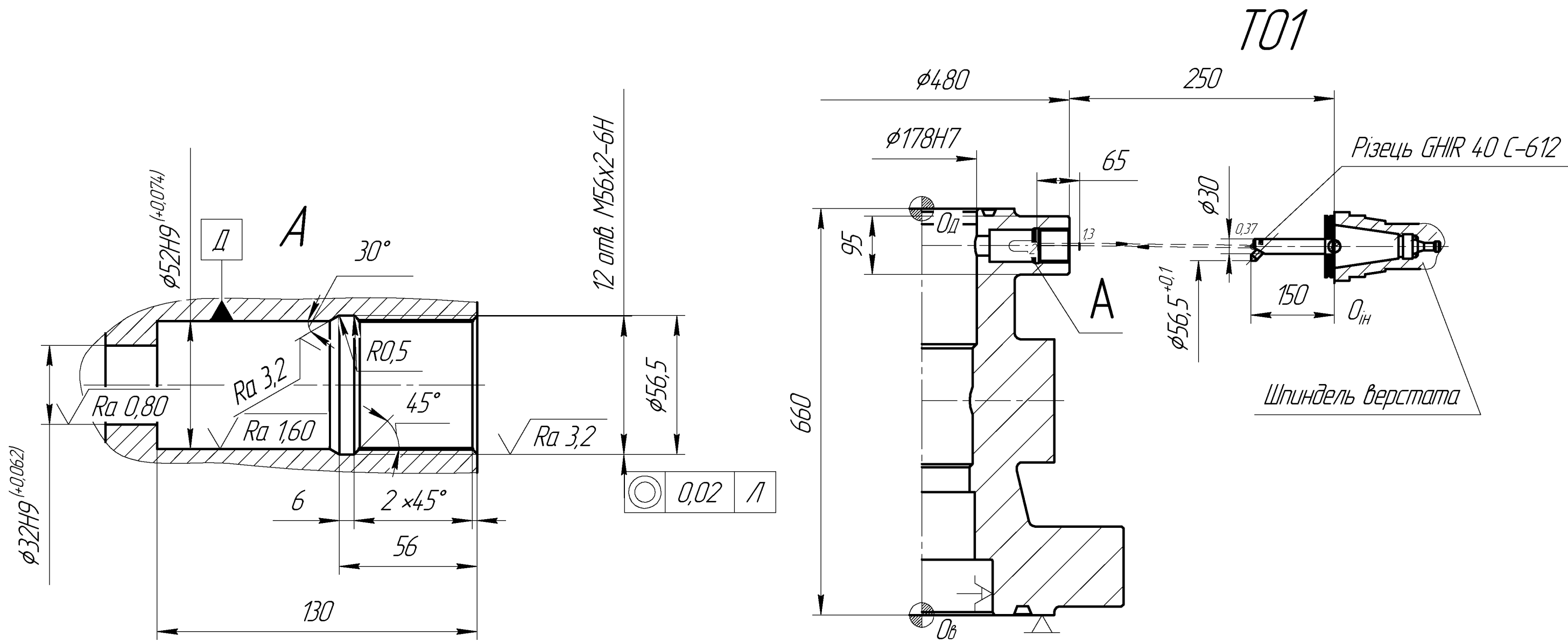


Зміст переходу	t	S	n	V	Ta	Tшт
Розточити поверхню в розмір 7	2	0,2	250	134,2	0,12	2040
Підрізати торець в розмір 8	2	0,2	250	134,2	0,04	
Розточити поверхню в розмір 9	0,5	0,1	200	144,4	0,05	
Підрізати торець в розмір 10	2	0,2	200	144,4	0,05	
Розточити фаску в розмір 11	-	0,1	200	144,4	0,04	
Грунтувати канавку елемент 5	2	0,2	125	140,2	0,05	

					<i>KHY.KMP.131.24.1-15.EO</i>		
<i>Эм лист</i>	<i>N° докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Езкізи операцій</i>			
<i>Раздобув</i>	<i>Тимченко</i>			<i>Лит</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>	
<i>Керівник</i>	<i>Рязанцев</i>			<i>H</i>		<i>1:4</i>	
				<i>Лист</i>	<i>1</i>	<i>Листів</i>	<i>2</i>
<i>Нконтр.</i>	<i>Нечай</i>			<i>Кафедра ТМ</i>			
<i>Затв.</i>	<i>Рязанцев</i>			<i>гр. ТМ-24м</i>			

Операція ОЗО Свердлильна з ЧПК
Горизонтальний обробний центр SINO HMC 800
Установ А

