

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: Підвищення ефективності виробництва деталей ходової частини шахтного навантажувача за рахунок використанням САПР технологій в проектуванні технологічного процесу станини

Виконав: магістрант  
групи ПМ-23м  
Дуденко О.С.

Керівник КМР:  
к.т.н., доцент  
Цивінда Н.І.

м. Кривий Ріг  
2024 р.

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

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності виробництва деталей ходової частини шахтного навантажувача за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу станини

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

\_\_\_\_\_

(підпис)

Дуденко О.С.

Керівник КМР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

м. Кривий Ріг  
2024 р.

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-23м Дуденка Олександра Сергійовича

**1. Тема:** Підвищення ефективності виробництва деталей ходової частини шахтного навантажувача за рахунок використанням САПР технологій в проектуванні технологічного процесу станини

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

Затверджена наказом по КНУ № \_\_\_\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**2. Термін подання магістрантом закінченої роботи** \_\_\_\_\_ р.

**3. Вихідні дані до роботи:** 1. Креслення вузла. 2. Креслення деталі «Станина».

3. Річна програма випуску деталей

**4. Зміст пояснювальної записки:** 1 Розробка та узгодження технічного завдання. 2 Проектування технологічного процесу складання вузла. 3 Технологічне підготовлення виробництва виробу. 4 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу. 5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6 Конструкторська підготовка виробництва. 7 Організаційно-економічна підготовка виробництва. 8 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів.

**5. Перелік графічного матеріалу:** 1. Складальне креслення. 2. Станина. 3. Станина (відливка). 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Верстатне пристосування. 7. Контрольне пристосування.

## 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	12.09.2024
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	17.09.2024
1.2 Службове призначення виробу	22.09.2024
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2024
3 Технологічне підготовлення виробництва виробу	01.10.2024
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	05.10.2024
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2024
4 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	18.10.2024
6 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2024
7 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2024
7.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	06.11.2024
7.2 Реконструкція механоскладального цеху	10.11.2024
8 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	16.11.2024
Висновки	17.11.2024
Додатки	18.11.2024
Попередній захист	11.12.2024

Дата видачі завдання: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Завдання видав керівник  
кваліфікаційної магістерської роботи \_\_\_\_\_

/ Цивінда Н.І./

Завдання отримав  
магістрант \_\_\_\_\_

/ Дуденко О.С./

Перш. промен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначення	Найменування	Кол.	Примечание		
Справ. №						<u>Документація</u>				
		A4		1	КНУ.КМР.131.24.1-03.ПЗ	Пояснювальна записка	113			
		A4		2	КНУ.КМР.131.24.1-03.АКТІЗ	Альбом креслень та інформаційно-засвідчуючих аркушів	14			
		Подп. и дата						<u>Креслення</u>		
				A2		3	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК	Ходова частина ПКЧ-А-900		
				A1		4	КНУ.КМР.131.24.1-03.С	Станина	1	
				A1		5	КНУ.КМР.131.24.1-03.СВ	Станина відливка	3	
				A1		6	КНУ.КМР.131.24.1-03.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
				A1		7	КНУ.КМР.131.24.1-03.ПССК	Пристосування спеціальне	1	
Взам. инв. №		A1		8	КНУ.КМР.131.24.1-03.ПДКТБ	Пристрій для контролю торцювого диття				
						Складальне креслення	1			
Подп. и дата		A1		9	КНУ.КМР.131.24.1-03.ЕО	Ескізи операції	4			
Инва. № подл.						КНУ.КМР.131.24.1-03.ВМ				
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов		
Инва. № подл.		Разраб.	Дуденко					1		
		Пров.	Цивінда			Відомість матеріалів				
Инва. № подл.		Н.контр.	Нечаєв			Кафедра ТМ,				
		Утв.	Рязанцев			гр. ПМ-23м				
						Формат А4				

## РЕФЕРАТ

Тема КМР: «Підвищення ефективності виробництва деталей ходової частини шахтного навантажувача за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу станини».

Пояснювальна записка до КМР: 112 стор., 52 рисунки, 20 таблиць, комплект карт на 15 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі, 20 листів графічної частини.

Підвищення ефективності виробництва є ключовим завданням сучасної промисловості, особливо у таких критично важливих галузях, як гірничовидобувна. Шахтні навантажувачі, що працюють у важких умовах, мають бути максимально надійними, а їхні деталі – витривалими до значних механічних навантажень.

Одним із ключових компонентів, що визначають довговічність та функціональність навантажувачів, є ходова частина, зокрема її станина. Застосування сучасних САПР у процесі проектування технологічних процесів виробництва станини дозволяє не лише поліпшити якість виготовлення, але й суттєво скоротити витрати часу та ресурсів.

Актуальність цієї теми зумовлена необхідністю модернізації виробничих процесів у багатьох підприємствах, які стикаються з викликами глобальної конкуренції та потребами зменшення собівартості продукції.

Метою дослідження є підвищення ефективності виробництва деталей ходової частини шахтного навантажувача шляхом впровадження сучасних САПР у проектуванні технологічного процесу виготовлення станини.

Досягнення поставленої мети включає такі завдання:

- аналіз вимог до деталей ходової частини шахтного навантажувача та особливостей їх експлуатації;
- розробка ефективного технологічного процесу із застосуванням САПР;
- створення інструментальної бази для виготовлення станини з використанням верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК);
- проведення техніко-економічного обґрунтування впроваджених рішень для забезпечення економічної доцільності;
- оцінка впливу інноваційних рішень на продуктивність і якість виробничих процесів.

Реалізація мети сприятиме впровадженню інноваційних технологій у виробництво, що дозволить підприємствам гірничодобувної галузі підвищити свою конкурентоспроможність, оптимізувати виробничі витрати та забезпечити високу якість деталей.

САПР, ПРОЕКТУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЧПК,  
МОДЕРНІЗАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ІННОВАЦІЇ

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.P</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Дуденко				<i>Реферат</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цивінда							
Реценз.								
Н. Контр.	Нечасів							
Затверд.	Рязанцев							
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних проекту.....	10
1.2 Призначення деталі, умови її використання. Конструктивні та експлуатаційні особливості.....	11
1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технології.....	13
2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА.....	14
2.1 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга.....	14
2.2 Розрахунок кутового розмірного ланцюга.....	15
2.3 Проектування технологічного процесу складання.....	19
3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПІДГОТОВЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ.....	21
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі.....	21
3.1.1 Вибір матеріалу і варіантів замін.....	21
3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей.....	23
3.1.3 Технічний контроль робочого креслення.....	25
3.1.4 Аналіз технологічності деталі.....	26
3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення.....	27
3.2 Проектування технологічного процесу.....	34
3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок.....	34
3.2.2 Проектування заготовок.....	35
3.2.3 Вибір і обґрунтування баз.....	37
3.2.4 Розробка маршруту обробки деталі.....	41
3.2.5 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку.....	43
3.2.6 Розробка технологічної операції.....	52
3.3 Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій.....	66
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	69
5 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК.....	72
5.1 САМ – розрахунок свердлильної операції.....	72
5.2 САЕ – симуляція деталі «Станина».....	80
6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ.....	84
6.1 Проектування верстатного спеціального пристосування.....	84
6.1.1 Розробка технічного завдання на проектування.....	84
6.1.2 Розрахунок похибки базування.....	85

<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.3</i>				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Дуденко		
Перевір.		Цивінда		
Реценз.				
Н. Контр.		Нечаєв		
Затверд.		Рязанцев		

<i>ЗМІСТ</i>	Лит.	Арк.	Аркушів
<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>			



6.1.3 Розробка схеми закріплення.....	86
6.1.4 Вибір конструкції затискного механізму.....	86
6.1.5 Вибір та проектування базових та допоміжних елементів пристрою.....	86
6.1.6 Вибір засобів встановлення і визначення похибки розташування пристрою на верстат.....	87
6.1.7 Розрахунок на точність верстатного пристрою.....	88
6.1.8 Техніко-економічне обґрунтування пристрою.....	89
6.2 Проектування контрольного пристосування.....	90
6.2.1 Розробка технічного завдання.....	90
6.2.2 Етапи проектування пристрою.....	91
6.2.3 Розрахунок точності контрольного пристрою.....	91
7 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.....	94
7.1 Формування вихідних параметрів механічної дільниці цеху.....	94
7.2 Розрахунки ключових техніко-економічних показників.....	94
8 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ 3	
ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ.....	101
8.1 Геометричні погрішності форми в поперечному напрямку.....	101
8.2 Знос ріжучого інструменту.....	103
8.3 Зношення багатозубого інструмента.....	105
8.4 Визначення сумарних відтисків методом східчастого різання.....	108
ВИСНОВКИ.....	110
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	112

## ВСТУП

Сучасний розвиток промисловості неможливо уявити без застосування передових технологій, які забезпечують високу точність, ефективність і конкурентоспроможність продукції. Одним із ключових інструментів, що сприяють досягненню цих цілей, є системи автоматизованого проектування (САПР). Вони стали невід'ємною складовою інженерної діяльності, забезпечуючи можливість створення складних технічних рішень у стислі терміни та з мінімальними витратами.

У сфері машинобудування особливе місце займає проектування технологічних процесів виготовлення складних деталей, таких як станини. Станина є базовим елементом верстатів і інших механізмів, що визначає їх стійкість, точність та довговічність. Через це вимоги до її виготовлення, включаючи точність геометричних параметрів, механічну міцність і якість обробки, є надзвичайно високими.

Використання САПР у проектуванні технологічних процесів має багатогранний вплив на всі етапи виробництва станин. На початковій стадії розробки моделі ці системи дозволяють інженерам швидко створювати 3D-моделі з урахуванням усіх необхідних конструктивних і технологічних особливостей. Це сприяє точнішому аналізу геометричних параметрів, зменшенню ризику помилок при передачі інформації між підрозділами і зручнішій інтеграції з іншими програмними комплексами, такими як системи управління виробництвом (MES) чи автоматизації верстатів з ЧПК.

Другою важливою перевагою є можливість використання віртуальних випробувань для аналізу властивостей майбутньої станини. Завдяки чисельним методам, таким як метод скінченних елементів (Finite Element Method, FEM), можна прогнозувати поведінку виробу під впливом навантажень, температурних змін чи інших факторів експлуатації. Це дозволяє уникнути недоліків у реальному виробництві, що скорочує витрати на виправлення помилок та знижує ризики втрат матеріалів.

Крім того, застосування САПР-технологій дозволяє автоматизувати вибір оптимальних технологічних параметрів, таких як режими різання, типи інструменту та послідовність операцій. Це суттєво підвищує точність і якість обробки, скорочує час виробництва і забезпечує стабільну повторюваність характеристик продукції. У результаті підприємства, які впроваджують такі технології, отримують значну перевагу в конкурентній боротьбі, адже вони можуть забезпечити високу якість і швидкі терміни виконання замовлень.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.B</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Дуденко</i>			<i>Вступ</i>	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Цивінда</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечасів</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Затверд.		<i>Рязанцев</i>						

# 1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

## 1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних проекту

Технічне завдання розроблено на проектування технологічного процесу виготовлення станини ходової частини шахтного навантажувача з метою підвищення ефективності виробництва за рахунок використання САПР технологій.

Найменування, обсяг робіт наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Найменування та обсяг робіт

№ п/п	Найменування	Один. вим.	Кількість
1	Інноваційний технологічний процес виготовлення станини	шт	1

Підставою для розробки проекту є підвищення ефективності виробництва за рахунок інноваційних технологій та оптимізації технологічного процесу.

Основою для розробки технологічних процесів є складальне креслення вузла, робочі креслення деталей, технічні вимоги до виробу, програма випуску ( $N_p = 1500$  шт.), а також новітні досягнення та передові практики у галузі машинобудування.

На кваліфікаційну магістерську роботу для розробки технологічних процесів було взято механізм ходової частини ПКУ-А-900.



Рисунок 1.1 – Ковшовий навантажувач ПКУ-А-900

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.01.РТУТЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Дуденко				<i>Розробка та узгодження технічного завдання</i>	Лит.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Цивінда							
Реценз.								
Н. Контр.	Нечасів					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Затверд.	Рязанцев							



шахтах, які небезпечні у відношенні вибуху газу або пилу, або у місцях скупчення розпушеної гірської маси на поверхні.

Навантажувач може використовуватися у комплексі з глухими шахтними вагонетками місткістю до 4,5 м<sup>3</sup>, вагонами прохідницькими з донним конвеєром типу ВПК та іншими транспортними засобами з висотою бортів не більш 1600 мм від рівня головок колії.

Споживачами навантажувача є підземні гірничорудні та вугільні підприємства, підприємства по будівництву підземних споруд.

Під час проведення робіт із технологічної підготовки механоскладального виробництва для виготовлення станини ходової частини слід виконати такі завдання (таблиця 1.2):

Таблиця 1.2 - Технічні вимоги на технологічний процес

Найменування	№ креслення	Кількість	Технічні вимоги
Ходова частина шахтного навантажувача ПКУ-А-900	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК	1	Технологічний процес розбирання та складання
Станина	КНУ.КМР.131.24.1-03.С	1	Технологічний процес виготовлення

- Основні технічні вимоги, а також вимоги до матеріалів, термічної та хіміко-термічної обробки, механічної обробки мають відповідати специфікаціям, зазначеним у конструкторській документації вузла та деталей.

- Поверхні деталі після механічної обробки повинні бути вільними від хвилястості.

- Вимоги до складання вузла за технічними вимогами до складання ходової частини шахтного навантажувача

- Виконати складання вузлів і деталей ходової частини шахтного навантажувача відповідно до послідовності складальних операцій, вказаних у технічній документації. Усі рухомі елементи мають забезпечувати плавне переміщення та обертання без перекосів і заїдань.

- Монтаж необхідних ремонтних комплектів, кріпильних деталей та комплектів ЗІП на механізмах слід здійснювати відповідно до вимог експлуатаційної та ремонтної документації.

- Виконати змащення всіх поверхонь механізмів і пар тертя відповідно до вимог експлуатаційної документації ходової частини шахтного навантажувача.

- Здійснити налаштування ходової частини шахтного навантажувача з регулюванням технічних параметрів відповідно до вимог технічної документації. Провести випробування на спеціалізованому стенді.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.01.РТУТЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- Якість проведених робіт має відповідати сучасному рівню технічного розвитку в галузі з урахуванням застосування CAD-CAM технологій і дотримання вимог екологічної безпеки.

- Якість застосовуваних матеріалів і методів обробки під час виконання механообробних робіт повинна відповідати чинним нормам і стандартам України, а також актуальним нормативним документам, що регламентують:

- Перелік робіт та нормативи витрат ресурсів для їх виконання;
- ОП, технічну безпеку, пожежну безпеку;
- захист навколишнього середовища.

Гарантійний строк експлуатації ходової частини шахтного навантажувача встановлюється протягом 12 місяців з дати підписання акта приймання-передачі виконаних робіт сторонами.

### 1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технології

Так як тематика КМР передбачає застосування автоматизованих систем, зокрема САД-систем, з отриманого 2D креслення було створено 3D модель станини (рисунок 1.3). Створена модель буде використовуватися у подальшому для моделювання процесу обробки в САМ-системі.

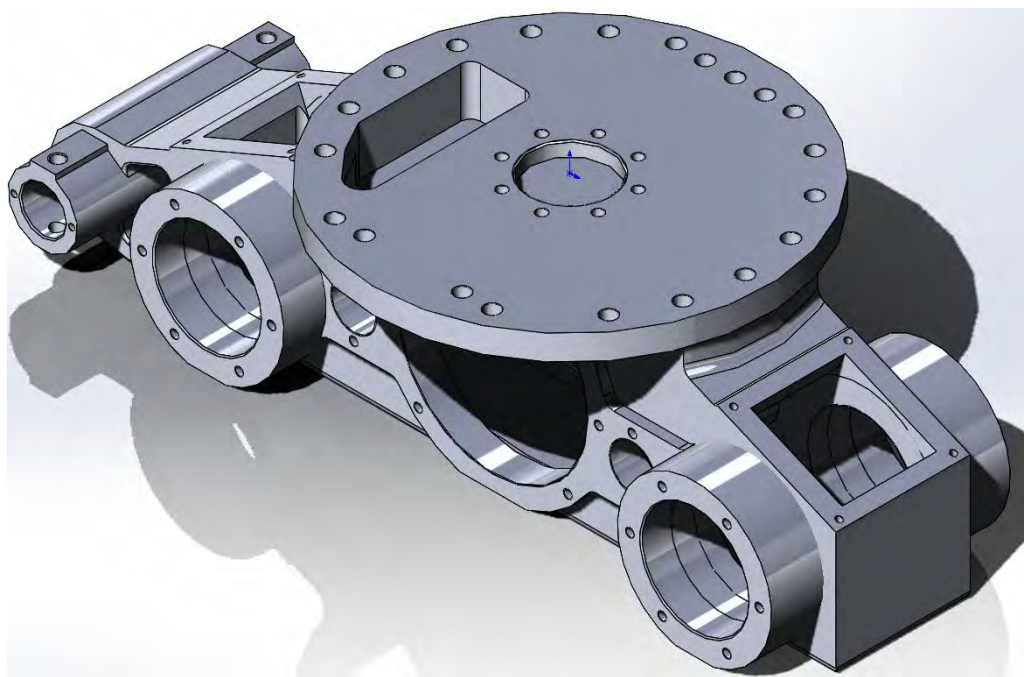


Рисунок 1.3 – 3D модель станини

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.01.РТУТЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

### 2.1 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга

Номінальний розмір замикаючої ланки визначається за формулою:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_{j=1}^m \vec{A}_j \quad (2.1)$$

де:  $\vec{A}_i$  - номінальний розмір збільшуючої ланки,  $\vec{A}_j$  - номінальний розмір зменшуючої ланки,  $n$  - кількість збільшуючих ланок в ланцюгу,  $m$  - кількість зменшуючих ланок в ланцюгу.

Допуск замикаючої ланки визначаємо за формулою:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{A_i} + \beta_i) \quad (2.2)$$

де:  $T_{A_i}$  - допуски складових ланок,  $\beta_i$  - торцеве биття спряжених поверхонь,  $n$  - кількість ланок в ланцюгу.

Граничні відхилення замикаючої ланки визначаємо за граничними відхиленнями:

$$es_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (e\vec{s}_i + \vec{\beta}_i) - \sum_{j=1}^m e\vec{i}_j$$

$$ei_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n e\vec{i}_i - \sum_{j=1}^m (e\vec{s}_j + \vec{\beta}_j) \quad (2.3)$$

де:  $e\vec{s}_i$ ,  $e\vec{i}_i$ ,  $\vec{\beta}_i$  - відповідно верхнє, нижнє відхилення, торцеві биття збільшуючих ланок,  $e\vec{s}_j$ ,  $e\vec{i}_j$ ,  $\vec{\beta}_j$  - відповідно верхнє, нижнє відхилення, торцеві биття зменшуючих ланок,  $n$  - кількість збільшуючих ланок в ланцюгу,  $m$  - кількість зменшуючих ланок в ланцюгу.