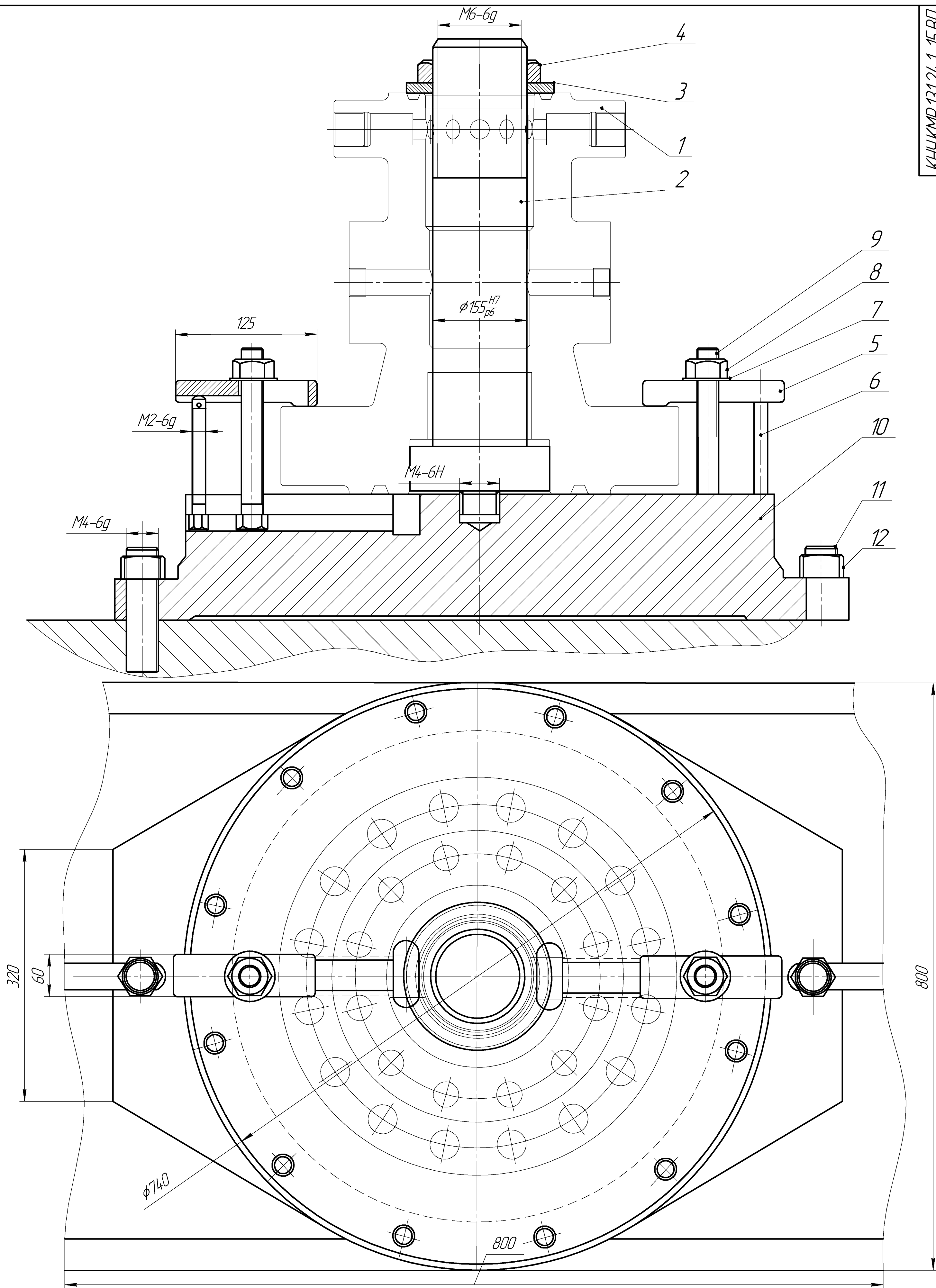
КНУКМР.13124.1-15.B1H



№ інструменту	Початок зведення креслення	Код програми	Пояснення
T01	1-3	N001 T01 S11F18M04L03 ПС	розточування 12 отв. M56x2
		N002 X+004625 Y-080011 ПС	
		N003 G81 R+030000 Z+32900 ПС	
	4-6	N004 X+009250 Y000000 ПС	
		N005 R+030000 Z+32900 ПС	
	7-9	N006 X+004625 Y-080011 ПС	
		N007 R+030000 Z+32900 ПС	
	10-12	N008 X+004625 Y-080011 ПС	
		N009 R+030000 Z+32900 ПС ПС	
	13-15	N010 X+009250 Y000000 ПС	
		N011 R+030000 Z+32900 ПС ПС	
	16-18	N012 X+004625 Y-080011 ПС	
		N013 R+030000 Z+32900 ПС ПС	
	19-21	N014 X+004625 Y-080011 ПС	
		N015 R+030000 Z+32900 ПС ПС	
	22-24	N016 X+004625 Y-080011 ПС	
		N017 R+030000 Z+32900 ПС ПС	
	25-27	N018 X+004625 Y-080011 ПС	
		N019 R+030000 Z+32900 ПС ПС	
	28-30	N020 X+004625 Y-080011 ПС	
		N021 R+030000 Z+32900 ПС ПС	
	31-33	N022 X+004625 Y-080011 ПС	
		N023 R+030000 Z+32900 ПС ПС	
	34-36	N024 X+004625 Y-080011 ПС	
		N025 G91 R+030000 Z+32900 ПС ПС	
T02	1-3	N026 T02 S11F18M04L03 ПС	свердління 2 отв. RC11\2'
		N027 X+004625 Y-080011 ПС	
		N028 G81 R+030000 Z+32900 ПС	
	4-6	N029 X+009250 Y000000 ПС	
		N030 G91 R+030000 Z+32900 ПС	
T03	1-3	N031 T03 S11F18M04L03 ПС	розточування 2 отв. RC11\2'
		N032 X+004625 Y-080011 ПС	
		N033 G81 R+030012 Z+32902 ПС	
	4-6	N034 X+004625 Y-080011 ПС	
		N035 G91 X+004625 Z-08250 ПС	
T04	1-3	N036 T04 S11F18M04L03 ПС	нарізання різьби 2 отв. RC11\2'
		N037 X+004625 Y-080011 ПС	
		N038 G81 R+030012 Z+32902 ПС	
	4-6	N039 X+004625 Y-080011 ПС	
		N040 G91 R+030012 Z+32902 ПС	

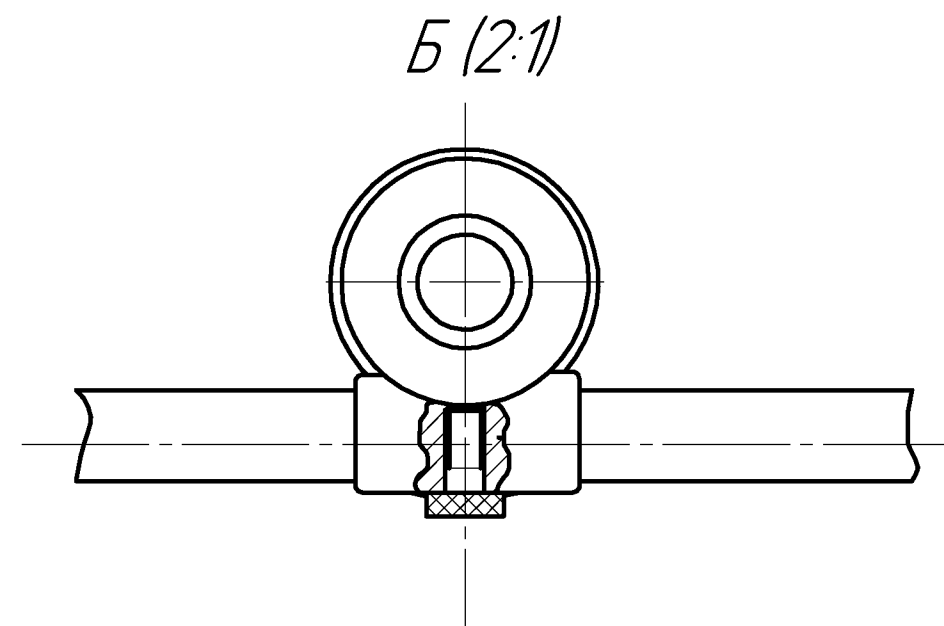
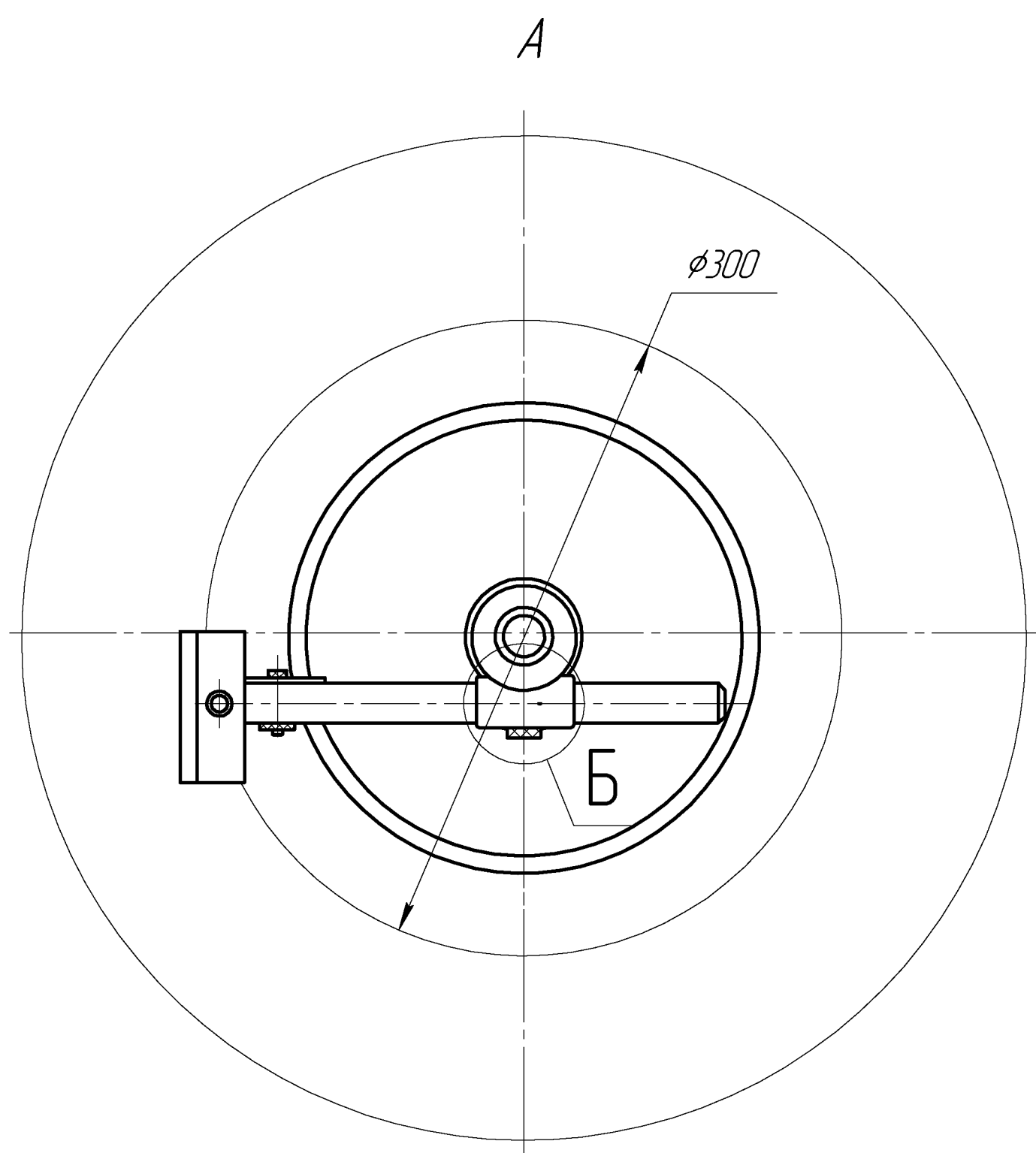
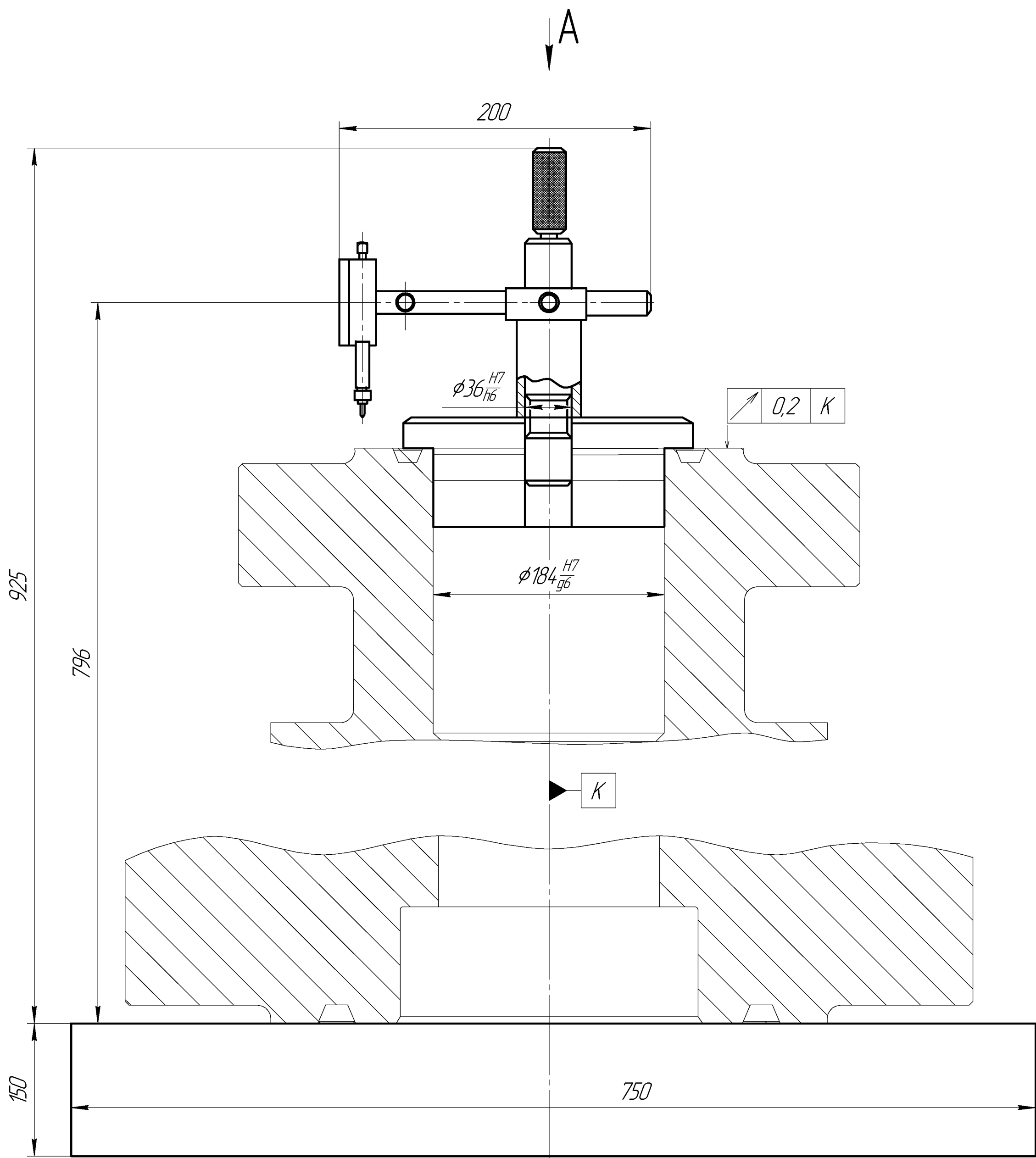
RC 11/2"
2 отв.