Дані заносимо у рисунок 2.1.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.02.ПТПСВ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Дуденко				Лит.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Цивінда						
Реценз.					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					<i>Проектування технологічного процесу складання вузла</i>		

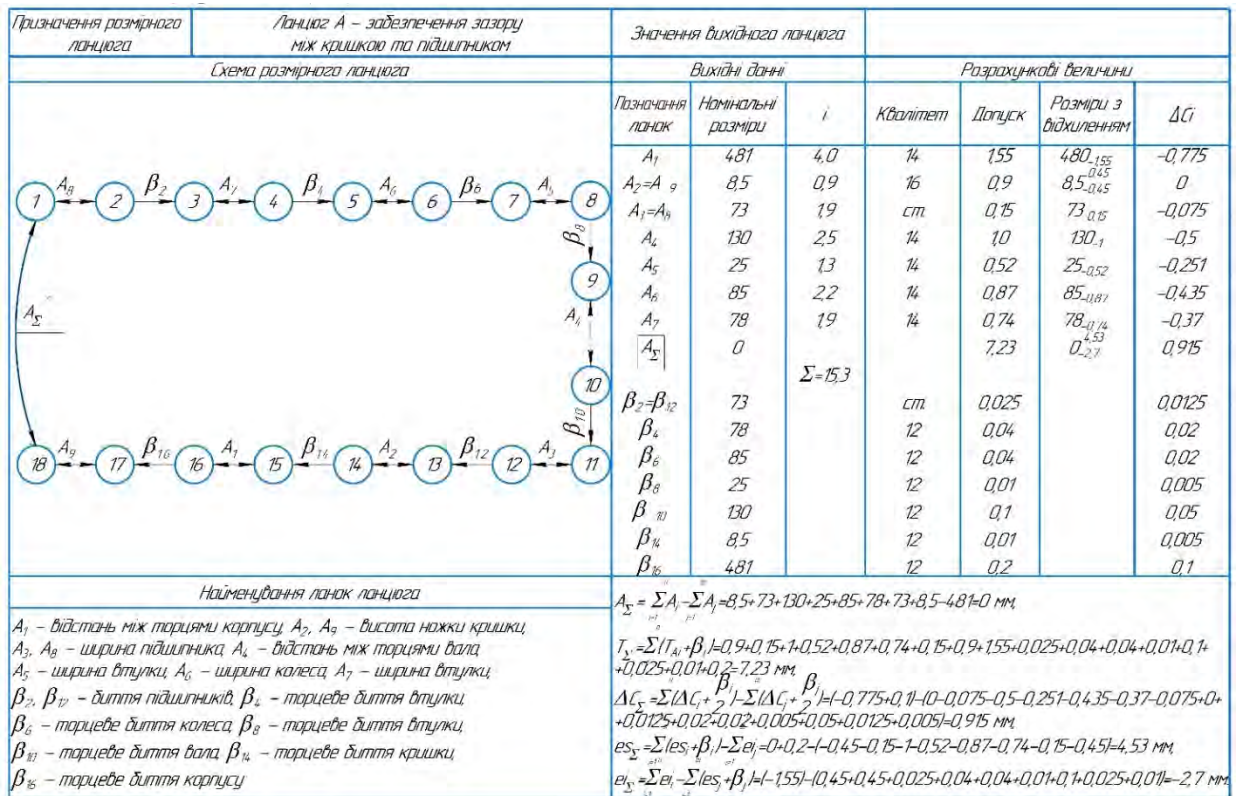


Рисунок 2.1 – Розрахунок лінійного розмірного ланцюга

## 2.2 Розрахунок кутового розмірного ланцюга

На рисунку 2.2 виділяємо три розрізи, через котрі розташовуємо вертикальні лінії з номерами. Розрізи 1-2 проходять через опори вала і формують основний кутовий розмірний ланцюг, який визначає розташування вала в корпусі. Усі осі та поверхні, що потрапляють у ці перетини, отримують порядкові номери.





значення обираються в половину допуску, тобто  $[e_{\Sigma} = \pm 0,025]$  мм,  $[Te_{\Sigma} = 0,05]$  мм.

Першочергово вибираємо підшипник класу точності 6. Граничне відхилення на посадочні розміри підшипників та їх радіальне биття вибираємо з таблиці 4.82 [26]. При визначенні  $e_{15} = e_{20}$  радіальне биття

$$e_{15} = \frac{e_{нар} + e_{ен}}{2}$$

внутрішнього та зовнішнього кілець складаються за виразом:

Зсув осей отворів у корпусі визначається за тією ж таблицею і має перебувати в межах половини гарантованого бічного зазору  $f_{n_{min}}$ , тобто  $p_{\Sigma} = 50$  мкм.

Допуски зазорів визначаються за формулою:

$$T_{S_i} = S_{max_i} - S_{min_i} \quad (2.4)$$

де:  $S_{max} = ES - ei$  - максимальний зазор,  $ES$  - верхнє відхилення отвору,  $ei$  - нижнє відхилення валу;  $S_{min} = EI - es$  - мінімальний зазор,  $EI$  - нижнє відхилення отвору,  $es$  - верхнє відхилення вала.

Координата середини поля допуску зазору визначається за виразом:

$$em_{S_i} = \frac{em_D + em_d}{2} \quad (2.5)$$

де:  $em_D = \frac{ES + EI}{2}$  - координата середини поля допуску отвору;  $em_d = \frac{es + ei}{2}$

- координата середини поля допуску вала.

Данні заносимо у таблицю 2.2.

Допуск на вихідну ланку визначається за ймовірнісним методом для проектних розрахунків наступною формулою:

$$T_{e_{\Sigma}} = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n T_{S_i}^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m T_{e_j}^2} \quad (2.6)$$

Визначасмо координату середини поля допуску за виразом:

$$em_{e_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^n \left[ em_{S_i} + 0,5 \cdot \bar{T}_{e_i} + 0,05 \cdot (\bar{T}_{S_i} + \bar{T}_{e_i}) \right] - \sum_{j=1}^m \left[ em_{S_j} + 0,5 \cdot \bar{T}_{e_j} + 0,05 \cdot (\bar{T}_{S_j} + \bar{T}_{e_j}) \right] \quad (2.7)$$

Визначасмо граничне відхилення замикаючої ланки величини зсуву вала в опорах за виразом:

$$es_{e_{\Sigma}} = em_{e_{\Sigma}} + \frac{T_{e_{\Sigma}}}{2}$$

$$ei_{e_{\Sigma}} = em_{e_{\Sigma}} - \frac{T_{e_{\Sigma}}}{2} \quad (2.8)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-03.02.ПТПСВ	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Визначаємо величину перекосу у розрізах 1, 3. Розріз 2 вибираємо основним. Перекіс визначимо з трикутників за схемою.

Спрощений розрахунок перекосу визначаємо за виразом:

$$\frac{e_{\Sigma}}{L} = \frac{P_{3\Sigma}}{l_1} \Rightarrow P_{3\Sigma} = \frac{e_{\Sigma} \cdot l_1}{L} \quad (2.9)$$

Отриманий перекіс не повинен перевищувати мінімальний гарантований бічний зазор.

Бічний зазор розраховано для зрівноважування похибок виготовлення та складання, температурних деформацій і забезпечення вільного розміщення мастила. У нашому випадку для перетину 3 знаходимо за таблицею 5.17 [26] гарантований бічний зазор  $f_n = 100$  мкм.

Дані заносимо у рисунок 2.3.

Призначення розмірного ланцюга	Визначення величини відносного зсуву та відносного перекосу осі валу у підшипникових опорах	Значення вихідного ланцюга	$a_{\sigma} = 220$ мм $J_n = 0,1 - 0,16$ мм $f_n = \pm 0,05$ мм
Схема розмірного ланцюга		Позначення	Значення величини
		$ e_{\Sigma} $ $e_{\Sigma}$ $T_{\Sigma}$ $P_{\Sigma}$	$0,0489$ $0,0165$ $0,0648$ $0,0221$ мм
Найменування ланок ланцюга		Величина	$e_{\sigma}$
$S_1, S_4$ – посадка внутрішнього кільця підшипника на вал		$\frac{0}{100} \frac{16}{16} \left( \frac{-0,013}{-0,015} \right) + 0,03$	$-0,0065$ $+0,024$
$S_2, S_3$ – посадка зовнішнього кільця підшипника у корпус		$\frac{+0,025}{215} \frac{H7}{16} \left( \frac{0}{-0,020} \right)$	$+0,0175$ $-0,010$
$e_{19}, e_{27}$ – ексцентриситет посадкових шпек валу		$\frac{0,02}{100} = 0,01$	$0,005$
$e_{21}, e_{25}$ – половина радіального дилтя підшипника качення		$\frac{0,025}{2} + \frac{0,018}{2} = 0,0215$	$0,01075$
$e_{23}$ – неспіввідношення осей отворів у корпусі		$215 = 0,03$	$0,015$
			$T_{\Sigma}$
			$\alpha_i$
			$K_i$

Рисунок 2.3 – Розрахунок кутового розмірного ланцюга

Після розрахунків кутових розмірних ланцюгів ми визначили, що перекоси осей вала під зубчасте колесо значно менше за припустимі значення.

Складаємо схему складального з'єднання, яка показує порядок комплектації вузлів та деталей (рисунок 2.4).

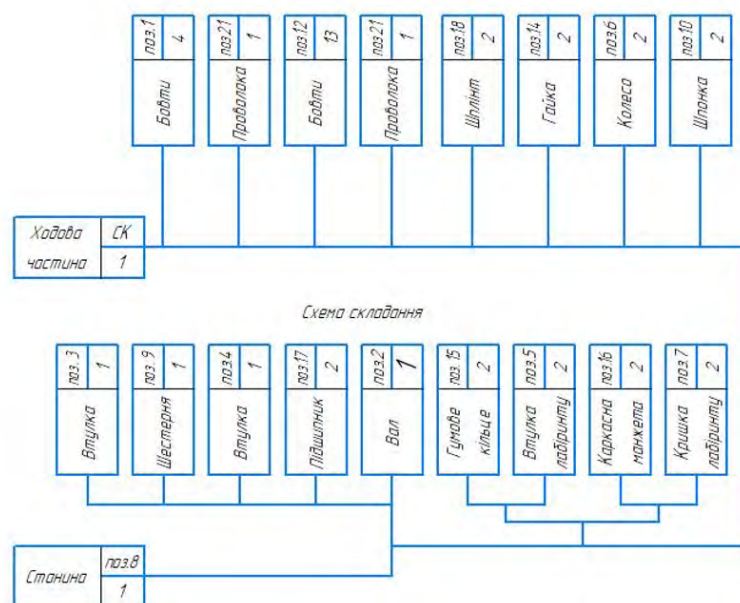


Рисунок 2.4 – Схема складального з'єднання

### 2.3 Проектування технологічного процесу складання

На основі схеми складального з'єднання розробляємо операційний технологічний процес складання. Послідовність складання вузла передньої ходової частини завантажувальної машини ПКУ-А-900 представляємо в вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Виявлення вузлів та їх базових деталей

№ з/п	Операція складання	T <sub>шт, хв.</sub>
1	На вал поз. 2 установити втулку поз. 3	9,09
2	Установить на шліці шестірню поз. 9	38
3	Установити втулку поз. 4	8,6
4	У масляній ванні при температурі 250 ÷ 300 °С нагріти два підшипника 53620 ДСТУ 24696:2008 поз. 17 і за допомогою спеціального пристосування підшипники встановити на Ø100k6	47,32
5	Установити гумові кільця 100-110-58-2-4 ДСТУ 18829:2019 поз. 15 у втулку лабіринту поз. 5	9,06
6	Встановити вал в зборі у станину поз.8	49,54
7	Зібрати кришку лабіринту поз. 7 з каркасною манжетою 2.2-130x160-2 ДСТУ ГОСТ 8752-79 поз. 16	12,05
8	Установити втулку лабіринту поз. 5 з кришкою лабіринту поз. 7 на вал. Закріпити втулку лабіринту поз. 5 бовтами поз. 1, застопорити проволокою поз. 21	50

## Продовження таблиці 2.1

9	Закріпити бовтами поз. 13 кришку лабіринту поз. 7, застопорити проволокою поз. 21	28,6
10	Установити дві шпонки поз. 10 і виконати напресування на конічну поверхню вала двох коліс поз. 6	32,8
11	Після напресування коліс на вал – призвести установку гайок поз. 14 й їхнє шплінтування за допомогою шплінтів поз. 18 DIN 94	25,2

Розміри і допуски деталей, отримані в результаті розрахунку методом min-max, забезпечують точність замикаючої ланки в  $A_z = 0_{-2,7}^{+4,53}$  мм, при цьому точність складових ланок залишається досить низькою, але досяжною для серійного виробництва.

За результатами розрахунку кутового розмірного ланцюга визначено, що припустима величина відносного зсуву осі вала в перетині 1 щодо перетину 2, що становить  $e_z = 0,4$  мм, буде витримана. Однак, як результат зборки має місце 3% брак станин, що збираються.

Розроблено схему складального з'єднання, яка демонструє порядок складання вузлів та деталей, та послідовність складання вузла передньої ходової частини завантажувальної машини ПКУ-А-900.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.02.ПТПСВ</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПІДГОТОВЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

#### 3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі

##### 3.1.1 Вибір матеріалу і варіантів замін

Вибір матеріалу деталі залежить від кількості, виду, характеру навантаження, призначення вузла, умов його роботи, вимог, які стосуються розмірів.

Форма станини визначається в основному технологічними, експлуатаційними та естетичними умовами з врахуванням його міцності та жорсткості.

Вибір матеріалу для корпусних деталей визначається величиною діючих навантажень та серійністю виробництва.

Корпусні деталі виготовляють литтям з сірого чавуну, високоміцного чавуну, ливарних марок сталей та зварними з листової сталі.

У нашому випадку станину виготовляємо литтям з ливарної сталі 35Л ДСТУ 8781:2018. Головними споживачами сталюого лиття являються майже усі галузі машинобудування. Відливкою із сталі можуть бути отримані вироби вагою від декількох грамів до декількох сотень тон, різноманітною конфігурацією та ступінню важкості.

Наша деталь – станина є корпусною, виплавляємо її із сталі 35Л по ДСТУ 8781:2018. Призначення цієї сталі: корпуси і обойми турбомашин, деталі гідротурбін, станини прокатних станів і металоріжучих верстатів, зубчасті колеса, маховики, тяги, бігунки, баби парових молотів та інші деталі, які використовують у сільськогосподарському, важкому та інших галузях машинобудування, які працюють під впливом середніх статичних, вібраційних та динамічних навантажень при температурі до 450° під тиском.

Можливою заміною матеріалу являється сталь марок 30Л, 45Л, 32Х06Л ДСТУ 8781:2018.

Механічні властивості та хімічний склад відливок із сталі 35Л та сталі 32Х06Л ДСТУ 8781:2018 вказані у таблиці 3.1.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Дуденко				<i>Технологічне підготовлення виробництва виробу</i>	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цивінда							
Реценз.								
Н. Контр.	Нечаєв					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Затверд.	Рязанцев							

Таблиця 3.1 – Хімічний склад та механічні властивості відливок

Хімічний склад, %									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	
	0,32 – 0,40	0,20 – 0,42	0,40 – 0,90	≤0,050	≤0,050	≤0,30	≤0,30	≤0,30	
Механічні властивості									
Сталь 35Л	Режим обробки			$\sigma_T$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$a_n$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Твердість (НВ)
	Операція	Темпера-тура нагрівання, °C	Охолоджу-юча середа						
	не менш								
	Нормалізація	870 – 890	Повітря	28	50	15	25	3,5	137 – 166
Хімічний склад, %									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	
	0,25 – 0,35	0,20 – 0,42	0,40 – 0,90	≤0,050	≤0,050	0,50 – 0,80	≤0,3	≤0,3	
Механічні властивості									
Сталь 32X06Л	Режим обробки			$\sigma_T$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$a_n$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Твердість (НВ)
	Операція	Темпера-тура нагрівання, °C	Охолоджу-юча середа						
	не менш								
	Відпал	880 – 890	Повітря	32	55	12	20	3,0	153 – 229
Закалка	910 – 920	Повітря							
Отпуск	580 – 590	Повітря							

Залишкові напруги у заготовках призводять до того, що після механічної обробки у деталі виникають похибки. Як правило, сталі відливки підвергають термообробці. Для лиття з вуглецевих сталей більш за все використовують відпал та нормалізацію.

Нормалізація полягає у повільному нагріванні заготовки до 860 – 880 °C, витримці при цій температурі та подальшому охолодженню на повітрі.

Нормалізація визиває повну фазову перекристалізацію сталі та ліквідує крупнозернисту структуру, отриману при відливанні. У нормалізованій сталі підвищується міцність і твердість на 10 – 15 % у порівнянні з відпалом. Нормалізація забезпечує більшу продуктивність при обробці різанням і отриманні більш чистої поверхні.

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ					Лист

Внаслідок термообробки буде досягнута необхідна твердість матеріалу та будуть зняті залишкові напруги.

### 3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Пронумеруємо всі поверхні деталі.

Основні поверхні – поверхні 1, 2, 3, 4, 16.

Допоміжні поверхні - 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30.

Усі інші поверхні визначаються як вільні поверхні.

На всі оброблювані поверхні заповнюємо таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Аналіз якості поверхонь деталей

№ поверхні	Номинальний розмір	Квалітет, IT	Відхилення, мм	Шорсткість, Ra	Відхилення форми та розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1	480	11	$\begin{matrix} 0 \\ -0,4 \end{matrix}$	6,3	$\perp$ 0,04 T Φ
2	480	11	$\begin{matrix} 0 \\ -0,4 \end{matrix}$	6,3	
3	310	11	$\begin{matrix} 0 \\ -0,32 \end{matrix}$	6,3	// 0,08 Φ
4	310	11	$\begin{matrix} 0 \\ -0,32 \end{matrix}$	6,3	$\equiv$ T Ч 0,1
5	Ø215	7	$\begin{matrix} +0,061 \\ +0,015 \end{matrix}$	1,6	C
6	Ø215	7	$\begin{matrix} +0,061 \\ +0,015 \end{matrix}$	1,6	
7	Ø90	8	$\begin{matrix} +0,054 \\ 0 \end{matrix}$	1,6	// 0,04 T
8	Ø90	8	$\begin{matrix} +0,054 \\ 0 \end{matrix}$	1,6	// 0,04 T
9	Ø380	7	$\begin{matrix} +0,057 \\ 0 \end{matrix}$	1,6	T
10	Ø91	14	$\begin{matrix} +0,87 \\ 0 \end{matrix}$	12,5	// 0,04 T
11	670	14	$\pm 0,8$	12,5	
12	2 лиски 75	14	$\pm 0,5$	12,5	
13	□ 260x260	14		6,3	
14	□ 260x260	14		6,3	
15	2 вибірки 360	15	$\begin{matrix} +2 \\ 0 \end{matrix}$	12,5	
16	475	14	$\begin{matrix} 0 \\ -1,55 \end{matrix}$	12,5	У
17	Ø160	9	$\begin{matrix} +0,1 \\ 0 \end{matrix}$	1,6	Ц
18	4 отв. M12-7H	7	$\begin{matrix} +0,224 \\ 0 \end{matrix}$	6,3	⊕ R 0,4
19	4 отв. M12-7H	7	$\begin{matrix} +0,224 \\ 0 \end{matrix}$	6,3	⊕ R 0,4
20	22 отв. M16-7H	7	$\begin{matrix} +0,43 \\ 0 \end{matrix}$	6,3	⊕ R 0,4 TC

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		



Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
21	22 отв. М16-7Н	7	$\begin{matrix} +0,43 \\ 0 \end{matrix}$	6,3	$\begin{matrix} \oplus & R & TC \\ & 0,4 & \end{matrix}$
22	2 отв. М12-7Н	7	$\begin{matrix} +0,224 \\ 0 \end{matrix}$	6,3	$\begin{matrix} \oplus & R & \\ & 0,4 & \end{matrix}$
23	2 отв. М12-7Н	7	$\begin{matrix} +0,224 \\ 0 \end{matrix}$	6,3	$\begin{matrix} \oplus & R & \\ & 0,4 & \end{matrix}$
24	23 отв. М30-7Н	7	$\begin{matrix} +0,28 \\ 0 \end{matrix}$	6,3	$\begin{matrix} \oplus & R & Y \\ & 0,4 & \end{matrix}$
25	Ø40	14	$\begin{matrix} +0,62 \\ 0 \end{matrix}$	12,5	
26	К $\frac{3}{4}$ "	14	$\pm 0,2$	1,6	
27	Ø780	14	$\begin{matrix} 0 \\ -0,2 \end{matrix}$	3,2	$\begin{matrix} \perp & 0,08 & Y \\ & & \end{matrix}$
28	8 отв. М20-7Н	7	$\begin{matrix} +0,236 \\ 0 \end{matrix}$	6,3	$\begin{matrix} \oplus & R & Y \\ & 0,4 & \end{matrix}$
29	Ø26	14	$\begin{matrix} +0,52 \\ 0 \end{matrix}$	12,5	
30	Ø26	14	$\begin{matrix} +0,52 \\ 0 \end{matrix}$	12,5	

По шорсткості поверхні являються нормальними, наявність поверхонь, що не оброблюють, призводить до зниження вимог по шорсткості.