				КНУКМР.13124.1-15.B1H		
Зм./Лист	№ док.	Підпис	Дата	Верстатно-інструментальне налагодження	Лист	Маса
Розробив	Турченко				Н	11
Керівник	Рязанцев				Лист	Листів
Н.контр.	Нечасів			Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Затв.	Рязанцев					



1. Пристрій для фрезерування поверхні.
2. Похибка базування складає $\delta=0,05\text{мм}$.
3. Сила затиску при обробці складає $W=1956\text{Н}$.
4. Сила затиску від пневмоциліндру $Q=3912\text{Н}$.
5. Похибка пристрою складає $\delta=0,29\text{мм}$.

				КНУКМР.13124.1-15.ВП		
				Верстатне пристосування		
Зм. / Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Тимченко			Н		1:4
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасов			Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-24м		

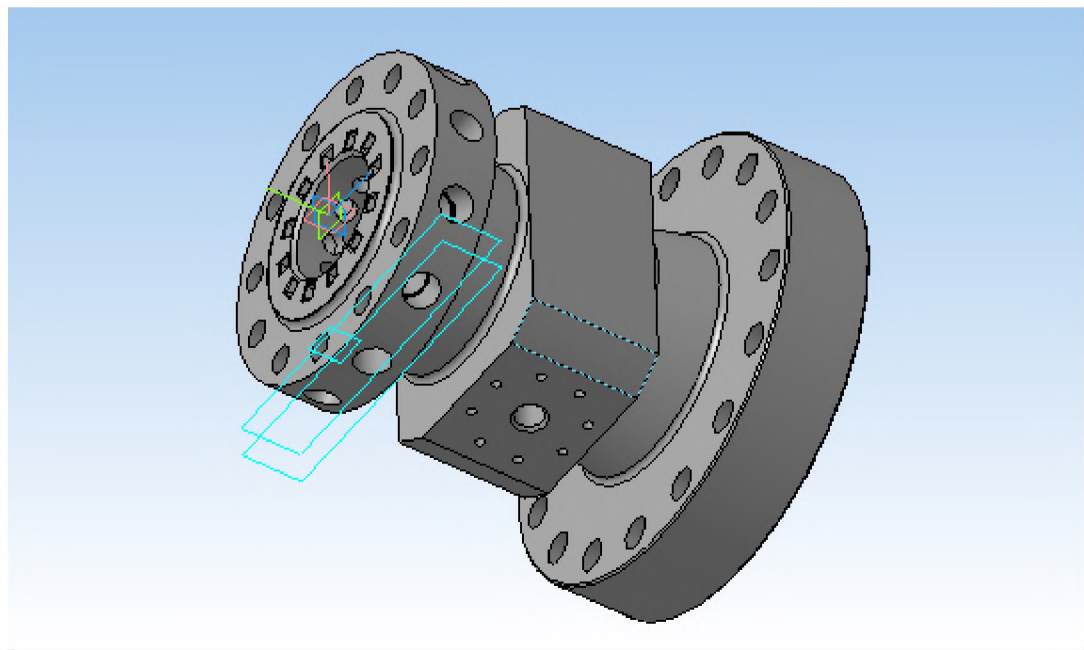


1. Пристрій виконується для контролю радіального біття від бази К.
2. Допустима похибка вимірювання $\Delta=0,02\text{мм}$.
3. Складання пристрою згідно параметрам робочого креслення.