Допуски на розмір Т1, допуски на геометричне відхилення та шорсткість відповідають правилу Т1>Т2>Т3.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		





$$k_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}} \quad (3.3)$$

$$k_{ш} = \frac{1}{6,42} = 0,156$$

З визначеної середньої шорсткості видно, що деталь має середню шорсткість.

З кількісного аналізу технологічності видно, що деталь є досить технологічною, так як коефіцієнт використання матеріалу достатньо високий, коефіцієнт точності обробки прямує до одиниці, коефіцієнт шорсткості приближується до нуля.

3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

#### 3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій.

Завдяки нерівномірному завантаженню устаткування при виготовленні деталі може виникнути потреба в додатковому навантаженні верстатів. Однак це стане зрозуміло після розрахунку коефіцієнта закріплення операцій у п. 3.3 магістерської роботи. Отже, на етапі розробки роботи передбачається, що виробництво деталі буде середньо-серійним, а обробка здійснюватиметься на технологічній лінії. Після розробки п. 3.3 тип виробництва уточнюється.

3.1.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення діючого ТП

Технологічний процес виготовлення деталі розробляється на основі типового чи групового технологічного процесу, який вже існує. Груповий технологічний процес розроблюють, як одиничний на основі раніше прийнятих рішень, які вміщуються в діючих одиничних технологічних процесів виготовлення аналогічних деталей. Деталь відносять до відповідного типового, групового або одиничного технологічного процесу на основі раніше визначеного технологічного коду за ДСТУ 3.1127:2014 на основі класифікатора ЕСКД (класи 71-76).

Таблиця 3.3 – Маршрут обробки деталі корпус

№ операції	Найменування операції	Тип, модель верстата
1	2	3
05	Ливарна	
10	Контрольна	Контрольний стіл
15	Транспортування	
20	Ґрунтування ґрунтівкою ГФ-0119 S=3,5 м <sup>2</sup> (зовнішні поверхні) (24814.50273.00001)	Камера фарбувальна

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 3.3

1	2	3
25	Транспортувальна Відправити на механічну обробку	
30	Розміточна Пофарбувати поверхні, перевірити лиття, нанести основні лінії та розмітити під обробку по $\varnothing 780 h9_{(-0,2)}$ , витримав розмір 475, розмітити під фрезерування торця в розмір $670 \pm 0,8$ та нахилених площин оглядових вікон під кутом $23^\circ$ .	Плита 2-1 2500x1600 ДСТУ 6026:2008
35	Поздовжньо-фрезерна Встановити деталь на стіл, виставити на підкладках по вісьовим та закріпити. Фрезерувати на основі базові поверхні шириною $B=50_{-0,62}$ та $l=490 \pm 2$ на глибині 3 мм з обох боків станини під установку при свердлуванні	Поздовжньо-фрезерний верстат мод. 7243Ф
40	Контрольна	Контрольний стіл
45	Токарно-карусельна Встановити деталь, вивірити по розмітці та закріпити на столі. Підрізати торець фланця в розмір 475, обточити до $\varnothing 780 h9_{(-0,2)}$ на довжині 50, обточити фаску $2 \times 45^\circ$ , Засвердлити заглиблення на довжині $28^{+0,52}$ та розточити отвір по кресленню $\varnothing 160 H9^{(+0,1)}$ на довжині $28^{+0,52}$ , витримав радіус $R2,5 \pm 0,2$ , розточити фаску $2,5 \times 45^\circ$	Токарно-карусельний верстат мод. «Кравен»
50	Контрольна	Контрольний стіл
55	Горизонтально-розточна Встановити, вивірити, закріпити деталь Фрезерувати вибірку під гідромотор високомоментний ВЛП400А ТУ 248-871-76 $l=360^{+2}$ , $h=235^{+2}$ (наплив $10^{+5}_{-10}$ ) за 13 проходів, витримав розмір 425*. Переустановити деталь. Повторити переходи з іншого боку. Відкріпити, зняти деталь	Горизонтально-розточний верстат мод. 2Б635
60	Зачисна	
65	Контрольна	Контрольний стіл
70	Розміточна	Плита 2-1 2500x1600 ДСТУ 6026:2008

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Продовження таблиці 3.3

1	2	3
	<p>Пофарбувати поверхні під розмітку, нанести вістові лінії по фланцю <math>\varnothing 780 h9</math>, розмітити під розточування 2х отворів <math>\varnothing 90 H8^{(+0,054)}</math>, отвору <math>\varnothing 380 H7^{+0,057}</math>, отвору <math>\varnothing 91^{(+0,87)}</math> та підрізку торців в розмір <math>480 h11_{(-0,4)}</math> з обох боків</p>	
75	<p>Горизонтально-розточна  Встановити пристосування на стіл поворотний, сумістити за пазами стола та закріпити  Встановити на пристосування деталь посадочним місцем <math>\varnothing 780 h9_{(-0,2)}</math>, сумістити осі станини та риски пристосування та закріпити деталь в пристосуванні  Розточити отвір до розміру <math>\varnothing 375 \pm 0,3</math> (<math>\varnothing 380 H7</math>) через два тіла, перемістити стіл на <math>490 \pm 0,5</math> розточити попередньо отвір до розміру <math>\varnothing 210 \pm 0,3</math> (<math>\varnothing 215 G7^{(+0,061)}_{(+0,015)}</math>)  Перемістити стіл на <math>980 \pm 0,3</math> (980,06)  Розточити отвір до розміру <math>210 \pm 0,3</math> (<math>\varnothing 215 G7^{(+0,061)}_{(+0,015)}</math>)  Змінити оправку, змінити інструмент, перемістити стіл на <math>210 \pm 0,3</math> (209,87)  Розточити отвір до розміру <math>\varnothing 85</math> (<math>\varnothing 90 H8</math>) попередньо  Перемістити стіл на <math>566 \pm 0,3</math> та розточити другий отвір до розміру <math>\varnothing 85</math> (<math>\varnothing 90 H8</math>) попередньо  Замінити інструмент  Фрезерувати торці поверхні до розміру 145, фрезерувати поверхню в розмір <math>85^{+0,87}</math>, витримав розмір <math>660 \pm 0,2</math> та <math>\varnothing 460</math>.  Замінити інструмент, встановити оправку та різець  Розточити отвір до розміру <math>\varnothing 380 H7^{(+0,057)}</math> через два тіла, розточити фаску <math>&lt;30^\circ</math> в розмір <math>\varnothing 382,6 H12^{(+0,57)}</math>, закруглити R0,3  Встановити пристрій-кондуктор та закріпити його, перемістити стіл на 490,03 мм, вивірити по індикатору та розточити</p>	Горизонтально-розточний верстат мод. 2Б635

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 3.3

1	2	3
	<p>отвір <math>\varnothing 215 G7^{(+0,061)}</math>, через два тіла та фаску <math>1,6 \times 45^\circ</math> та до <math>\varnothing 217^{+1,15}</math>, витримавши розмір <math>60^{+0,62}</math></p> <p>Перемістити стіл на 980,06 мм, вивірити по індикатору та розточити отвір <math>\varnothing 215 G7^{(+0,061)}</math> та фаску <math>1,6 \times 45^\circ</math> та до <math>\varnothing 217^{+1,15}</math>, витримавши розмір <math>60^{+0,62}</math></p> <p>Перемістити стіл на 209,87 мм, вивірити по індикатору, замінити інструмент</p> <p>Розточити отвір <math>\varnothing 90 H8^{(+0,054)}</math> через два тіла, розточити фаску <math>&lt;15^\circ</math>, витримав розмір <math>\varnothing 92,6^{+0,87}</math>, округлити R0,3</p> <p>Перемістити стіл на 560,32 мм, вивірити по індикатору.</p> <p>Розточити отвір <math>\varnothing 90 H8^{(+0,054)}</math> через два тіла, розточити фаску <math>&lt;15^\circ</math>, витримав розмір <math>\varnothing 92,6^{+0,87}</math>, округлити R0,3</p> <p>Розкріпити пристрій та зняти його</p> <p>Розвернути поворотний стіл на кут <math>90^\circ</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Фрезерувати поверхню торця станини до розміру <math>670 \pm 0,8</math></p> <p>Розвернути поворотний стіл ще на кут <math>90^\circ</math></p> <p>Фрезерувати торці площини в розмір <math>480 h11_{(-0,4)}</math> у двох виступах <math>\varnothing 310</math> мм,</p> <p>відфрезерувати площину уступу до розміру <math>85^{+0,87}</math> по довжині <math>660 \pm 2</math>, витримав розмір <math>310 h11_{(-0,32)}</math></p> <p>Замінити оправку та інструмент</p> <p>Розточити фаску <math>&lt;30^\circ</math> в розмір <math>\varnothing 382,6 H12^{(+0,57)}</math>, закруглити R0,3</p> <p>Розточити 2 фаски <math>1,6 \times 45^\circ</math> в отворі <math>\varnothing 215 G7^{(+0,061)}</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Розточити 2 фаски <math>&lt;15^\circ</math>, витримав розмір <math>\varnothing 92,6^{+0,87}</math>, округлити R0,3, розточити фаску <math>2,5 \times 45^\circ</math></p> <p>Підрізати торець другого боку в розмір <math>480 h11_{(-0,4)}</math>, розточити фаску <math>2,5 \times 45^\circ</math></p> <p>Розкріпити деталь та зняти со столу</p>	

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		







## Продовження таблиці 3.3

1	2	3
	Зенкувати поверхню в розмір $\varnothing 40 h=2^{+0,25}$ Замінити інструмент Зенкувати фаску $1,6 \times 45^\circ$ Замінити інструмент Розкріпити деталь та переустановити Свердлувати 10 отворів $\varnothing 14^{+0,4}$ глибиною $36 \pm 0,3$ по розмірам $\varnothing 275, \varnothing 120 \pm 0,4, \varnothing 425$ Свердлити по кондуктору 12 отворів $\varnothing 14^{+0,4}$ з переустановкою кондуктору Замінити інструмент Зенкувати фаски $<120^\circ$ , витримав розмір $\varnothing 16,8^{+0,43}$ Замінити інструмент Нарізати різьбу M16-7H в 22 отворах на глибину $25 \pm 0,2$ Замінити інструмент Свердлувати 2 отвори $\varnothing 10,2^{+0,36}$ на глибину $27 \pm 0,2$ Замінити інструмент Зенкувати фаски $<120^\circ$ , витримав $\varnothing 12,6^{+0,43}$ Замінити інструмент Нарізати різьбу m12-7H на глибину $16 \pm 0,2$ Розкріпити та зняти деталь	
95	Слюсарна Зачистити задирки після свердлування, нарізати різьбу $K \frac{3}{4}''$ NPTF – 1 отвір та M12-7H – 8 отворів	Складальний стелаж
100	Контрольна	Контрольний стіл
105	Транспортування	
110	Фарбування внутрішніх поверхонь емаллю НЦ-132 червоною $S=1,5m^2$ (24814.50273.00004)	Камера фарбувальна
115	Транспортування	
120	Промивка	Вана
125	Консервація Провести консервування різьбових поверхонь мастилом ПВК ДСТУ 21150:2019, а інших оброблених поверхонь – маслом індустріальним И20А ДСТУ 4226:2003	Вана
130	Контрольна	Контрольна плита

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Технологічний процес розроблено для умов одиничного виробництва. Всі технологічні операції обробки виконуються на універсальному обладнанні. На підприємстві мається тільки маршрутна карта обробки деталі корпус.

Результатом вдосконалення заводського технологічного процесу виготовлення деталі повинно стати зниження собівартості виготовлення даної деталі. В даному випадку вдосконалити заводський технологічний процес можна, застосувавши впровадження прогресивних режимів різання, в результаті чого буде знижено час на обробку деталі, та заміну обладнання на більш ефективніше, зокрема заміну універсальних верстатів на багатоцільові верстати, внаслідок чого буде зроблена концентрація операцій, а це нам дасть зменшення підготовчо-заключного і допоміжного часу і часу на транспортування. Для підвищення ефективності складання необхідно провести розмірний аналіз вузла та спроектувати технологічний процес складання.

### 3.2 Проектування технологічного процесу

#### 3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Таблиця 3.4 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготівлі	Фактори					Сума
	Форма і розміри заготівлі	Необхідна точність і якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма випуску	Виробничі можливості підприємства	
Лиття	+	+	+	+	+	5
Із заміною матеріалу на Ст35						
Кування	–	–	–	+	+	3
Прокат	–	+	–	+	+	3
Штампування:						
на ГКМ	–	+	–	+	+	3
на КГШП	–	+	–	+	+	3
на фрикційних пресах	+	+	–	+	–	3
на гідрогвинтових пресах	–	+	–	+	–	2
на гідравлічних пресах	–	+	–	+	–	2
на молотах	+	–	–	+	–	2

З матриці видно, що усі види отримання заготовок не підходять по причині технологічних властивостей матеріалу.

Зважаючи на тип виробництва, марку матеріалу, конфігурацію та вагу деталі (маса - 650 кг, матеріал – сталь 35Л ДСТУ 8781:2018, виробництво

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

середньосерійне) визначаємо спосіб отримання заготовки. Обираємо лиття в піщано-глинисті форми.

### 3.2.2 Проектування заготовок

Деталь не складна за конструкцією. У неї не всі поверхні механічно оброблюються.

Аналіз креслення показує, що відливка корпусу II класу точності 3 групи складності. Відливку отримуємо по роз'ємній моделі. Поверхня роз'єму форми плоска.

Всі дані по проектуванню заготовки заносимо в таблицю 3.5 згідно ДСТУ 8981:2020.

1) Встановлюємо класи точності розмірів та мас відливки і ряди припусків на механічну обробку.

Для відливок із сталі, які мають габаритні розміри до  $L = 1580$  мм, при відливанні у піщані форми, що твердіють без будь-якого контакту з оснащенням, отримуємо  $\frac{9T-13T}{3-5}$ . Оскільки відливка виконується в умовах механізованого серійного виробництва, обираємо середнє значення класу точності розмірів та маси — 13Т, та ряд припусків — 5.

2) Призначаємо допуски розмірів відливки.

Тому як деталь отримуємо у двох формах, то допуски призначаємо на один клас точніше, тобто по дев'ятому класу.

3) Встановлюємо граничні відхилення.

Заготовку отримуємо по роз'ємній моделі, тому встановлюємо симетричні відхилення на усі розміри.

4) Встановлюємо граничні відхилення зсуву.

При 13Т класі точності розмірів відливки та відстані між роз'єднуючими пристроями до 630 мм граничні відхилення зсуву становлять  $\pm 1,2$ .

5) Встановлюємо граничні відхилення короблення.

А) Призначаємо ступінь короблення.

Відношення найменшого габаритного розміру до найбільшого складає  $\frac{780}{1580} = 0,493$ . Ступінь короблення може бути визначена у інтервалі 1-7. Менші значення ступенів короблення відносяться до простих відливок з легких кольорових сплавів, які не оброблюються термічно; більші значення – до складних термооброблюємих відливок з чорних металів. У нашому випадку для корпусу, виготовленого зі сталі 35Л ДСТУ 8781:2018, ступінь короблення може бути визначена 4.

Б) Граничні відхилення короблення для 4-го ступеня короблення при максимальному габаритному розмірі 1580 мм становлять:  $\pm 0,6$  мм.

б) Призначаємо верхнє граничне відхилення маси відливки.

Маса відливки може варіюватися в межі до 1000 кг. Верхнє граничне відхилення маси для обраного класу точності маси відливки – 5,0 %.

7) Призначаємо основні припуски на механічну обробку.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Граничні відхилення – 0,16, що також менше половини допуску на кожен розмір, тому допоміжний припуск також не призначаємо.

9) Визначаємо розміри відливки з граничними відхиленнями.

Висота  $475 + 13 \pm 5,5 = 488 \pm 5,5$  мм,

$240 + 12 \pm 4,5 = 252 \pm 4,5$  мм,

Ширина  $480 + 13 \cdot 2 \pm 5,5 = 506 \pm 5,5$  мм,

$310 + 12 \cdot 2 \pm 5,0 = 334 \pm 5,0$  мм,

Довжина  $1580 + 16 \pm 7 = 1596 \pm 7$  мм,

Діаметр  $780 + 13 \cdot 2 \pm 6 = 806 \pm 6$  мм,

$215 - 12 \cdot 2 \pm 4,5 = 191 \pm 4,5$  мм,

$90 - 9,0 \cdot 2 \pm 3,5 = 72 \pm 3,5$  мм,

$91 - 9,0 \cdot 2 \pm 3,5 = 73 \pm 3,5$  мм,

$380 - 13 \cdot 2 \pm 5 = 354 \pm 5$  мм.

10) Формові ухили.

На поверхні з розміром  $\varnothing 780$  мм та з розміром 1580 мм призначаємо ухил  $1^\circ 30'$ .

11) Формові радіуси.

Приймаємо формові радіуси дорівнюють 5 мм.