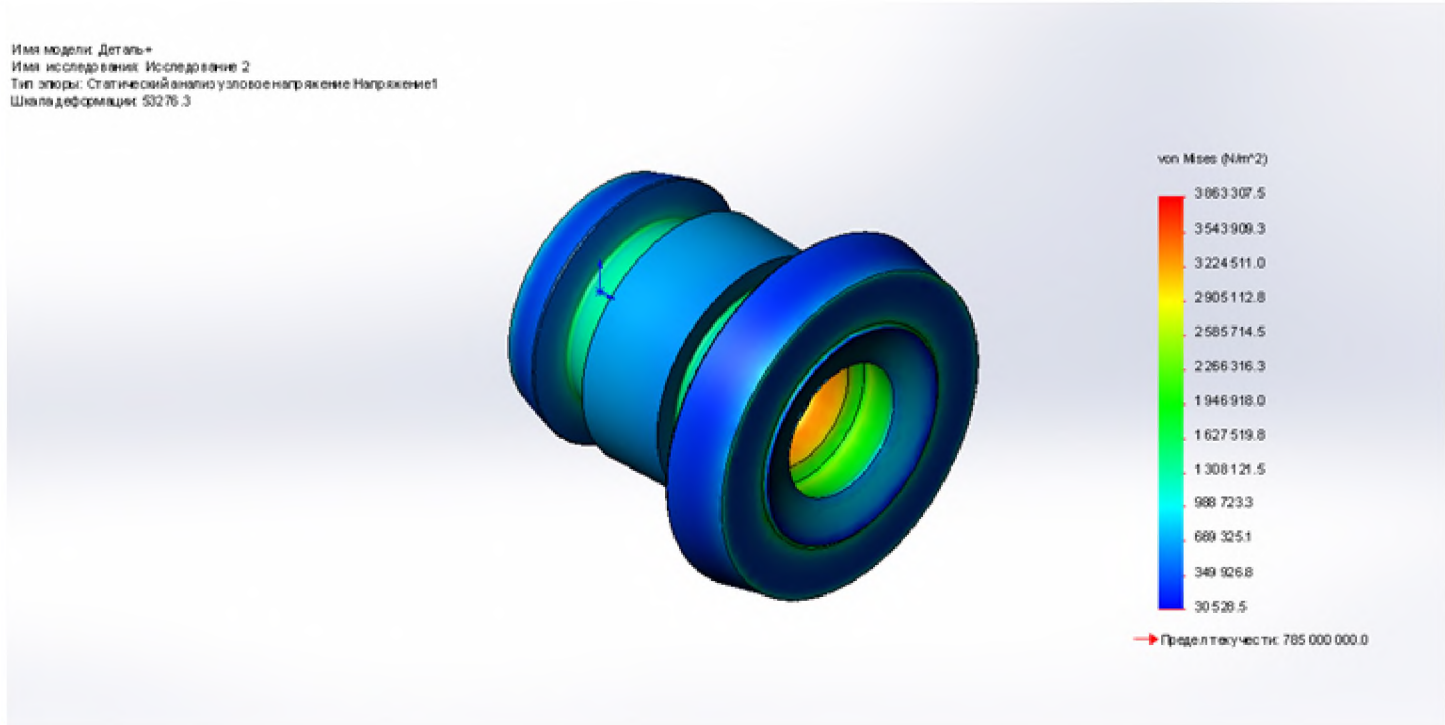
КНУ.КМР.131.24.1-15.КП				Контрольне пристосування		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса
Разробив	Тимченко				Н	1:4
Керівник	Рязанцев				Лист	Листів
Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ	
Затв.	Рязанцев				гр. ПМ-24м	