Таблиця 3.5 – Припуски та розміри відливки

№ п/п	Номинальний розмір деталі	Характеристика поверхні		Поле допуску	Граничні відхилення	Припуск основний	Припуск додатковий	Розмір заготовки
		IT	Ra					
1	475	14	12,5	11,0	$\pm 5,5$	13	-	$488 \pm 5,5$
2	240	14	6,3	9,0	$\pm 4,5$	12	-	$252 \pm 4,5$
3	480	11	6,3	11,0	$\pm 5,5$	13	-	$506 \pm 5,5$
4	310	11	6,3	10,0	$\pm 5,0$	12	-	$334 \pm 5,0$
5	1580	14	12,5	14,0	$\pm 7$	16	-	$1596 \pm 7$
6	$\varnothing 780$	9	3,2	12,0	$\pm 6$	13	-	$806 \pm 6$
7	$\varnothing 215$	7	1,6	9,0	$\pm 4,5$	12	-	$191 \pm 4,5$
8	$\varnothing 90$	8	1,6	7,0	$\pm 3,5$	9	-	$72 \pm 3,5$
9	$\varnothing 91$	14	12,5	7,0	$\pm 3,5$	9	-	$73 \pm 3,5$
10	$\varnothing 380$	7	1,6	10,0	$\pm 5,0$	13	-	$354 \pm 5$

### 3.2.3 Вибір і обґрунтування баз

Деталь випускного проекту відноситься до класу корпусів. В якості технологічних баз для обробки поверхонь деталі приймемо поверхню 1 і перпендикулярну до неї площину.

Основними конструкторськими базами корпуса, що визначають його положення в вузлі, є поверхня 1 згідно рисунку 3.1.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Технологічними базами, які визначають розташування деталі під час механічної обробки, є поверхні 1 і 16.

У якості вимірювальної бази є поверхні: 16 (база У), 1 (база Ф), 9 (база Т), 5 (база С), 17 (база Ц), відносно котрих задане положення інших поверхонь.

Чорнові бази повинні мати достатні розміри, що забезпечують стійке положення заготівлі. Під чорнові бази вибираються основні конструкторські бази, тобто поверхня 16 (база У) (точки 1, 2, 3 – установочна база) та дві перпендикулярні до неї поверхні (точки 4, 5 – напрямна база, точка 6 – опорна база). Чорнові бази використовуються один раз – при чорновій обробці. Всі інші операції виконують із використанням чистових баз.

У ході всього технологічного процесу обробка станини ведеться при встановленні на поверхню 1 (база Ф), з упором в торець. Цим самим виконується спроба дотримання принципу єдності баз протягом усього технологічного процесу.

Зображуємо теоретичну схему базування. Точки 1, 2, 3 – установочна база, точки 4, 5 – подвійна опорна база, точка 6 – опорна база.

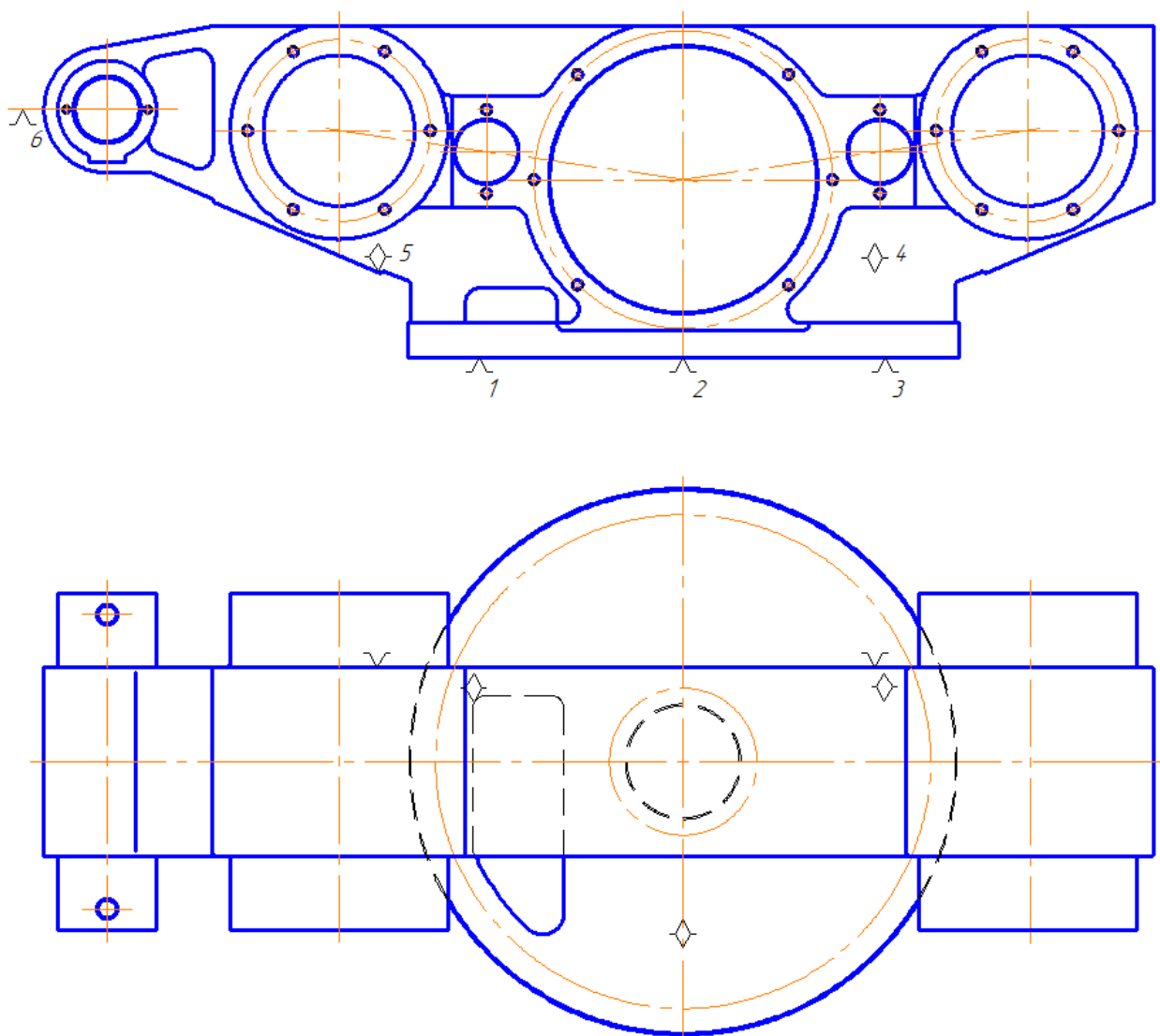


Рисунок 3.1 – Теоретична схема базування на першій операції

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Зображуємо умовну схему базування.

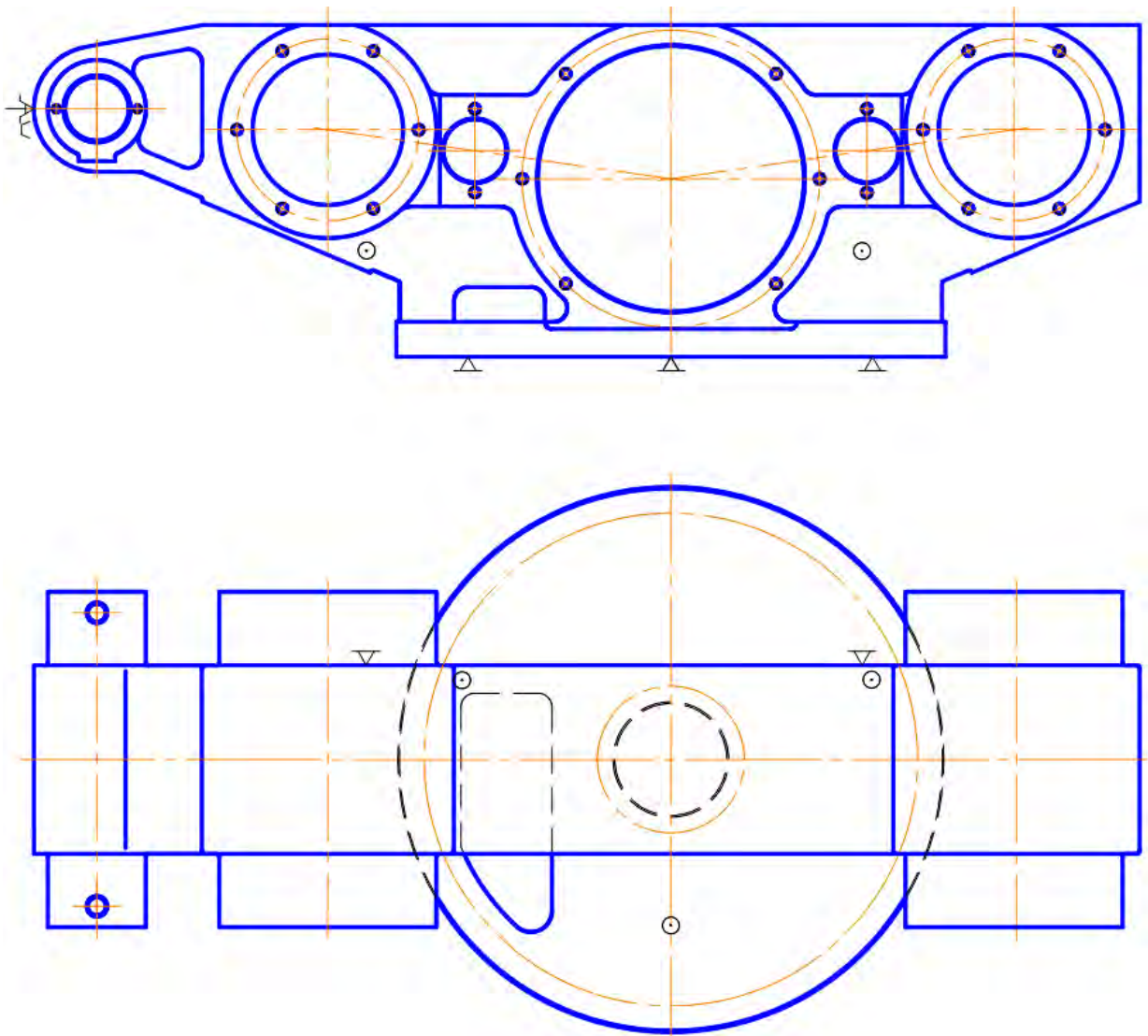


Рисунок 3.2 – Умовна схема базування

Зображуємо теоретичну схему базування. Точки 1, 2, 3 – установочна база, точки 4, 5 – подвійна опорна база, точка 6 – опорна база.

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



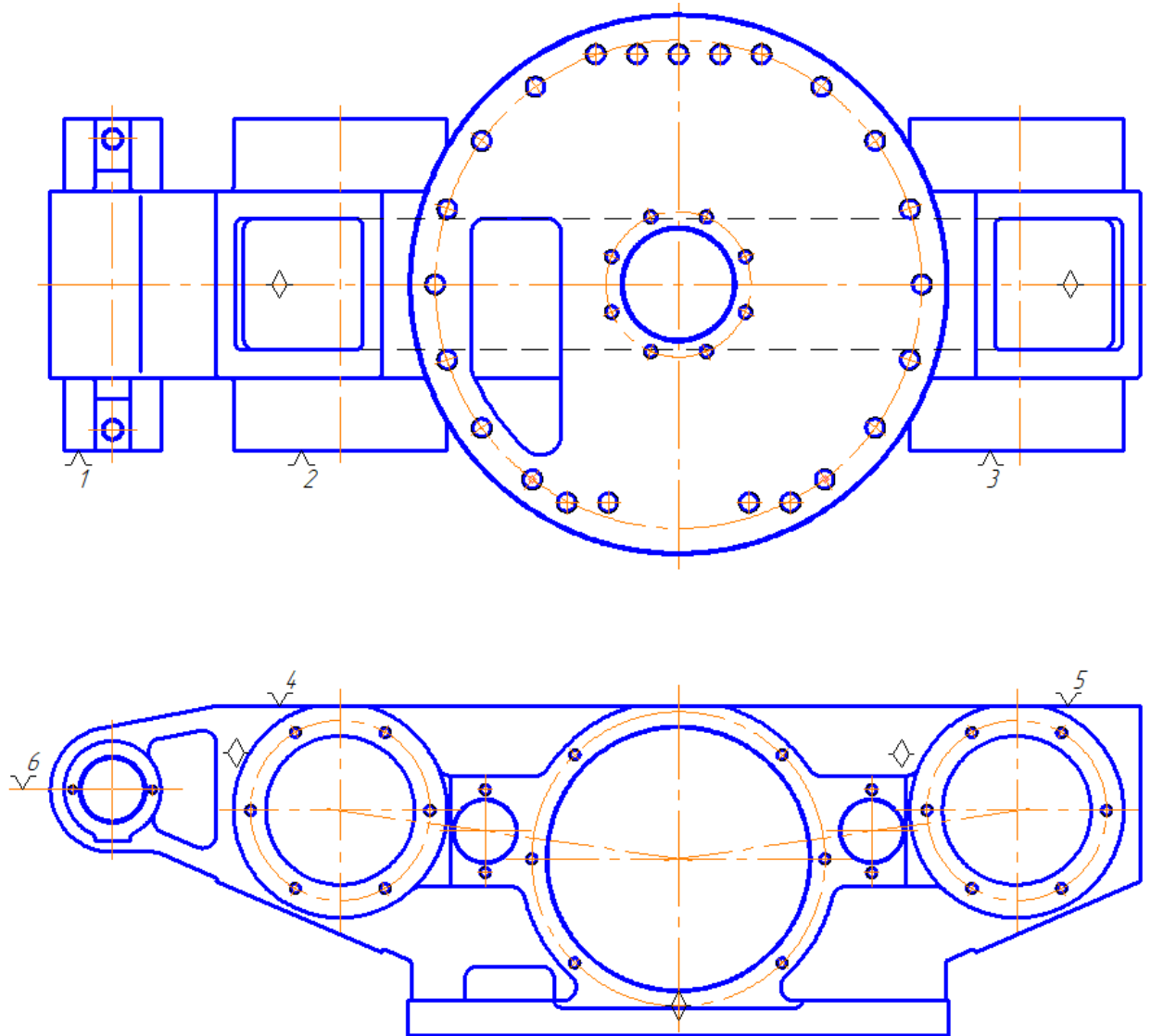


Рисунок 3.3 – Теоретична схема базування

Зображуємо умовну схему базування.

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ

Лист

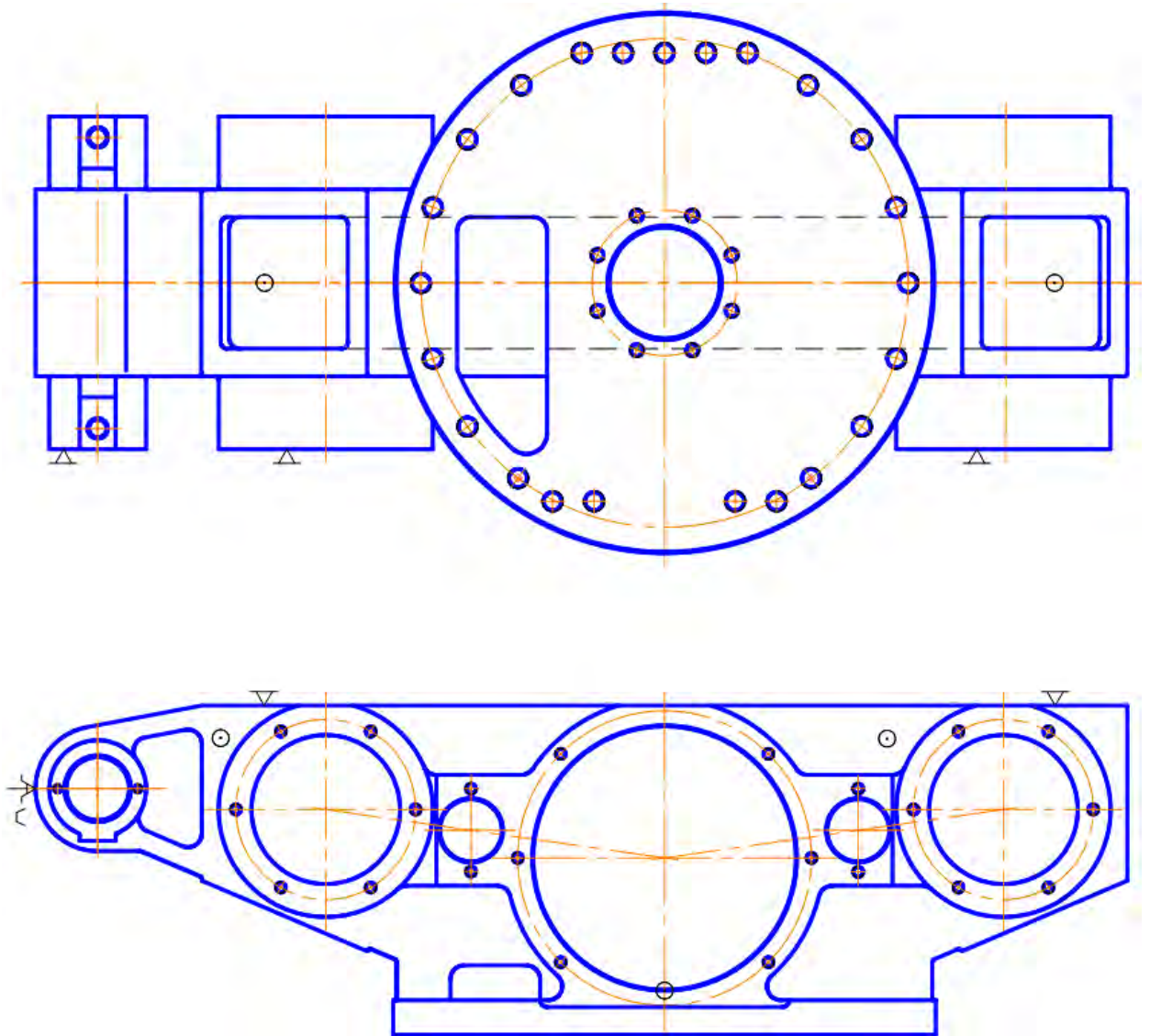


Рисунок 3.4 – Умовна схема базування

### 3.2.4 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового технологічного процесу та зазначених шляхів вдосконалення розробляється маршрут обробки станини, який заноситься до таблиці 3.6, 3.7.