Статичний аналіз конструкції деталі "Корпус" в SolidWorks

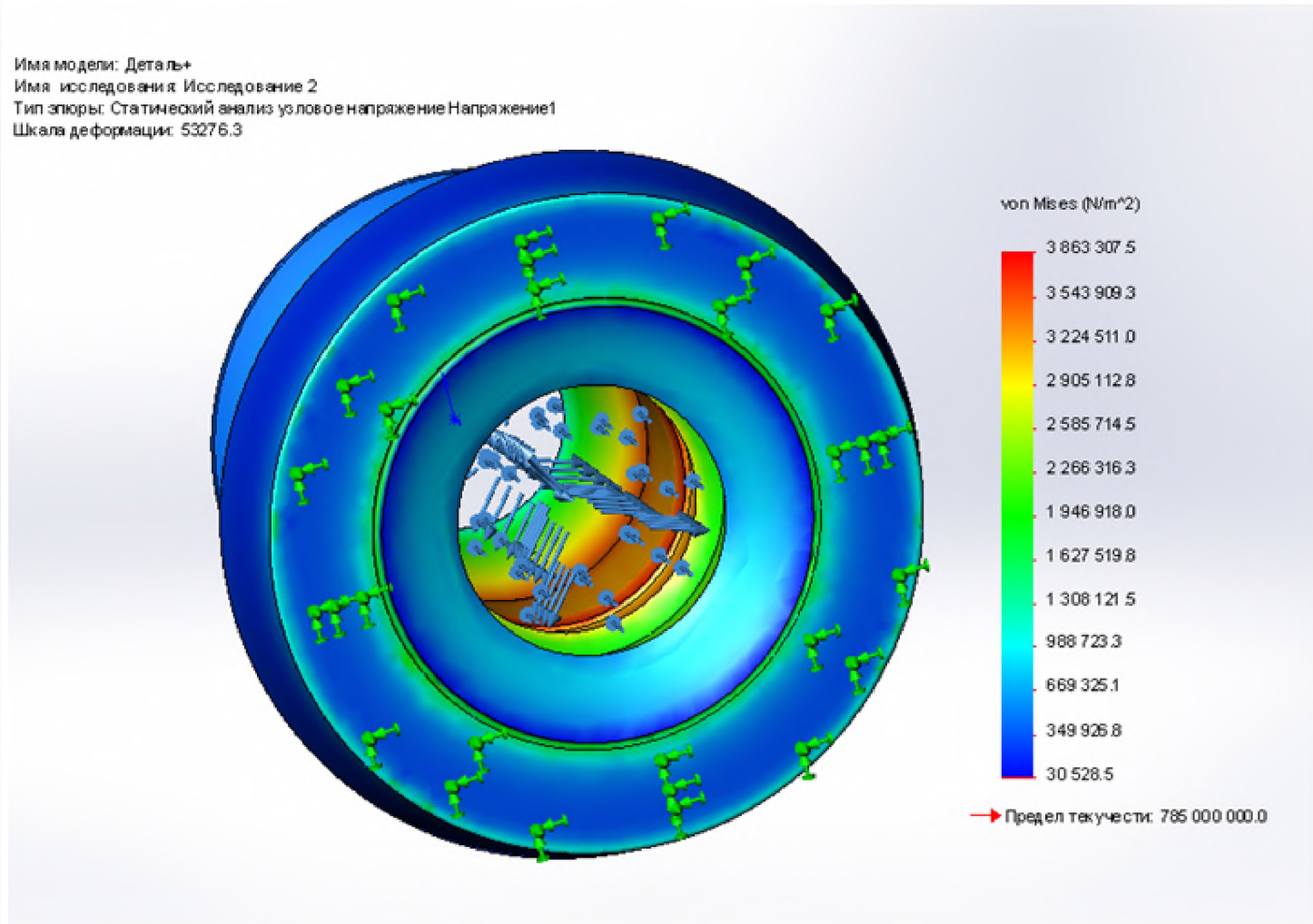
Креслення деталі "Корпус" в 3D



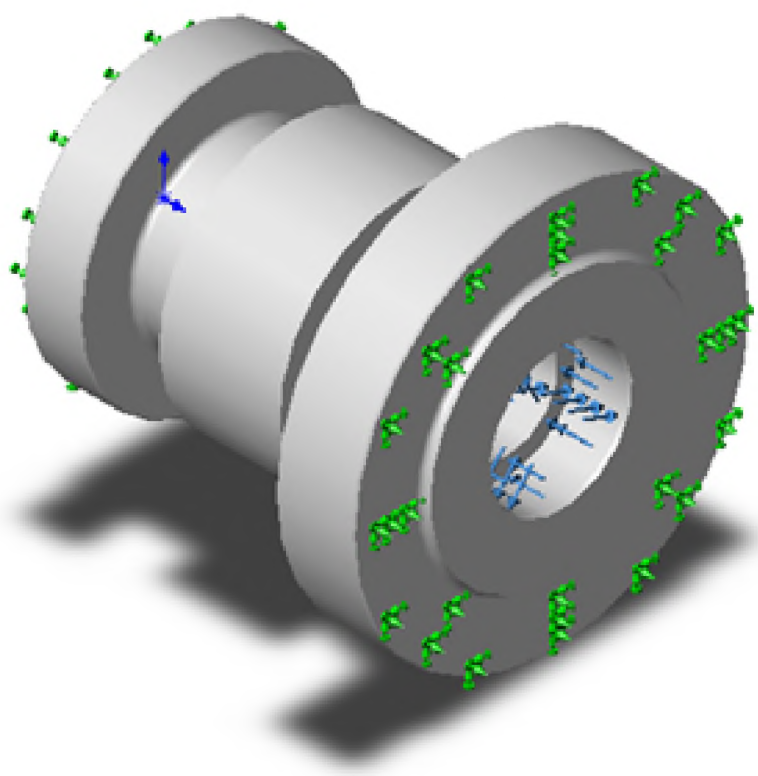
Статичний аналіз – вузлове напруження



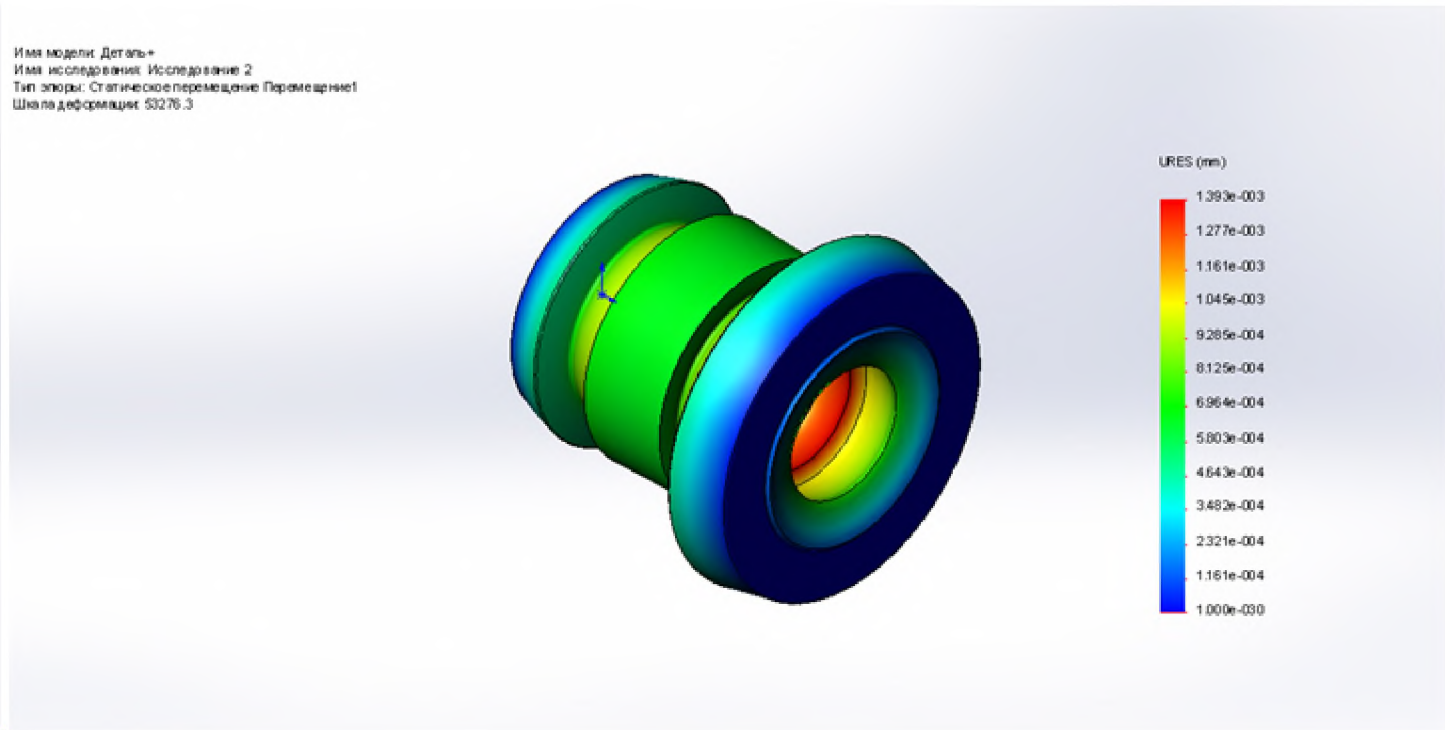
Умовне напруження