Таблиця 3.6 – Маршрут обробки деталі корпус

№ операції	Найменування операції	Тип, модель верстата
1	2	3
005	Ливарна	
010	Зачистка	
015	Контрольна Контролювати лиття	Контрольна плита
020	Ґрунтування ґрунтовкою S=3,5м <sup>2</sup> (зовнішні (24814.05273.00001)	ГФ-0119 Камера фарбувальна поверхні)

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист

Продовження таблиці 3.6

1	2	3
025	Транспортувальна Відправити на механічну обробку	
030	Поздовжньо-фрезерна	Верстат мод. 6М606
035	Токарна з ЧПК	Верстат мод. 1А525МФ3
040	Поздовжньо-фрезерна	Верстат мод. 6М606
045	Горизонтально-розточувальна	Верстат мод. 2Б635
050	Горизонтально-розточувальна	Верстат мод. 2Б635
055	Радіально-свердлувальна	Верстат мод. 2М55Ф2
060	Контрольна	Контрольний стіл
065	Транспортувальна	
070	Фарбування зовнішніх поверхонь емаллю НЦ-132 червоною S=1,5м <sup>2</sup> (24814.50273.00004)	Камера фарбувальна
075	Транспортувальна	
080	Промивка	Вана
085	Консервація	Вана
090	Контрольна	Контрольна плита

Таблиця 3.7 – Розробка маршруту обробки деталі корпус

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базуючої поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Ливарна			
010	Зачистка			
015	Контрольна			Контрольна плита
020	Ґрунтування			Камера фарбувальна
025	Транспортувальна			
030	Поздовжньо-фрезерна	Підготовка баз		Поздовжньо-фрезерний верстат моделі 6М606
035	Токарна з ЧПК	16, 27, 17		Токарний верстат моделі 1А525МФ3
040	Поздовжньо-фрезерна	1, 2, 3, 4, 11, 15		Поздовжньо-фрезерний верстат моделі 6М606

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5
045	Горизонтально-розточувальна	9, 5, 6, 7, 8, 9, 5, 6, 7, 8		Горизонтально-розточувальний верстат моделі 2Б635
050	Горизонтально-розточувальна	13, 18, 14, 19, 12		Горизонтально-розточувальний верстат моделі 2Б635
055	Радіально-свердловальна	24, 28, 29, 30, 20, 22, 26, 25, 21, 23		Радіально-свердловальний верстат моделі 2М55Ф2
060	Контрольна			Контрольна плита
065	Транспортувальна			
070	Фарбування			Камера фарбувальна
075	Транспортувальна			
080	Промивка			Вана
085	Консервація			Вана
090	Контрольна			Контрольна плита

### 3.2.5 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.2.5.1 Аналітичний розрахунок припусків на одну внутрішню циліндричну поверхню

Виконаємо розрахунок припусків на діаметральний розмір  $\varnothing 215 G7 \begin{matrix} (-0,061) \\ (-0,015) \end{matrix}$  мм за методикою, викладеною [10].

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 3.8 – Карта розрахунку припусків на обробку і граничні розміри по технологічних переходах

Технологічні переходи для обробки поверхні Ø215 $G7_{-0,015}^{(-0,061)}$	Квалітет	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$	Розрахунковий номінальний розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
		$R_z$	h	$\Delta$	$\varepsilon$				$d_{min}$	$d_{max}$	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
Заготовка	15	630	300	1000		210,75	1850	208,89	210,75			
Розточування												
чорнове	13	50	50	60	244	3918,7	214,66	720	213,94	214,66	3919	5049
чистове	7	5	10	20	—	320	214,98	46	214,94	214,98	320	994
										$\Sigma$	4239	6043

Визначаємо загальне відхилення розташування поверхні за допомогою формули:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{ексц}^2}, \quad (3.4)$$

де  $\Delta_{см}$  – погрішність зсуву заготівлі;  $\Delta_{ексц}$  – погрішність заготівлі по ексцентричності.

Загальне відхилення розташування поверхні  $\Delta$  дорівнюватиме відхиленню від концентричності відлитого отвору в формі, яке визначено раніше і складає 2,4 мм.

Залишкове просторове відхилення обираємо по таблицях [11]:

після чорнового обточування  $\Delta_{см} = 0,06 \cdot 1000 = 60$  мкм;

після чистового обточування  $\Delta_{см} = 0,02 \cdot 1000 = 20$  мкм;

Погрішність установки заготівлі на виконуваний операції розрахуємо згідно формули:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (3.5)$$

де  $\varepsilon_0$  – погрішність базування, при закріпленні в самоцентрувальному патроні  $\varepsilon_0 = 0$  [11];  $\varepsilon_3$  – погрішність установки, у залежності від переходу визначимо по таблицях.

Для чорнового розточування  $\varepsilon_3 = 244,13$  мкм.

Таким чином погрішність встановлення заготівки складатиме:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0 + 244,13^2} = 244,13 \text{ мкм}$$

Решту елементів припуску визначаємо згідно таблиць [11].

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ							Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата								

Графу «Розрахунковий розмір» заповнюємо, починаючи з останнього етапу послідовного вирахування мінімального припуску для кожного технологічного переходу.

Мінімальний припуск  $2Z_{min}$ , мм визначимо по формулі:

$$2Z_{min} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (3.6)$$

де:  $R_{Z_{i-1}}$  – висота нерівностей профілю на попередньому переході;  $h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході, мкм;  $\Delta_{i-1}$  – сумарне відхилення розташування поверхні на попередньому переході, мкм;  $\varepsilon_i$  – погрішність установки заготівлі на виконаному переході, мкм;

$$2Z_{min1} = 2 \cdot (630 + 300 + \sqrt{1000^2 + 244,13^2}) = 3918,7 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min2} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{60^2 + 0^2}) = 320 \text{ мкм}$$

Визначимо розрахунковий розмір  $d_p$ , мм для кожного переходу по формулі:

$$d_{pi} = d_i - 2Z_{mini}, \quad (3.7)$$

де:  $d_i$  – діаметр отвору на відповідному переході, мкм;  $2Z_{mini}$  – розрахунковий мінімальний припуск кожного технологічного переходу.

$$d_{p1} = 214,985 - 0,320 = 214,665 \text{ мм}$$

$$d_{p2} = 214,665 - 3,9187 = 210,746 \text{ мм.}$$

У графі «Граничний розмір» найбільше значення ( $d_{max}$ ) визначається за розрахунковими розмірами, округленими до точності допуску відповідного переходу. Найменші граничні розміри ( $d_{min}$ ) обчислюються на основі найбільших граничних розмірів вирахуванням допусків відповідних переходів.

Мінімальні граничні значення припусків  $Z_{min}^{np}$  дорівнюють різниці між найбільшими граничними розмірами поточного та попереднього переходів, а максимальні значення  $Z_{max}^{np}$  – різниці між найменшими граничними розмірами.

$$2Z_{min}^{np} = d_{max i} - d_{max i-1}, \quad (3.8)$$

$$2Z_{max}^{np} = d_{min i} - d_{min i-1}, \quad (3.9)$$

де:  $d_{max i}, d_{min i}$  – відповідно максимальний і мінімальний діаметр на  $i^{om}$  переході, мм;  $d_{max i-1}, d_{min i-1}$  – відповідно максимальний і мінімальний на попередньому переході, мм.

$$2Z_{min2}^{np} = 214,985 - 214,665 = 0,32 \text{ мм} = 320 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max2}^{np} = 214,939 - 213,945 = 0,994 \text{ мм} = 994 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min1}^{np} = 210,746 - 214,665 = 3,919 \text{ мм} = 3919 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max1}^{np} = 213,945 - 208,896 = 5,049 \text{ мм} = 5049 \text{ мкм}$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		













Продовження таблиці 3.12

1		2	3	4	5	6	7
		Нарізати різьбу у 2 отворах	6,3	7	+0,224	0,9	M12-7H
23	2 отв. M12-7H	Свердлувати 2 отвори	6,3	12	+0,18	5,1	10,2 <sup>+0,18</sup>
		Зенкувати фаски у 2 отворах	12,5	14	+0,43	1,2	12,6 <sup>+0,43</sup>
		Нарізати різьбу у 2 отворах	6,3	7	+0,224	0,9	M12-7H
24	23 отв. M30-7H	Свердлувати 23 отвори	6,3	14	+0,52	13,12 5	26,25 <sup>+0,52</sup>
		Зенкувати фаски в 23 отворах	12,5	14	+0,62	2,625	31,5 <sup>+0,62</sup>
		Нарізати різьбу в 23 отворах	6,3	7	+0,28	1,875	M30-7H
25	Ø40	Зенкувати поверхню	12,5	14	+0,62	8,25	40 <sup>+0,62</sup>
26	K 3/4"	Свердлийти отвір	6,3	12	+0,26	11,75	23,5 <sup>+0,26</sup>
		Зенкувати фаску	12,5	14	±0,2	1,6	26,7±0,2
		Нарізати різьбу	1,6			0,8	K 3/4"
27	Ø780	Заготовка	Rz630	15	±6		806 ± 6
		Точити поверхню	3,2	9	-0,2	13	780 <sub>-0,2</sub>
		Точити фаску	12,5	14	±0,2	2	776±0,2
28	8 отв. M20-7H	Свердлувати 8 отворів	6,3	14	+0,43	8,7	17,4 <sup>+0,43</sup>
		Зенкувати фаски в 8 отворах	12,5	14	+0,52	1,8	21 <sup>+0,52</sup>
		Нарізати різьбу в 8 отворах	6,3	7	+0,236	1,3	M20-7H
29	Ø26	Свердлувати отвір крізь два тіла	12,5	14	+0,52	13	26 <sup>+0,52</sup>
		Зенкувати фаску з обох боків	12,5	14	±0,2	1,6	29,2±0,2
30	Ø26	Свердлувати отвір крізь два тіла	12,5	14	+0,52	13	26 <sup>+0,52</sup>
		Зенкувати фаску з обох боків	12,5	14	±0,2	1,6	29,2±0,2

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

### 3.2.6 Розробка технологічної операції

На даному етапі розробляємо маршрутно-операційну технологію з використанням таблиці 3.3. Для цього уточнюємо модель верстатного устаткування [каталоги верстатів]; вибираємо стандартне пристосування для встановлення деталі [10, 4, 18]; на кожену операцію розробляємо послідовність виконання установів та переходів; залежно від типу обробки, вибирається відповідний ріжучий інструмент [стандарти на інструмент].

Остаточний сформульований зміст операції представимо у вигляді таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 - Послідовність виконання технологічних операцій

№ операцій і переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005	Ливарна		
010	Зачистка		
015	Контрольна	Контрольна плита	
020	Ґрунтування	Камера фарбувальна	
025	Транспортувальна		
030	1. Поздовжньо-фрезерна 2. Верстат мод. 6М606 3. Встановити деталь на стіл, виставити на підкладках по осьовим та закріпити. Фрезерувати на основі базові поверхні шириною $B=50^{-0,62}$ та $l=490 \pm 2$ на глибині 3 мм з обох боків станини під установку при свердлуванні	УСП	Фреза торцева спеціальна (для швидкісного фрезерування) ( $\varnothing 125, z=8$ ) ШЦ-III-1000-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
035	1. Токарна з ЧПК 2. Верстат мод. 1А525МФ3 3. Встановити деталь, вивірити по розмітці та закріпити на столі. Підрізати торець фланця в розмір 475, обточити до $\varnothing 780_{H9(-0,2)}$ на довжині 50, обточити фаску $2 \times 45^\circ$ , Засвердлити заглиблення на довжині $28^{+0,52}$ та розточити отвір по кресленню $\varnothing 160_{H9(+0,1)}$ на	УСП	Втулка 6100-0147 ДСТУ ГОСТ 13598:2009 Свердло 2301-3126 ДСТУ ГОСТ 10903:2007( $\varnothing 59$ )

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
	довжині $28^{+0,52}$ , витримав радіус R2,5 $\pm 0,2$ , розточити фаску $2,5 \times 45^\circ$		<p>Різець прохідний 2102-0084 ДСТУ ГОСТ 18877:2006(40x32)</p> <p>Різець прохідний 2100-0077 ДСТУ ГОСТ 18878:2008 (40x32)</p> <p>Різець розточувальний 2141-0095 ДСТУ ГОСТ 18883:2008 (40x32)</p> <p>Шаблон скоба <math>80 h9_{(-0,2)}</math> ШС-7963 Пробка 160 <math>H9^{(+0,1)}</math> КП-2214 ШЦ-Ш-500-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009</p>
040	<p>1. Поздовжньо-фрезерна 2. Верстат мод. 6М606 3. Встановити, вивірити, закріпити деталь Фрезерувати вибірку під гідромотор високомоментний лопастний ВЛП400А ТУ 248-871-76 <math>l=360^{+2}</math>, <math>h=235^{+2}</math>, витримав розмір 425*. Фрезерувати торці поверхні до розміру 145, фрезерувати поверхню в розмір <math>85^{+0,87}</math>, витримав розмір 660</p>	УСП	<p>Фреза торцева спеціальна (для швидкісного фрезерування) (<math>\varnothing 125, z=8</math>)</p> <p>ШЦ-Ш-250-630-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009</p>

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
	<p>Розвернути поворотний стіл на кут <math>90^\circ</math>  Фрезерувати поверхню торця станини до розміру <math>670 \pm 0,8</math>  Розвернути поворотний стіл на кут <math>90^\circ</math>  Фрезерувати вибірку під гідромотор високомоментний лопастний ВЛП400А ТУ 248-871-76 <math>l=360^{+2}</math>, <math>h=235^{+2}</math>, витримав розмір 425*.  Фрезерувати торці площини в розмір <math>480 h11_{(-0,4)}</math> у двох виступах <math>\varnothing 310</math> мм, відфрезерувати площину уступу до розміру <math>85^{+0,87}</math> по довжині <math>660 \pm 2</math>, витримав розмір <math>310 h11_{(-0,32)}</math>  Підрізати торець <math>\varnothing 140</math> в розмір <math>480 h11_{(-0,4)}</math>  Відкріпити, зняти деталь</p>		
045	<p>1. Горизонтально-розточувальна  2. Верстат мод. 2Б635  3. Встановити пристосування на стіл поворотний, сумістити за пазами стола та закріпити  Встановити на пристосування деталь посадочним місцем <math>\varnothing 780 h9_{(-0,2)}</math>, сумістити осі станини та риски пристосування та закріпити деталь в пристосуванні  Розточити отвір до розміру <math>\varnothing 375 \pm 0,3</math> (<math>\varnothing 380 H7</math>) через два тіла, перемістити стіл на <math>490 \pm 0,5</math>  розточити попередньо отвір до розміру <math>\varnothing 210 \pm 0,3</math> (<math>\varnothing 215 G7_{(+0,061/+0,015)}</math>)  Перемістити стіл на <math>980 \pm 0,3</math> (980,06)  Розточити отвір до розміру <math>210 \pm 0,3</math> (<math>\varnothing 215 G7_{(+0,061/+0,015)}</math>)</p>	УСП	<p>Оправка  Різець  розточувальний  2140-0084  ДСТУ ГОСТ  18882:2008</p> <p>ШЦ-III-500-0,1  ДСТУ ГОСТ  166:2009</p> <p>Оправка  Різець  розточувальний  2142-0112  ДСТУ ГОСТ  9795:2009</p> <p>ШЦ-III-1000-0,1  ДСТУ ГОСТ  166:2009</p>

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
	<p>Розточити отвір до розміру <math>\varnothing 85</math> (<math>\varnothing 90 H8</math>) попередньо</p> <p>Перемістити стіл на <math>566 \pm 0,3</math> та розточити другий отвір до розміру <math>\varnothing 85</math> (<math>\varnothing 90 H8</math>) попередньо</p> <p>Замінити інструмент, встановити оправку та різець</p> <p>Розточити отвір до розміру <math>\varnothing 380</math> <math>H7^{(+0,057)}</math> через два тіла, розточити фаску <math>&lt;30^\circ</math> в розмір <math>\varnothing 382,6</math> <math>H12^{(+0,57)}</math>, закруглити <math>R0,3</math></p> <p>Перемістити стіл на <math>490,03</math> мм, розточити отвір <math>\varnothing 215 G7^{(+0,061/+0,015)}</math>, через два тіла та фаску <math>1,6 \times 45^\circ</math> та до <math>\varnothing 217^{+1,15}</math>, витримавши розмір <math>60^{+0,62}</math></p> <p>Перемістити стіл на <math>980,06</math> мм, розточити отвір <math>\varnothing 215 G7^{(+0,061/+0,015)}</math> та фаску <math>1,6 \times 45^\circ</math> та до <math>\varnothing 217^{+1,15}</math>, витримавши розмір <math>60^{+0,62}</math></p> <p>Перемістити стіл на <math>209,87</math> мм, замінити інструмент</p> <p>Розточити отвір <math>\varnothing 90 H8^{(+0,054)}</math> через два тіла, розточити фаску <math>&lt;15^\circ</math>, витримав розмір <math>\varnothing 92,6^{+0,87}</math>, округлити <math>R0,3</math></p> <p>Перемістити стіл на <math>560,32</math> мм</p> <p>Розточити отвір <math>\varnothing 90 H8^{(+0,054)}</math> через два тіла, розточити фаску <math>&lt;15^\circ</math>, витримав розмір <math>\varnothing 92,6^{+0,87}</math>, округлити <math>R0,3</math></p> <p>Розвернути поворотний стіл на кут <math>180^\circ</math></p> <p>Замінити оправку та інструмент</p> <p>Розточити фаску <math>&lt;30^\circ</math> в розмір <math>\varnothing 382,6 H12^{(+0,57)}</math>, закруглити <math>R0,3</math></p> <p>Розточити 2 фаски <math>1,6 \times 45^\circ</math> в отворі <math>\varnothing 215 G7^{(+0,061/+0,015)}</math></p>		<p>Оправка Різець розточувальний 21440-0084 ДСТУ ГОСТ 18882:2008 Калібр штихмас КШ-1276</p> <p>Мікрометричний нутромір 75-600 мм ДСТУ ГОСТ 17215:2009</p> <p>Оправка Різець розточувальний 2142-0112 ДСТУ ГОСТ 9795:2009</p> <p>Пробка <math>90 H8</math> КП-2124</p> <p>Оправка Різець розточувальний 2140-0084 ДСТУ ГОСТ 18882:2008</p> <p>Оправка Різець розточувальний 2142-0112 ДСТУ ГОСТ 9795:2009</p> <p>Оправка Різець підрізний 2112-0056 ДСТУ ГОСТ 18880:2008</p>

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		



## Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
	<p>Замінити інструмент  Розточити 2 фаски <math>&lt;15^\circ</math>, витримав розмір <math>\varnothing 92,6^{+0.87}</math>, округлити R0,3, розточити фаску <math>2,5 \times 45^\circ</math>, розточити фаску <math>2,5 \times 45^\circ</math> з іншого боку  Розкріпити деталь та зняти зі столу</p>		<p>Різець  розточувальний  2142-0149  ДСТУ ГОСТ 9795:2009</p> <p>Різець підрізний  2112-0055  ДСТУ ГОСТ 18880:2008</p> <p>ШЦ-Ш-500-0,1  ДСТУ ГОСТ 166:2009</p> <p>Кутомір  ДСТУ 5378:2008</p>
050	<p>1. Горизонтально-розточувальна  2. Верстат мод. 2Б635  3. Встановити деталь на поверхню та дві підставки <math>l=150</math> мм, закріпити на поворотному столі  Повернути стіл на кут <math>23^\circ</math>  Встановити оправку та фрезу  Фрезерувати площину під кришку  Замінити інструмент  Свердлувати 4 отвори <math>\varnothing 10,2</math> під різьбу M12-7H  Замінити інструмент  Зенкувати фаски <math>&lt;120^\circ</math>, витримав розмір <math>\varnothing 12,6^{+0.43}</math>  Розвернути поворотний стіл  Замінити інструмент  Фрезерувати другу поверхню під кутом <math>23^\circ</math>  Замінити інструмент  Свердли та зенкувати фаски в 4 отворах згідно креслення  Замінити інструмент</p>	УСП	<p>Фреза  2214-0003  ДСТУ ГОСТ 24359:2010  (<math>\varnothing 125, z=8, 60^\circ</math>)</p> <p>ШЦ-І-125-0,1  ДСТУ ГОСТ 166:2009</p> <p>Свердло  2301-0030  ДСТУ ГОСТ 10903:2007  (<math>\varnothing 10,2, \text{Морзе } 1</math>)  Втулка  6100-0143  ДСТУ ГОСТ 13598:2009  Зенківка  2353-0021  ДСТУ ГОСТ 14953:2008</p>