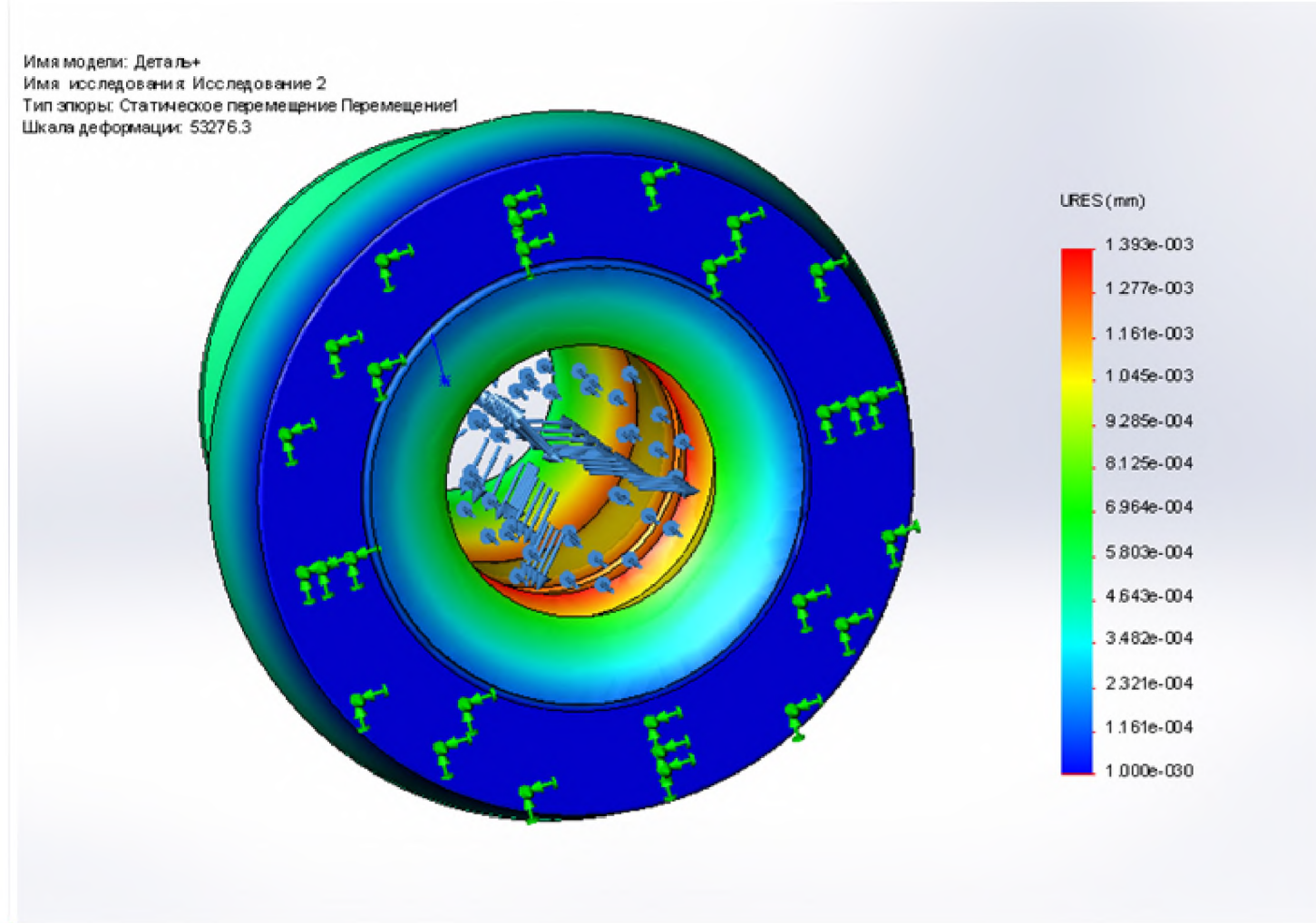
Інформація про модель



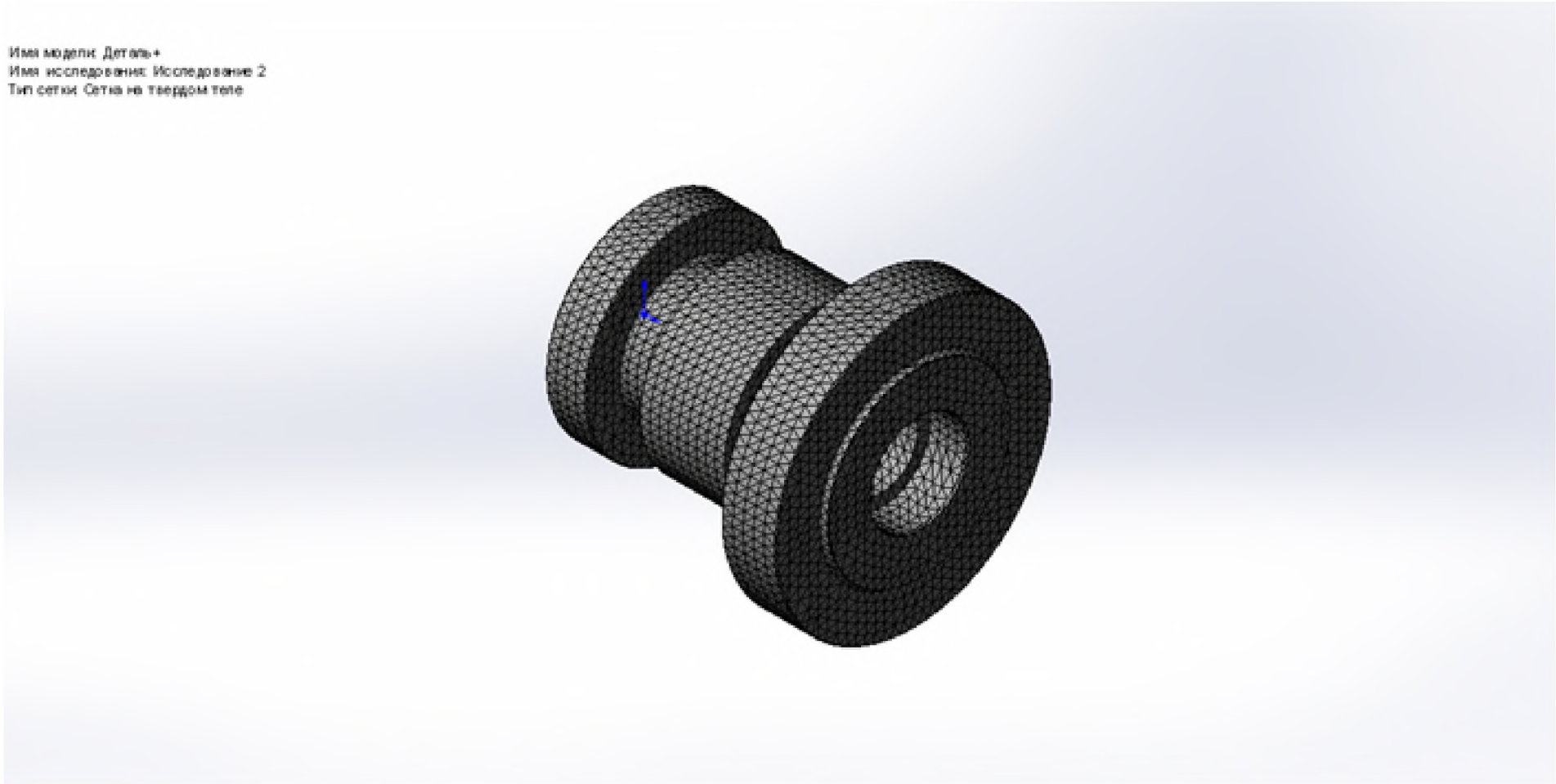
Статичне переміщення



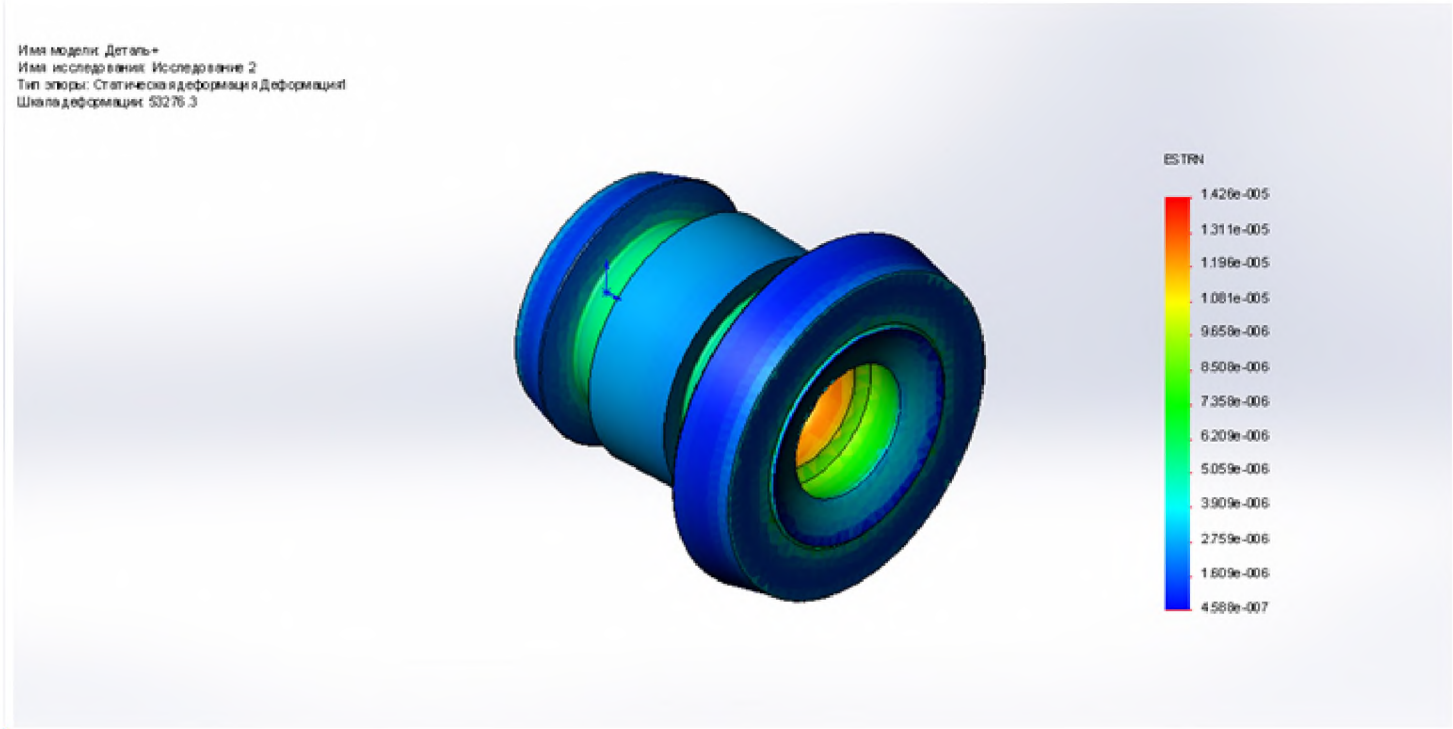
Статична деформація



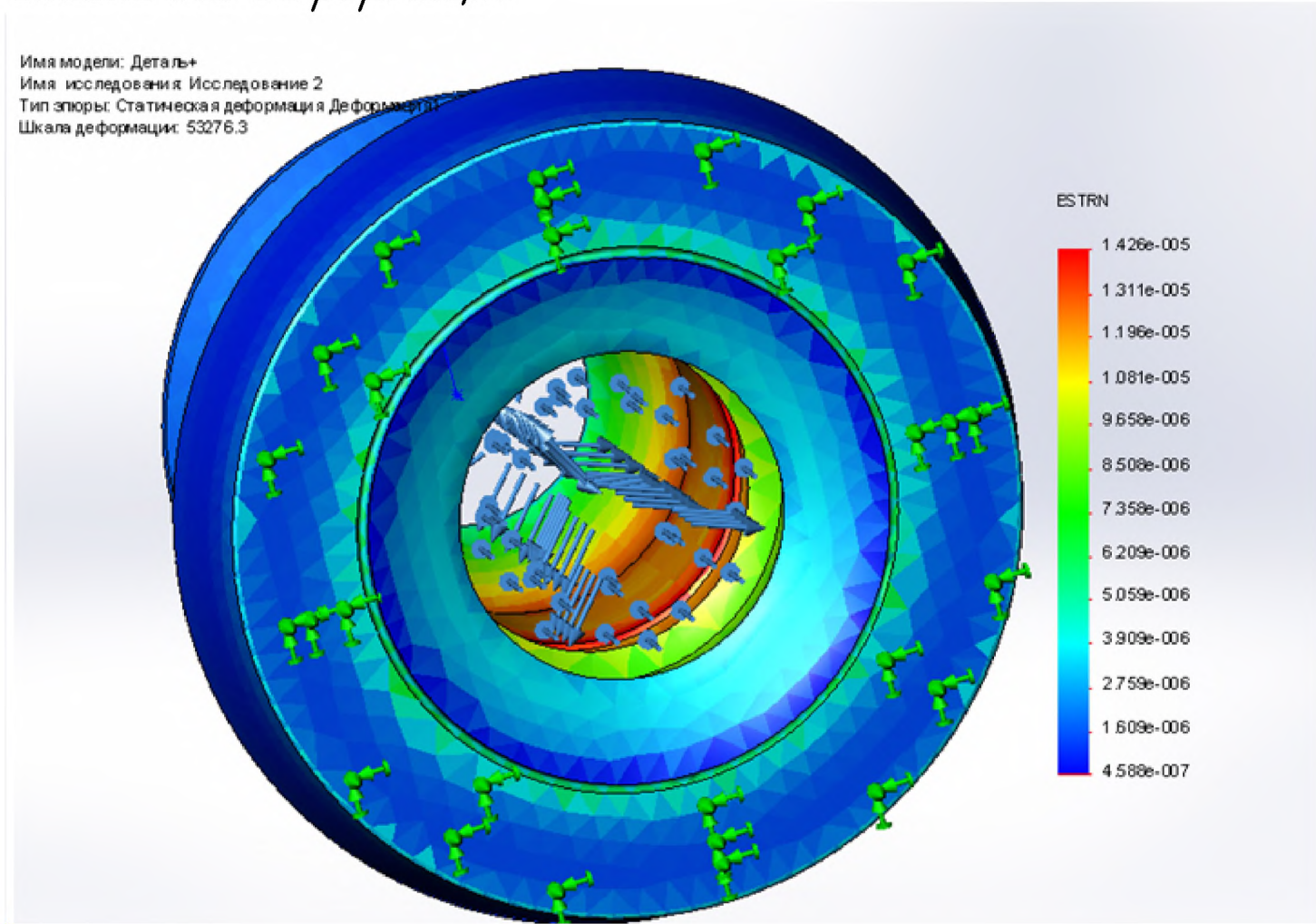
Інформація про сітку



Статична деформація



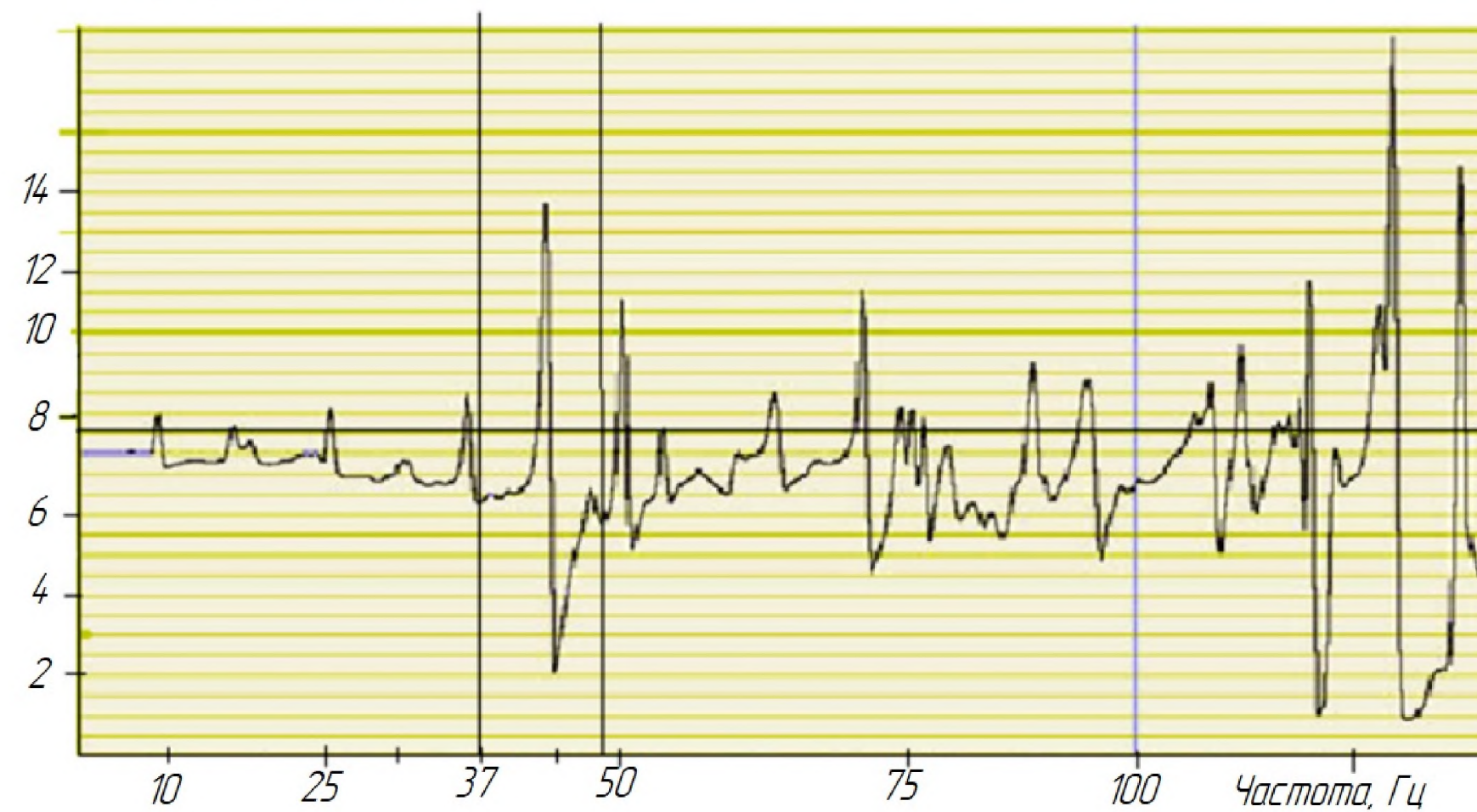