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
	Фрезерувати лиску $b=40$ та $l=75+30=105 \pm 0,8$ з обох боків, витримав розмір $h=75 \pm 0,5$ Розкріпити, зняти деталь		(Морзе 1)  Кутомір тип 1-2 ДСТУ 5378:2008
055	1. Радіально-свердлувальна 2. Верстат мод. 2М55Ф2 3. Свердли 23 отвори $\varnothing 26,25$ на глибину $52 \pm 0,8$ Замінити інструмент Свердли 8 отворів $\varnothing 17,4$ на глибину $37 \pm 0,3$ Замінити інструмент Зенкувати фаску $<120^\circ$ в розмір $\varnothing 31,5^{+0,62}$ в 23 отворах $\varnothing 26,25$ , зенкувати фаску $<120^\circ$ в 8 отворах $\varnothing 17,4$ в розмір $\varnothing 21^{+0,52}$ Замінити інструмент Нарізати різьбу М30-7Н на $h=47 \pm 0,3$ в 23 отворах Замінити інструмент Нарізати різьбу М20-7Н в 8 отворах на $h=25 \pm 0,2$ Замінити інструмент Свердли 2 отвори $\varnothing 26^{+0,52}$ через 2 тіла Замінити інструмент Зенкувати фаску $1,6 \times 45^\circ$ Розкріпити деталь, встановити на підставки та поверхню і закріпити Замінити інструмент Свердлувати 10 отворів $\varnothing 14^{+0,4}$ глибиною $36 \pm 0,3$ по розмірам $\varnothing 275, \varnothing 120 \pm 0,4, \varnothing 425$ Свердли 12 отворів $\varnothing 14^{+0,4}$ Замінити інструмент Зенкувати фаски $<120^\circ$ , витримав розмір $\varnothing 16,8^{+0,43}$ Замінити інструмент	УСП  Підставки ( $l=150, 2$ шт.)	Свердло 2301-0090 ДСТУ ГОСТ 10903:2007 ( $\varnothing 26,25$ , Морзе 3)  Втулка 6100-0416 ДСТУ ГОСТ 13598:2009  Свердло 2301-0059 ДСТУ ГОСТ 10903:2007 ( $\varnothing 17,4$ , Морзе 2)  Втулка 6100-0144 ДСТУ ГОСТ 13598:2009  Зенківка 2353-0023 ДСТУ ГОСТ 14953:2008 (Морзе 2)  ШЦ-І-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Мітчик 2620-1959 ДСТУ ГОСТ 3266:2009

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
	<p>Нарізати різьбу М16-7Н в 22 отворах на глибину <math>25 \pm 0,2</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Свердлувати 2 отвори <math>\varnothing 10,2^{+0,36}</math> на глибину <math>27 \pm 0,2</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Зенкувати фаски <math>&lt;120^\circ</math>, витримав <math>\varnothing 12,6^{+0,43}</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Нарізати різьбу М12-7Н на глибину <math>16 \pm 0,2</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Свердлувати отвір <math>\varnothing 23,5^{+0,26}</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Зенкувати поверхню в розмір <math>\varnothing 40</math> <math>h=2^{+0,25}</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Зенкувати фаску <math>1,6 \times 45^\circ</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Розкріпити деталь та переустановити</p> <p>Свердлувати 10 отворів <math>\varnothing 14^{+0,4}</math> глибиною <math>36 \pm 0,3</math> по розмірам <math>\varnothing 275</math>, <math>\varnothing 120 \pm 0,4</math>, <math>\varnothing 425</math></p> <p>Свердли 12 отворів <math>\varnothing 14^{+0,4}</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Зенкувати фаски <math>&lt;120^\circ</math>, витримав розмір <math>\varnothing 16,8^{+0,43}</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Нарізати різьбу М16-7Н в 22 отворах на глибину <math>25 \pm 0,2</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Свердлувати 2 отвори <math>\varnothing 10,2^{+0,36}</math> на глибину <math>27 \pm 0,2</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Зенкувати фаски <math>&lt;120^\circ</math>, витримав <math>\varnothing 12,6^{+0,43}</math></p> <p>Замінити інструмент</p> <p>Нарізати різьбу М12-7Н на глибину <math>16 \pm 0,2</math></p>		<p>(М20)</p> <p>Мітчик 2620-1731 ДСТУ ГОСТ 3266:2009 (М20)</p> <p>Патрон 6163-0005 ДСТУ ГОСТ 8255:2006</p> <p>Пробка 8221-3109 ДСТУ ГОСТ 17758:2007 (М30)</p> <p>Пробка 8221-3080 ДСТУ ГОСТ 17758:2007 (М20)</p> <p>Свердло 2301-0089 ДСТУ ГОСТ 10903:2007 (<math>\varnothing 26</math>, Морзе 3)</p> <p>Зенківка 2353-0013 ДСТУ ГОСТ 14953:2008 (Морзе 3)</p> <p>Свердло 2301-0046 ДСТУ ГОСТ 10903:2007 (<math>\varnothing 14</math>, Морзе 1)</p>

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
	<p>Нарізати різьбу <math>K\frac{3}{4}</math>" NPTF – 1 отвір та M12-7H – 8 отворів Розкріпити та зняти деталь</p>		<p>Зенківка 2353-0021 ДСТУ ГОСТ 14933:2005 (Морзе 2)</p> <p>Мітчик 2620-1619 ДСТУ ГОСТ 3266:2009 (M16)</p> <p>Пробка 8221-3067 ДСТУ ГОСТ 17758:2007 (M16)</p> <p>Свердло 2301-0030 ДСТУ ГОСТ 10903:2007 (Ø10,2, Морзе 1)</p> <p>Зенківка 2353-0021 ДСТУ ГОСТ 14953:2008 (Морзе 1)</p> <p>Мітчик 2620-1515 ДСТУ ГОСТ 3266:2009 (M12)</p> <p>Пробка 8221-3053 ДСТУ ГОСТ 17758:2007 (M12)</p>

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
			<p>Свердло 2301-0081 ДСТУ ГОСТ 10903:2007 (Ø23,5, Морзе 3)</p> <p>Зенківка ЗЦ-1079 Зенківка 2353-0013 ДСТУ ГОСТ 14953:2008 (Морзе 3)</p> <p>Свердло 2301-0046 ДСТУ ГОСТ 10903:2007 (Ø14, Морзе 1)</p> <p>Зенківка 2353-0021 ДСТУ ГОСТ 14953:2008 (Морзе 2)</p> <p>Мітчик 2620-1619 ДСТУ ГОСТ 3266:2009 (М16)</p> <p>Свердло 2301-0030 ДСТУ ГОСТ 10903:2007 (Ø10,2, Морзе 1)</p> <p>Зенківка 2353-0021</p>

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
			ДСТУ ГОСТ 14953:2008 (Морзе 1) Мітчик 2620-1515 ДСТУ ГОСТ 3266:2009 (М12) Пробка 8221-3053 ДСТУ ГОСТ 17758:2007 (М12) Мітчик 2680-0009 ДСТУ ГОСТ 6227-80 (К $\frac{3}{4}$ " ) Пробка К $\frac{3}{4}$ " ДСТУ ГОСТ 6485-69 Мітчик 2620-1515 ДСТУ ГОСТ 3266:2009 (М12) Пробка 8221-3053 ДСТУ ГОСТ 17758:2007 (М12) ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 ШЦ-III-1000- 0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4
060	Контрольна	Контрольна плита	
065	Транспортувальна		
070	Фарбування	Камера фарбувальна	Фарборозпилюв ач
075	Транспортувальна		
080	Промивка	Вана	Пензель-ручник КР-55-1 ДСТУ 10597:2008
085	Консервація	Вана	Пензель-ручник КР-55-1 ДСТУ 10597:2008
090	Контрольна	Контрольна плита	

3.2.6.1 Вибір, оптимізація режимів різання, нормування технологічних операцій

3.2.6.2 Розрахунок режимів різання

Розраховуємо режими різання на токарну операцію (Рисунок 3.4).

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

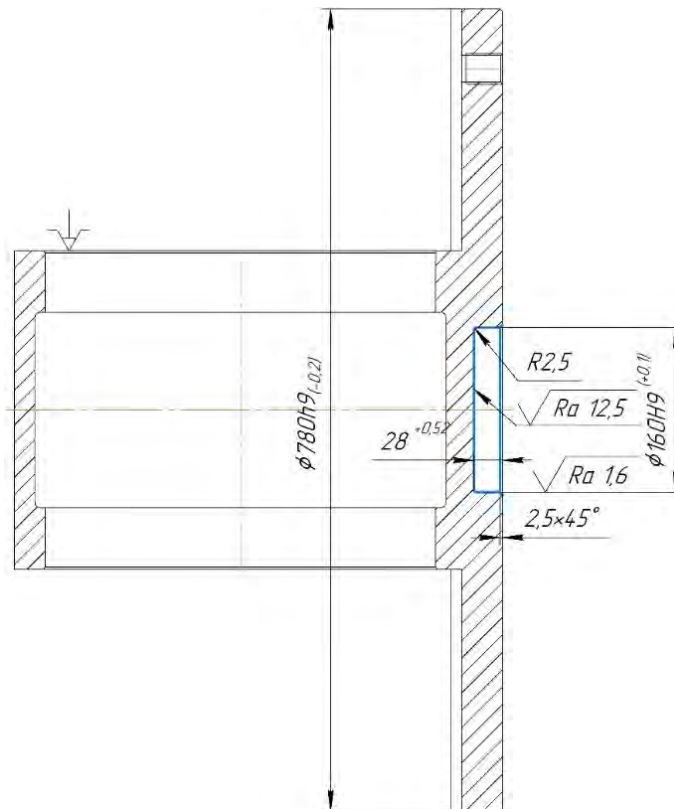


Рисунок 3.4 – Токарна операція

## Вихідні дані

- Деталь
  - Найменування деталі – станина.
  - Матеріал – сталь 35Л ДСТУ 8781:2018.
  - Розмір, який необхідно одержати –  $\phi 160H9^{(+0,1)}$  мм.
  - Шорсткість поверхні – Ra 1,6.
- Заготовка
  - Метод одержання заготовки – відливка (IT15).
  - Маса – 747,5 кг.
  - Стан поверхонь – без кірки.
  - Припуск на обробку поверхні: 50,5 мм.
- Верстат
  - Модель – 1A525МФ3
  - Частота обертання шпинделю: Безступінчасте регулювання.
  - Діапазон подач: 0,1...1000.
  - Механізм повздовжньої подачі – 8000 Н,
  - Механізм поперечної подачі – 3600 Н.
  - Потужність приводу головного руху – 55 кВт.
- Операція
  - Склад операції: розточити поверхню 17.
- Вибір стадій обробки
  - За картою 1 визначаємо необхідні стадії обробки. Для отримання

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



розміру деталі  $\varnothing 160H9^{(+0,1)}$  мм з напівфабрикату 12 квалітету необхідно вести обробку у одну стадію: чистова – отримання 9 квалітету.

• Вибір глибини різання

- За картою 2 визначаємо мінімально необхідну глибину різання.
- Для чистової стадії обробки: рекомендована глибина різання -  $t = 1,0$  мм.

• Вибір інструменту

- На верстаті 16K20Ф3 використовують різці з перетином 32x40 мм. Товщина пластини – 6,4 мм.
- За додатками 1, 5 та виходячи з умов обробки приймаємо тригранну форму пластини з кутом при вершині  $\varepsilon = 60^\circ$  з твердого сплаву Т30К4.
- За додатком 6 вибираємо спосіб кріплення пластини – двоплечим прихватком за виїмку.
- За додатком 7 та виходячи з умов обробки вибираємо кути в плані:  $\varphi = 95^\circ$ ,  $\varphi_1 = 5^\circ$ .
- За додатком 8 визначаємо інші геометричні параметри ріжучої кромки:
  - Задній кут  $\alpha = 8^\circ$ ,
  - Передній кут  $\gamma = 12^\circ$ ,
  - Форма передньої поверхні – плоска з фаскою,
  - Ширина фаски вздовж головного ріжучого леза  $f = 0,4$  мм,
  - Радіус округлення ріжучої кромки  $\rho = 0,02$  мм,
  - Радіус вершини різця  $r_e = 0,6$  мм.
- Нормативний період стійкості знаходимо з додатку 13  $T = 30$  хв.

• Вибір подачі

- Рекомендовані значення подачі чистової стадії обробки вибираємо за картою 12:  $S_{Om} = 0,48$  мм/об.
- За картою 14 визначаємо поправочні коефіцієнти для подачі на чистову обробку, враховуючи змінені умови, залежно від:
  - Механічних властивостей матеріалу, що оброблюємо  $K_{Sm} = 1,0$
  - Вильоту різця  $K_{Sl} = 1,0$ ,
  - Радіуса вершини різця  $K_{Sr} = 0,85$ ,
  - Квалітету точності  $K_{Sk} = 0,85$ ,
  - Діаметра деталі  $K_{Sd} = 0,80$ .
- Подачу чистової стадії обробки визначаємо
 
$$S_o = 0,48 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,80 = 0,277 \text{ мм/об.}$$

• Вибір швидкості різання

- Швидкість різання для чистової стадії обробки визначаємо за картою 22:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



### 3.2.6.3 Нормування технологічних операцій

Визначення часу автоматичної роботи верстата за програмою

Час автоматизованої роботи верстату за програмою визначаємо за загальною частиною.

Для верстату 1A525МФ3 час фіксації револьверної головки  $T_{uf} = 2$  с та час розвертання револьверної головки на одну позицію  $T_{um} = 1$  с обираємо з документації.

Норми штучного часу розраховуємо за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ц.А} + T_{д}) \cdot \left( 1 + \frac{a_{mex} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right) \quad (3.10)$$

Допоміжний час складається з складових:

$$T_{д} = T_{уст} + T_{Доп} + T_{вим}$$

Допоміжний час на встановлення і зняття деталі  $T_{уст} = 0,37$  хв.

Допоміжний час на операцію складається:  $T_{Доп} = 0,15 + 0,03 = 0,18$  хв.

Допоміжний час на контрольне вимірювання складає:  $T_{вим} = 0,13$  хв.

Сумарний допоміжний час:  $T_{д} = 0,37 + 0,18 + 0,13 = 0,68$  хв.

Час, витрачений на організаційне та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби, наведено у вигляді відсотків від оперативного часу:  $a_{орг} + a_{mex} + a_{отл} = 8$  %

Таким чином норма штучного часу дорівнюватиме:

$$T_{ш} = (15,83 + 0,68) \cdot \left( 1 + \frac{8}{100} \right) = 17,83 \text{ хв.}$$

На інші операції і переходи режими різання та нормування назначаємо табличним способом, окремо.

### 3.3 Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Щоб розрахувати коефіцієнт закріплення операцій знадобляться такі вихідні дані:

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Вихідні дані	
Річна програма $N_p$ , шт	<b>1500</b>
Штучно-калькуляційний час, хв	
$T_{шт.-к.1}$	<b>8,6</b>
$T_{шт.-к.2}$	<b>19,71</b>
$T_{шт.-к.3}$	<b>42,622</b>
$T_{шт.-к.4}$	<b>45,31</b>
$T_{шт.-к.5}$	<b>28,17</b>
$T_{шт.-к.6}$	<b>84,34</b>
Йомвірний тип виробництва (ДС=1, СС=2, ВС=3)	<b>2</b>
Кількість змін	<b>1</b>

Рисунок 3.5 – Вихідні дані до розрахунку коефіцієнта закріплення операцій

Наступним чином проводимо розрахунок згідно посібникових формул за допомогою програмного забезпечення та уточнюємо притаманний виконаним над деталлю «Станина» операціям тип виробництва:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{з.о.} = \frac{\sum \Pi_{oi}}{\sum P_i}$$

де  $\sum \Pi_{oi}$  – сумарне число різних операцій за місяць з розрахунку на одного змінного

$\sum P_i$  – явочне число робітників ділянки, що виконують різні операції при роботі в одну

$$\Pi_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_H}{T_{шт.к.} \cdot N_M}$$

де  $\eta_H$  – плановий нормативний коефіцієнт завантаження верстата, прийнятий для велико-, середньо- та дрібносерійного виробництва відповідно рівним 0,75; 0,8; 0,9;

$N_M$  – місячна програма випуску заданої деталі,  $N_M = \frac{N_p}{s \cdot 12}$

$$\Pi_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{8,6 \cdot 125} = 9,8099$$

$$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

$$\Pi_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{19,71 \cdot 125} = 4,2803$$

$$P_i = 0,96 \cdot \eta_H = 0,96 \cdot 0,8 = 0,768$$

$$\Pi_{o3} = \frac{13182 \cdot 0,8}{42,622 \cdot 125} = 1,9794$$

$$\sum P_i = 5 \cdot 0,768 = 3,84 = 4$$

$$\Pi_{o4} = \frac{13182 \cdot 0,8}{45,31 \cdot 125} = 1,8619$$

$$K_{з.о.} = \frac{21,93}{4} = 5,48$$

$$\Pi_{o5} = \frac{13182 \cdot 0,8}{28,17 \cdot 125} = 2,9948$$

$$\Pi_{o5} = \frac{13182 \cdot 0,8}{84,34 \cdot 125} = 1,0003$$

Виробництво **ВЕЛИКОСЕРІЙНЕ**

Рисунок 3.6 – Розрахунок коефіцієнту закріплення операцій

Як результат, згідно проведених розрахунків рекомендованим типом виробництва являється великосерійне виробництво.

					КНУ.КМР.131.24.1-03.03.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

#### 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

У процесі вдосконалення заводського технологічного процесу було здійснено заміну універсального горизонтально-розточувального верстата моделі 2Б635, який використовували на операції фрезерування площин та при розточуванні отворів, на верстат поздовжньо-фрезерний моделі 6М606, який використовуємо при швидкісному фрезеруванні площин. У результаті цього потрібно здійснити розрахунок доцільності такого рішення, який виконується автоматичним методом.

Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту:

Базовий варіант: горизонтально-розточувальний верстат моделі 2Б635

Новий варіант: поздовжньо-фрезерний верстат моделі 6М606

Таблиця 4.1- Вихідні дані для розрахунку

Дані	Базовий варіант 2Б635	Новий варіант 6М606
1	2	3
По деталям – представникам		
Річний обсяг випуску деталей, шт.	400	1500
Кількість запусків, шт.	40	40
Тривалість випуску деталей, років	3	3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$ , хв.	182,11	70,8
Час наладки верстата, хв.	160	120
Розряд:		
контролера	5	5
верстатника	4	5
наладчика	3	5
налагодження інструменту	–	4
Кількість кадрів програми, Арк:	–	300
Вартість заготовки $S_{заг.}$ , грн.	269,5	269,5
Вартість комплекту спец, пристосувань $K_{пр}$ , грн.	100	68
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	4	4
Середній період стійкості інструменту, хв.	60	260
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному, $K_T$	–	0,8
Вартість одного кадру ПК, грн.	–	0,34
Вартість розробки ПК, грн.	25,5	102

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.04.ТЕОВМ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Дуденко				Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу		
Перевір.	Цивінда						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Лит.	Арк.	Акрушів
					Каф. ТМ, гр. ПМ-23м		

## Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Середньорічна зарплатня, грн.:		
– верстатника $N_{ст}$	0,6	0,7
– наладчика $N_{нал}$	0,8	0,9
– наладчика інструмента $N_{ин}$	–	0,7
– контролера $N_{к}$	0,7	0,7
По верстатам		
Клас точності верстата	Н	П
Маса верстата, т	27,9	21,9
Габарити верстата (довжина x ширина), м	7,5x3,515	6,2x3,78
Габарити верстата з ЧПУ, м	–	–
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рц}$ , років	9	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	13	22
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:		
– механічної частини $N_{м}$	12	20
– електротехнічної частини $N_{е}$	–	25
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий $d$ , шт	1	2
Оптова ціна верстата, грн.	5000	26000
Коефіцієнт завантаження верстата $\eta_z$	0,85	0,719
Площа верстата за габаритами $A$ , м <sup>2</sup>	26,36	23,43
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.		
– механічної частини $N_{м}$	30,1	30,3
– електротехнічної частини $N_{е}$	7,4	7,7
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПУ $Q$ , грн.	–	706
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, $\gamma$	4,5	4,0
Коеф., що враховує клас точності верстата, $\mu$	1	1,2
Ефективний річний фонд часу роботи верстата, год	4055	3935

Для подальших розрахунків використовуємо програмне забезпечення:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.04.ТЕОВМ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### Капітальні вкладення споживача, грн.

$$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$$

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.

	$K_6$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 =$	2108	+	22727	+	84000	+	9322	+	100	+	2825,5	= 58046,00
$K_2 =$	18701	+	30641	+	35000	+	21119	+	68	+	102	= 155631,00

Рисунок 4.1 – Розрахунок капітальних витрат

### Собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн.

$$C = I_з + I_н + I_{ин} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_а + I_{пл} + I_{сл} + I_р + I_у + I_к,$$

де  $I_з$  – зарплатня верстатника;

$I_н$  – зарплатня за наладку верстата;

$I_{ин}$  – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом;

$I_{пк}$  – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми;

$I_{пр}$  – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань;

$I_{усп}$  – витрати на прокат універсально-збірних

$I_а$  – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

$I_{пл}$  – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;

$I_{сл}$  – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;

$I_р$  – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;

$I_у$  – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;

$I_к$  – зарплатня контролера

$C_1$ на деталь =	244,64
$C_2$ на деталь =	35,19

	$I_з$	$I_н$	$I_{ин}$	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	$I_а$	$I_{пл}$	$I_{сл}$	$I_р$	$I_у$	$I_к$												
$C_1 =$	1211	+	134,18	+	0,00	+	0,06	+	37,3333	+	4000	+	84,30	+	8181,55	+	84000	+	138,41	+	0	+	70,54	= 97857,13
$C_2 =$	1030	+	113,22	+	6,61	+	34,00	+	25,3867	+	2720	+	748,04	+	11030,70	+	35000	+	626,55	+	461,64	+	991,20	= 69787,00

Рисунок 4.2 – Розрахунок собівартості верстатів

Приведені витрати, грн.			
$Z_1 =$	$C_1$	+	$E_n \cdot K_1$
<b>116019</b>	97857		0,15 · 121082
$Z_2 =$	$C_2$	+	$E_n \cdot K_2$
<b>68632</b>	52787		0,15 · 105631

Річний економічний ефект, грн.			
$E =$	$Z_1$	-	$Z_2$
<b>47388</b>	116019		68632

Строк окупності, рік.			
$T_{ок} =$	$(K_2 - K_1)$	/	$(C_1 - C_2)$
<b>3,48</b>	155631 - 58046		97857 - 69787,0

Рисунок 4.3 – Результати розрахунку

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.04.ТЕОВМ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



## 5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Розробляємо верстатно-інструментальне налагодження для свердлильної операції. Для цієї операції використовується верстат моделі 2М55Ф2. У цьому верстаті встановлена змішана система ЧПК, яка поєднує позиційну та контурну системи. Пристрій ЧПК в даному верстаті – 2У32-61.

Уся необхідна інформація про інструмент та режими різання для розробки керуючої програми наведена в таблиці 3.13.

Наступним етапом є розробка розрахунково-технологічної карти, де вибираємо початок координат верстата, пристосування, деталі та інструмента, зв'язуючи ці нулі розмірами. На карті зображуємо інструменти в порядку їх роботи та в позиціях, які вони займають у шпинделі. Потім наносимо траєкторію руху інструмента, позначаючи на ній опорні точки цифрами.

### 5.1 CAM – розрахунок свердлильної операції

Створивши у ПО SolidWorks 2023 3D модель вихідної деталі «Станина», імпортуємо її до Autodesk FeatureCAM 2024, обираємо форму та матеріал заготовки, налаштовуємо установи (рисунок 5.1) для подальшого моделювання процесу різання.

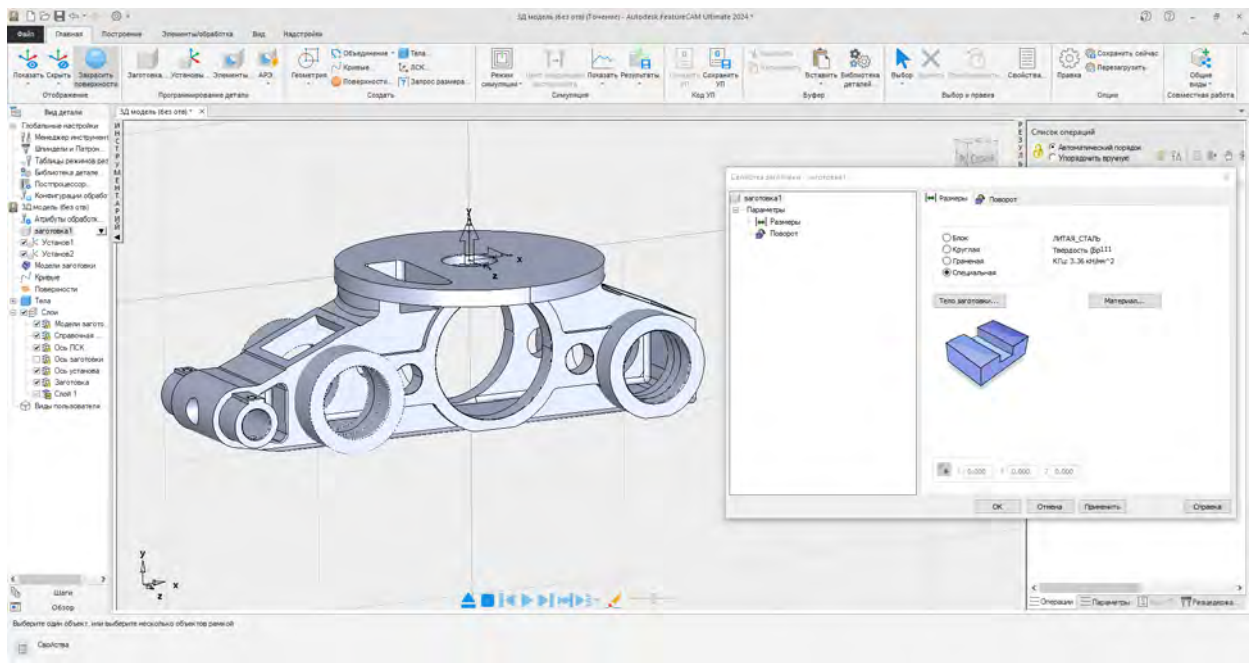


Рисунок 5.1 – Встановлення деталі станина у FeatureCAM

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-03.05.МТПОМ		
Розроб.	Дуденко						
Перевір.	Цивінда				Каф. ТМ, гр. ПМ-23м		
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасів						
Затверд.	Рязанцев				МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ		

Згідно вихідний креслень та технологічної карти налаштовуємо операцію свердлення отворів на боковій частині деталі та задаємо координати необхідних до утворення отворів (рисунок 5.2).

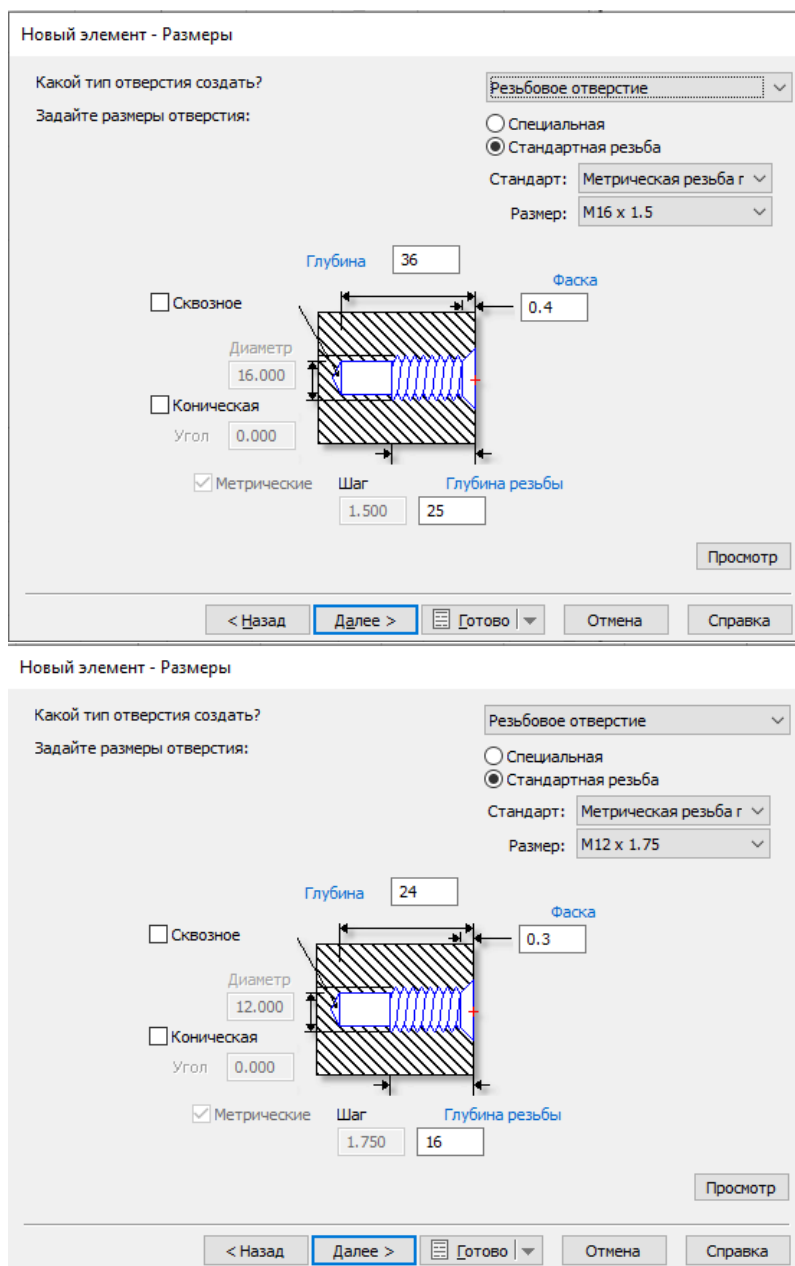


Рисунок 5.2 – Налаштування операції свердлення отворів

Система автоматично розробляє траєкторію переміщення інструменту згідно заданих координат отворів (рисунок 5.3).

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.05.МТПОМ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

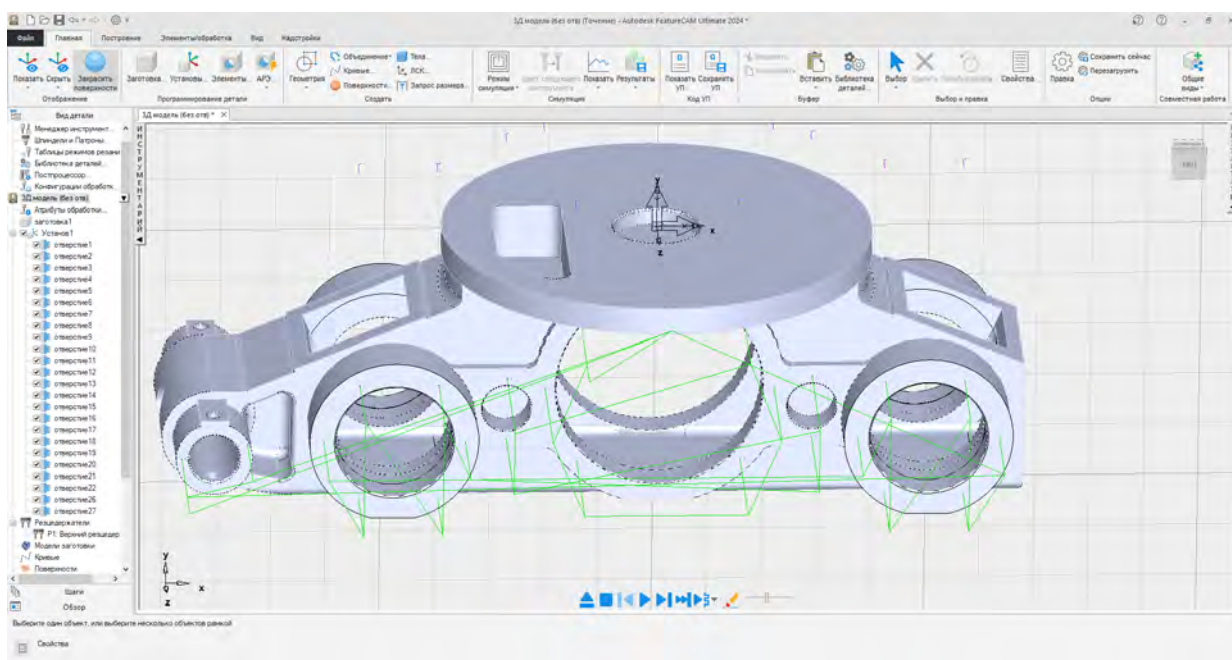


Рисунок 5.3 – Траєкторія інструменту для виконання операції

В подальшому можна візуалізувати хід виконання операції за допомогою FeatureCAM для впевненості у її правильності (рисунок 5.4).

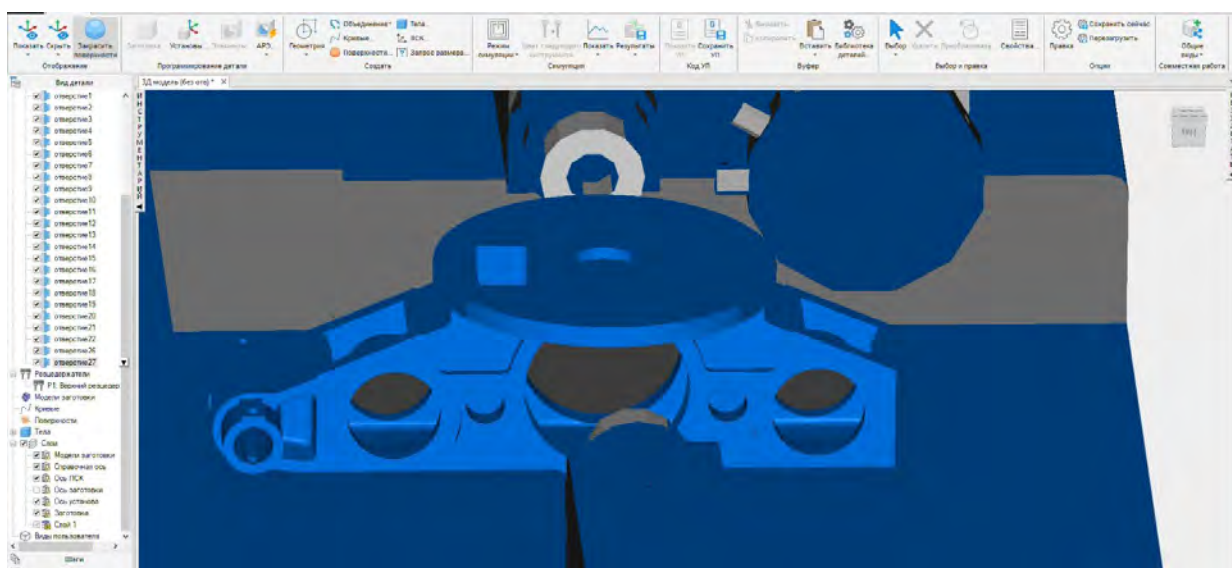


Рисунок 5.4 – Симуляція обробки деталі «Станина» на верстаті

Також був розроблений код керуючої програми:

Таблиця 5.1 – Код КП

Номер рядка	Код	Опис
O0001		Початок програми
N20	G21 G54	Встановлення одиниць вимірювання (мм) і системи координат
N25	G50 S	Обмеження швидкості шпинделя
N30	(DRILL OTVIRP1)	Коментар: Свердління отвору 1
N35	(TOOL: T1 = TD_M1450:J)	Інструмент T1 - TD_M1450:J

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.05.МТПОМ</i>	Лист

## Продовження таблиці 5.1

N40	T101	Виклик інструменту T101
N45	G97 S M04	Встановлення частоти обертання шпинделя, увімкнення обертання
N50	G00 X-300.0 Z420.0 M8	Швидка подача до початкової точки, увімкнення охолодження
N55	Z158.0	Переміщення по осі Z
N60	G83 Z158.0 R158.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління з використанням циклу
N65	G80	Вихід із циклу свердління
N70	Z420.0	Повернення у вихідне положення по осі Z
N75	X-420.0 Z158.0	Переміщення до нової координати
N80	G83 Z158.0 R158.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N85	G80	Вихід із циклу свердління
N90	Z420.0	Повернення по осі Z
N95	X-300.0 Z158.0	Переміщення до наступної координати
N100	G83 Z158.0 R158.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N105	G80	Вихід із циклу свердління
N110	Z420.0	Повернення по осі Z
N115	X300.0 Z158.0	Переміщення до наступної точки
N120	G83 Z158.0 R158.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N125	G80	Вихід із циклу свердління
N130	Z420.0	Повернення по осі Z
N135	X420.0 Z158.0	Переміщення до координати
N140	G83 Z158.0 R158.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N145	G80	Вихід із циклу свердління
N150	Z420.0	Повернення по осі Z
N155	X300.0 Z158.0	Переміщення до наступної координати
N160	G83 Z158.0 R158.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N165	G80	Вихід із циклу свердління
N170	Z420.0	Повернення по осі Z
N175	X-560.0 Z158.0	Переміщення до координати
N180	G83 Z158.0 R158.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N185	G80	Вихід із циклу свердління
N190	Z420.0	Повернення по осі Z
N195	Z158.0	Переміщення по осі Z
N200	G83 Z158.0 R158.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N205	G80	Вихід із циклу свердління
N210	Z420.0	Повернення по осі Z
N215	X560.0 Z158.0	Переміщення до координати
N220	G83 Z158.0 R158.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N225	G80	Вихід із циклу свердління
N230	Z420.0	Повернення по осі Z
N235	Z158.0	Переміщення по осі Z
N240	G83 Z158.0 R158.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N245	G80	Вихід із циклу свердління
N250	Z420.0	Повернення по осі Z
N255	( DRILL ОТВІР11 )	Коментар: Свердління отвору 11
N260	X-720.0	Переміщення по осі X
N265	Z243.0	Переміщення по осі Z
N270	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N275	G80	Вихід із циклу свердління
N280	Z420.0	Повернення по осі Z
N285	X-820.0 Z243.0	Переміщення до координати
N290	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N295	G80	Вихід із циклу свердління
N300	Z420.0	Повернення по осі Z
N305	Z243.0	Переміщення по осі Z
N310	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N315	G80	Вихід із циклу свердління