Статична деформація



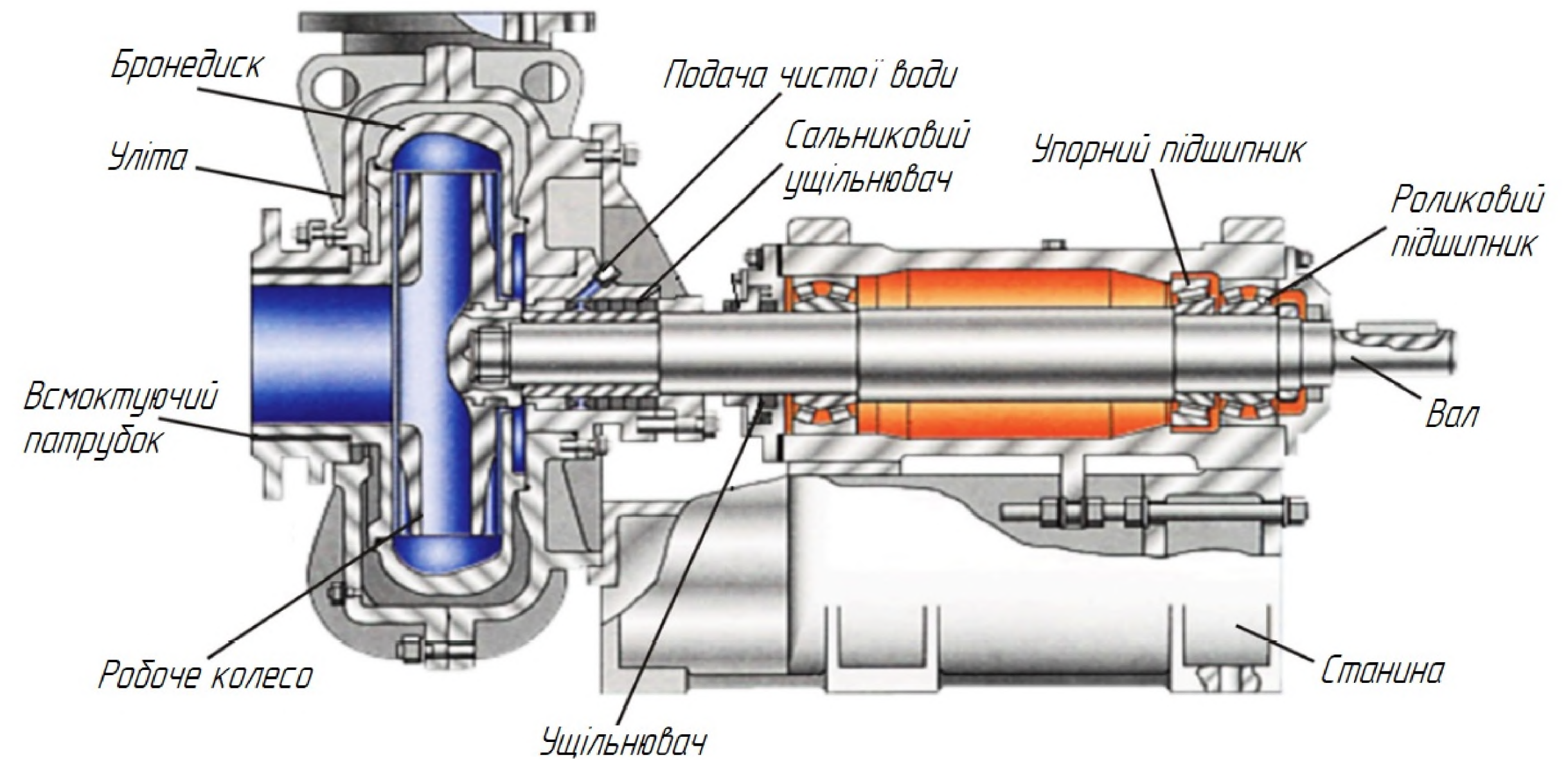
КНУКМР.13124.1-15.САД				Статичний аналіз деталі		
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Лист	Листів
Розробив	Тимченко				1	1
Керівник	Рязанцев					
Начальник	Нечасов					
Затв.	Рязанцев					

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ СТРОКУ СЛУЖБИ ГРУНТОВИХ НАСОСІВ

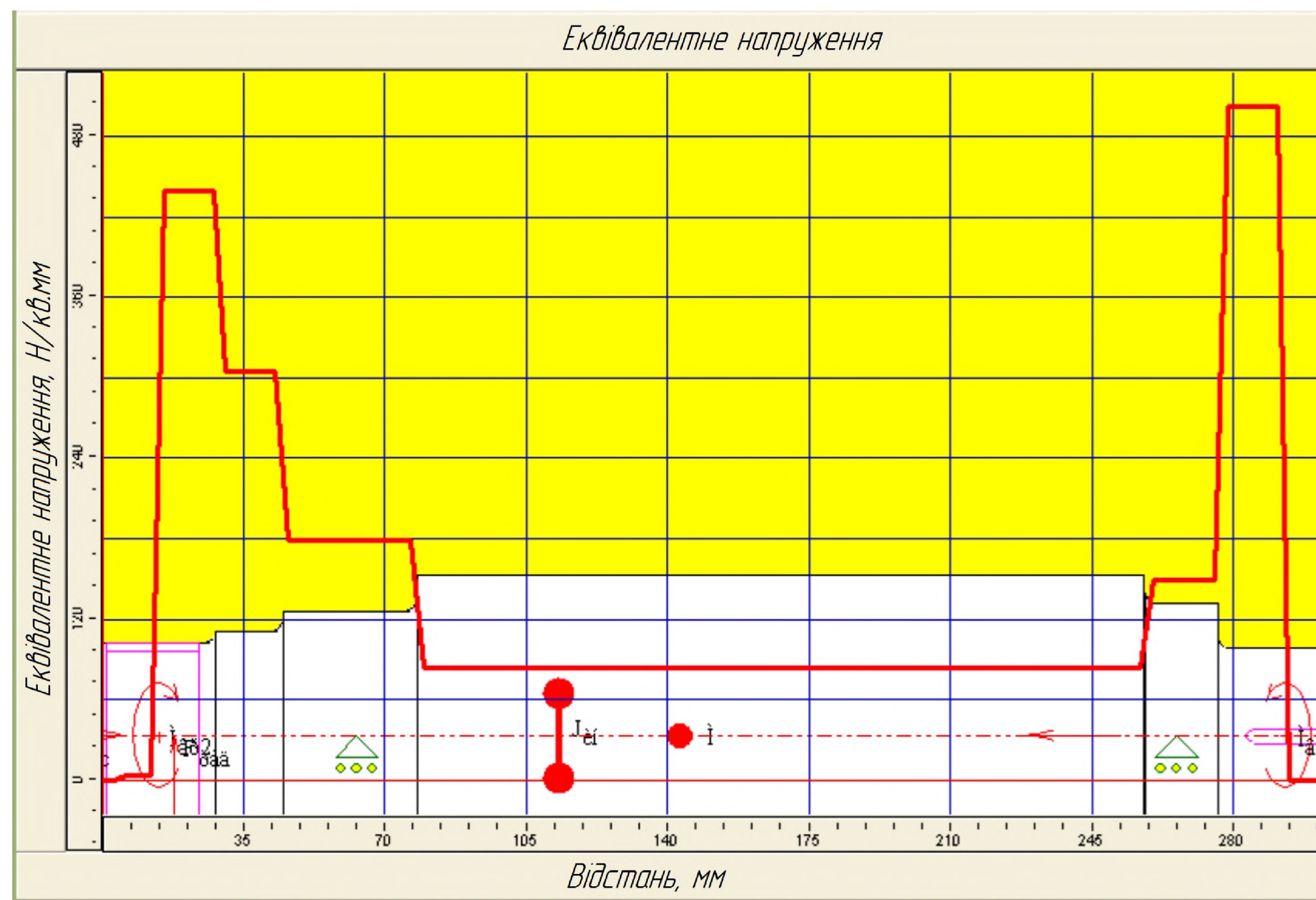
Віброприскорення, мм/с^2



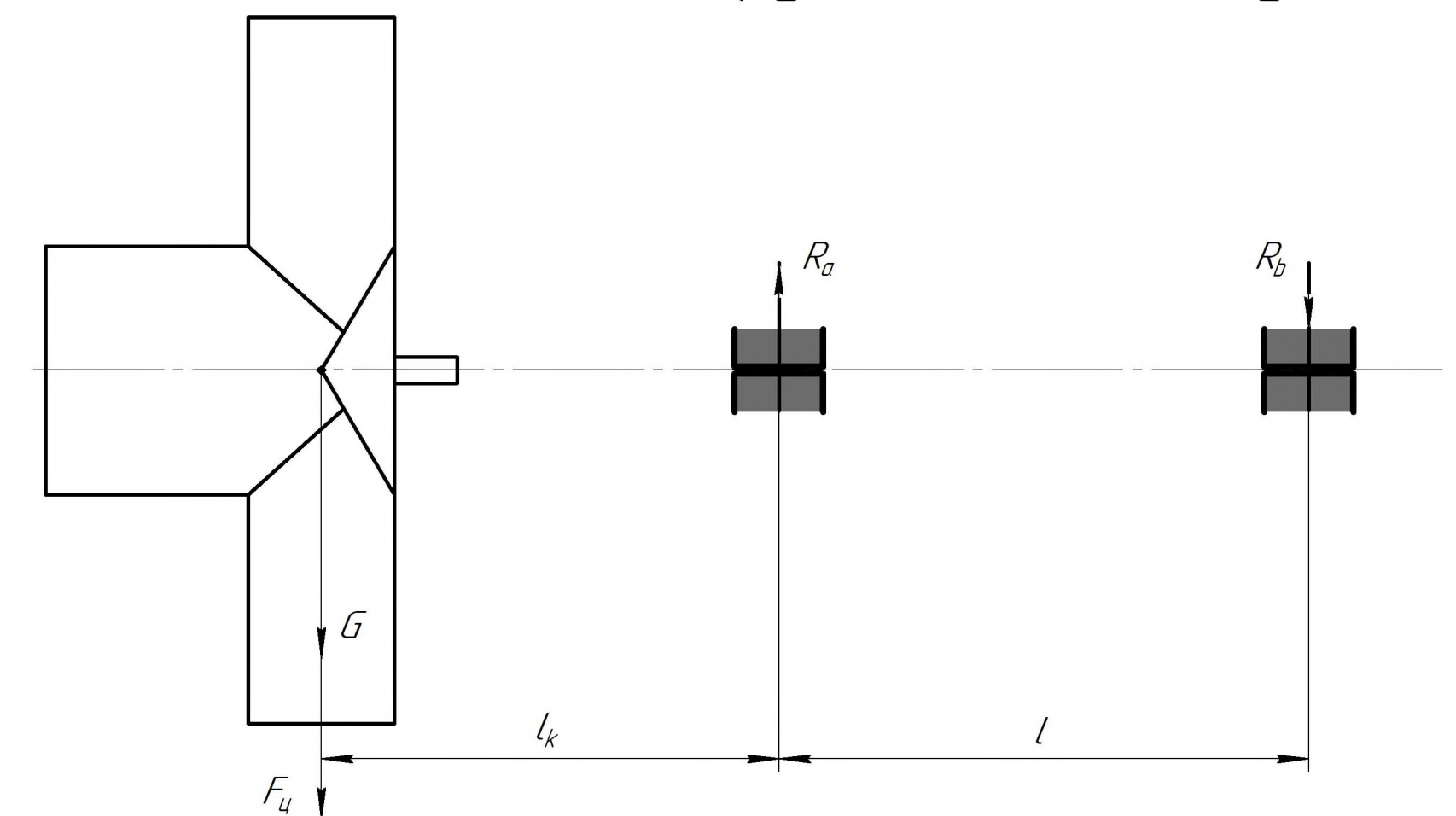
Результат зняття показань із реєструючого приладу, встановленого на підшипники кочення № 3620 через 30 днів роботи



Загальний вигляд ґрунтового насосу



Дослідження валу ґрунтового насосу 28Гр-8Т



Розрахунок прогину вала

КНУ.КМР.13124.1-15.НДЧ				Лит	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Науково-дослідна частина		
Розробив	Тимченко			Лист	Листів	1
Керівник	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Н.контр.	Нечасів					
Затв.	Рязанцев					