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.05.МТПОМ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

N320	Z420.0	Повернення по осі Z
<b>Продовження таблиці 5.1</b>		
N325	X-1110.0 Z243.0	Переміщення до координати
N330	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N335	G80	Вихід із циклу свердління
N340	Z420.0	Повернення по осі Z
N345	Z243.0	Переміщення по осі Z
N350	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N355	G80	Вихід із циклу свердління
N360	Z420.0	Повернення по осі Z
N365	X-1240.0 Z243.0	Переміщення до координати
N370	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N375	G80	Вихід із циклу свердління
N380	Z420.0	Повернення по осі Z
N385	X720.0 Z243.0	Переміщення до координати
N390	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N395	G80	Вихід із циклу свердління
N400	Z420.0	Повернення по осі Z
N405	X820.0 Z243.0	Переміщення до координати
N410	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N415	G80	Вихід із циклу свердління
N420	Z420.0	Повернення по осі Z
N425	Z243.0	Переміщення по осі Z
N430	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N435	G80	Вихід із циклу свердління
N440	Z420.0	Повернення по осі Z
N445	X1110.0 Z243.0	Переміщення до координати
N450	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N455	G80	Вихід із циклу свердління
N460	Z420.0	Повернення по осі Z
N465	Z243.0	Переміщення по осі Z
N470	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N475	G80	Вихід із циклу свердління
N480	Z420.0	Повернення по осі Z
N485	X1240.0 Z243.0	Переміщення до координати
N490	G83 Z243.0 R243.0 I14.5 J14.5 K F1.	Глибоке свердління
N495	G80	Вихід із циклу свердління
N500	Z420.0	Повернення по осі Z
N505	(***SEGMENT = ОТВІР26)	Коментар: Сегмент свердління отвору 26
N510	G97 S	Встановлення швидкості обертання шпинделя
N515	G00 X0. Z500.0	Швидке переміщення до початкової точки
N520	( DRILL ОТВІР26 )	Коментар: Свердління отвору 26
N525	( TOOL: T2 = TD M1020:J )	Інструмент T2 - TD M1020:J
N530	T202	Виклик інструменту T202
N535	X-1760.0 Z420.0 M04	Переміщення до координати, увімкнення обертання шпинделя
N540	M8	Увімкнення охолодження
N545	Z243.0	Переміщення по осі Z
N550	G83 Z243.0 R243.0 I10.2 J10.2 K F1.	Глибоке свердління
N555	G80	Вихід із циклу свердління
N560	Z420.0	Повернення по осі Z
N565	X-1520.0 Z243.0	Переміщення до нової координати
N570	G83 Z243.0 R243.0 I10.2 J10.2 K F1.	Глибоке свердління
N575	G80	Вихід із циклу свердління
N580	Z420.0	Повернення по осі Z
N585	(***SEGMENT = ОТВІР1)	Коментар: Сегмент свердління отвору 1
N590	G97 S	Встановлення швидкості обертання шпинделя
N595	G00 X0. Z500.0	Швидке переміщення до початкової точки
N600	( CHAMFER ОТВІР1 )	Коментар: Зняття фаски на отворі 1

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.05.МТПОМ</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

N605	( TOOL: T3 = кон.зенкер90:M1900 )	Інструмент T3 - конічний зенкер (кут 90°)
N610	T303	Виклик інструменту T303

## Продовження таблиці 5.1

N615	X-300.0 Z420.0 M04	Переміщення до координати, увімкнення обертання шпинделя
N620	M8	Увімкнення охолодження
N625	Z158.0	Переміщення по осі Z
N630	Z420.0	Повернення по осі Z
N635	X-420.0 Z158.0	Переміщення до координати для обробки
N640	Z420.0	Повернення по осі Z
N645	X-300.0 Z158.0	Переміщення до координати
N650	Z420.0	Повернення по осі Z
N655	X300.0 Z158.0	Переміщення до наступної координати
N660	Z420.0	Повернення по осі Z
N665	X420.0 Z158.0	Переміщення до наступної координати
N670	Z420.0	Повернення по осі Z
N675	X300.0 Z158.0	Переміщення до нової координати
N680	Z420.0	Повернення по осі Z
N685	X-560.0 Z158.0	Переміщення до координати
N690	Z420.0	Повернення по осі Z
N695	Z158.0	Переміщення по осі Z
N700	Z420.0	Повернення по осі Z
N705	X560.0 Z158.0	Переміщення до наступної координати
N710	Z420.0	Повернення по осі Z
N715	Z158.0	Переміщення по осі Z
N720	Z420.0	Повернення по осі Z
N725	( CHAMFER ОТВІР11 )	Коментар: Зняття фаски на отворі 11
N730	X-720.0	Переміщення по осі X
N735	Z243.0	Переміщення по осі Z
N740	Z420.0	Повернення по осі Z
N745	X-820.0 Z243.0	Переміщення до координати
N750	Z420.0	Повернення по осі Z
N755	Z243.0	Переміщення по осі Z
N760	Z420.0	Повернення по осі Z
N765	X-1110.0 Z243.0	Переміщення до координати
N770	Z420.0	Повернення по осі Z
N775	Z243.0	Переміщення по осі Z
N780	Z420.0	Повернення по осі Z
N785	X-1240.0 Z243.0	Переміщення до координати
N790	Z420.0	Повернення по осі Z
N795	X720.0 Z243.0	Переміщення до координати
N800	Z420.0	Повернення по осі Z
N805	X820.0 Z243.0	Переміщення до наступної координати
N810	Z420.0	Повернення по осі Z
N815	Z243.0	Переміщення по осі Z
N820	Z420.0	Повернення по осі Z
N825	X1110.0 Z243.0	Переміщення до координати
N830	Z420.0	Повернення по осі Z
N835	Z243.0	Переміщення по осі Z
N840	Z420.0	Повернення по осі Z
N845	X1240.0 Z243.0	Переміщення до координати
N850	Z420.0	Повернення по осі Z
N855	( CHAMFER ОТВІР26 )	Коментар: Зняття фаски на отворі 26
N860	X-1760.0	Переміщення по осі X
N865	Z243.0	Переміщення по осі Z
N870	Z420.0	Повернення по осі Z
N875	X-1520.0 Z243.0	Переміщення до координати
N880	Z420.0	Повернення по осі Z

					КНУ.КМР.131.24.1-03.05.МТПОМ	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

N885	(***SEGMENT = ОТВІР1)	Коментар: Сегмент свердління отвору 1
N890	G97 S	Встановлення швидкості обертання шпинделя
N895	G00 X0. Z500.0	Швидке переміщення до початкової точки

## Продовження таблиці 5.1

N900	( ТАР ОТВІР1 )	Коментар: Нарізання різьби на отворі 1
N905	( TOOL: T4 = мітчикM1600-150:D6:GP )	Інструмент T4 - мітчик для різьби M16 з кроком 1.5
N910	T404	Виклик інструменту T404
N915	X-300.0 Z420.0 M04	Переміщення до координати, увімкнення обертання шпинделя
N920	M8	Увімкнення охолодження
N925	Z158.0	Переміщення по осі Z
N930	G84 X0.0 Z-35.325 F1.	Нарізання різьби до заданої глибини
N935	G80	Вихід із циклу нарізання різьби
N940	Z420.0	Повернення по осі Z
N945	X-420.0 Z158.0	Переміщення до нової координати
N950	G84 X0.0 Z-35.325	Нарізання різьби до заданої глибини
N955	G80	Вихід із циклу нарізання різьби
N960	Z420.0	Повернення по осі Z
N965	X-300.0 Z158.0	Переміщення до координати
N970	G84 X0.0 Z-35.325	Нарізання різьби
N975	G80	Вихід із циклу нарізання різьби
N980	Z420.0	Повернення по осі Z
N985	X300.0 Z158.0	Переміщення до координати
N990	G84 X0.0 Z-35.325	Нарізання різьби
N995	G80	Вихід із циклу нарізання різьби
N1000	Z420.0	Повернення по осі Z
N1005	X420.0 Z158.0	Переміщення до координати
N1010	G84 X0.0 Z-35.325	Нарізання різьби
N1015	G80	Вихід із циклу нарізання різьби
N1020	Z420.0	Повернення по осі Z
N1025	X300.0 Z158.0	Переміщення до наступної координати
N1030	G84 X0.0 Z-35.325	Нарізання різьби
N1035	G80	Вихід із циклу нарізання різьби
N1040	Z420.0	Повернення по осі Z
N1045	X-560.0 Z158.0	Переміщення до координати
N1050	G84 X0.0 Z-35.325	Нарізання різьби
N1055	G80	Вихід із циклу нарізання різьби
N1060	Z420.0	Повернення по осі Z
N1065	Z158.0	Переміщення по осі Z
N1070	G84 X0.0 Z-35.325	Нарізання різьби
N1075	G80	Вихід із циклу нарізання різьби
N1080	Z420.0	Повернення по осі Z
N1085	X560.0 Z158.0	Переміщення до координати
N1090	G84 X0.0 Z-35.325	Нарізання різьби
N1095	G80	Вихід із циклу нарізання різьби
N1100	Z420.0	Повернення по осі Z
N1105	Z158.0	Переміщення по осі Z
N1110	G84 X0.0 Z-35.325	Нарізання різьби
N1115	G80	Вихід із циклу нарізання різьби
N1120	Z420.0	Повернення по осі Z
N1125	( ТАР ОТВІР11 )	Коментар: Нарізання різьби на отворі 11
N1130	X-720.0	Переміщення по осі X
N1135	Z243.0	Переміщення по осі Z
N1140	G84 X0.0 Z-35.325 F1.	Нарізання різьби до заданої глибини
N1145	G80	Вихід із циклу нарізання різьби
N1150	Z420.0	Повернення по осі Z
N1155	X-820.0 Z243.0	Переміщення до координати
N1160	G84 X0.0 Z-35.325	Нарізання різьби

					КНУ.КМР.131.24.1-03.05.МТПОМ	Лист
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		





N1445	G80	Скасування циклу свердління
N1450	Z420.0	Перехід до координати Z420.0
N1455	G99	Встановлення стандартного режиму подачі
N1460	G00 X0. Z500.0	Перехід до координат X0, Z500.0
N1465	M30	Кінець програми

## 5.2 САЕ – симуляція деталі «Станина»

В даному підрозділі проведемо симуляцію навантажень для 3D деталі «Станина», створеної у ПО SolidWorks 2023 (рисунок 5.5).

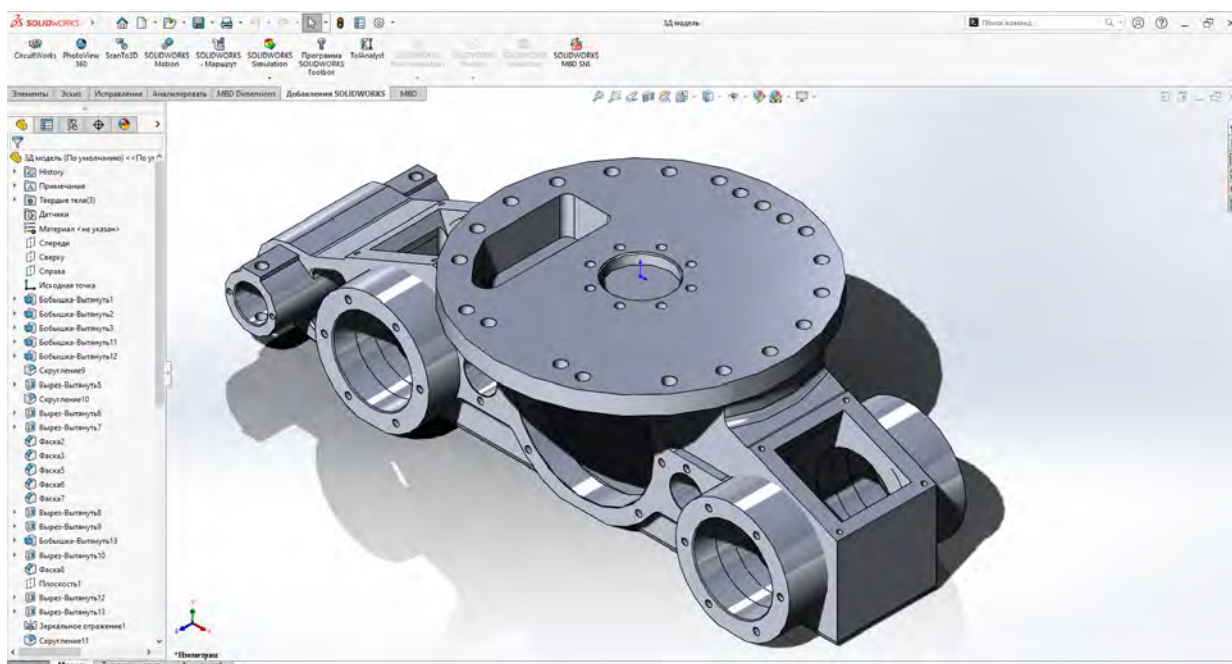


Рисунок 5.5 – 3D модель деталі

Перед початком проведення симуляції були обрані матеріал та максимально наближена до реальних значень матеріалу сітка з розмірами частинок: максимальний – 10мм., мінімальний – 0,5мм. (рисунок 5.6).

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.05.МТПОМ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

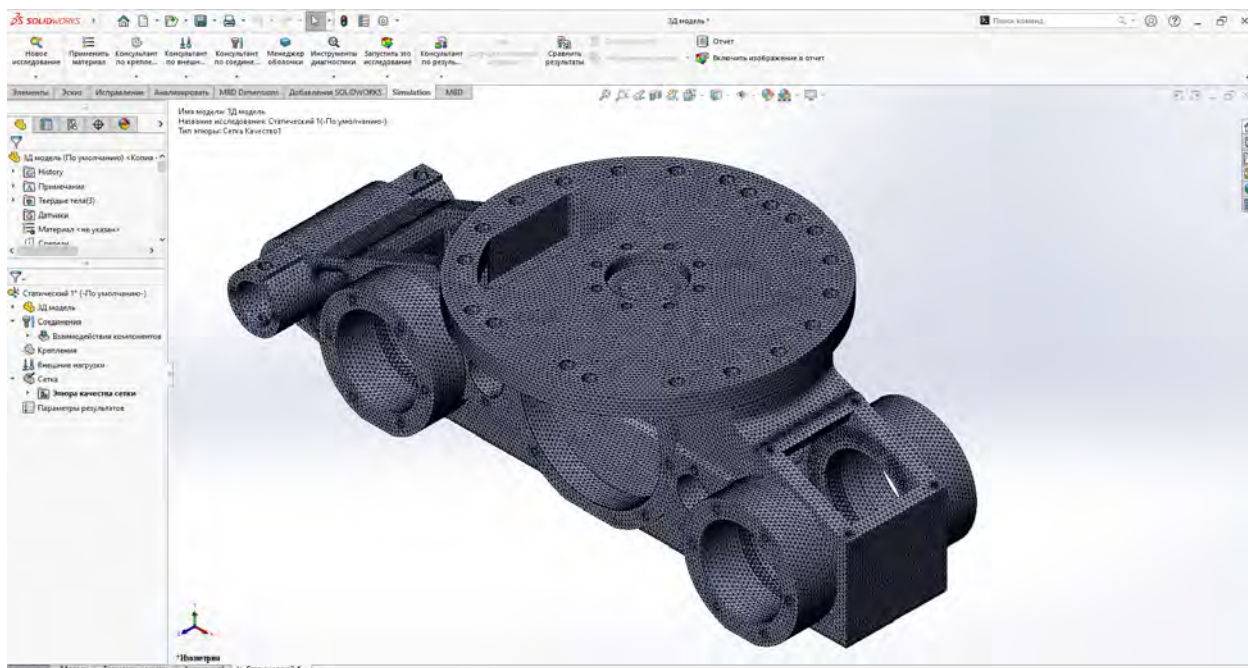


Рисунок 5.6 – Створення сітки матеріалу

Прикладаємо до деталі всі відомі з вихідних даних навантаження та кріплення, які будуть впливати на саму деталь у реальних робочих умовах (рисунок 5.7).

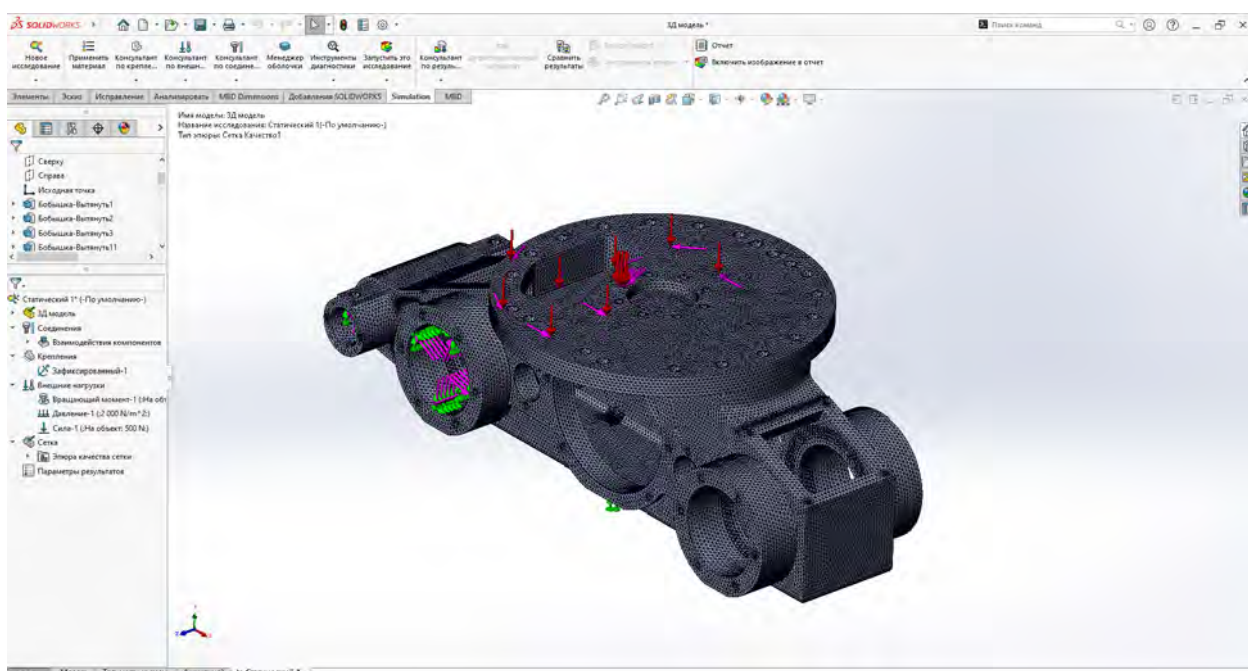


Рисунок 5.7 – Прикладення сил та кріплень

Як результат отримуємо епюри, які візуалізують можливі деформації та характеристики деталі в ході робочого процесу (рисунок 5.8, 5.9, 5.10):

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.05.МТПОМ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Название исследования: Статический (С-По умолчанию)  
 Тип элора: Статическое узловое напряжение Напряжение1  
 Шкала деформации: 110.520

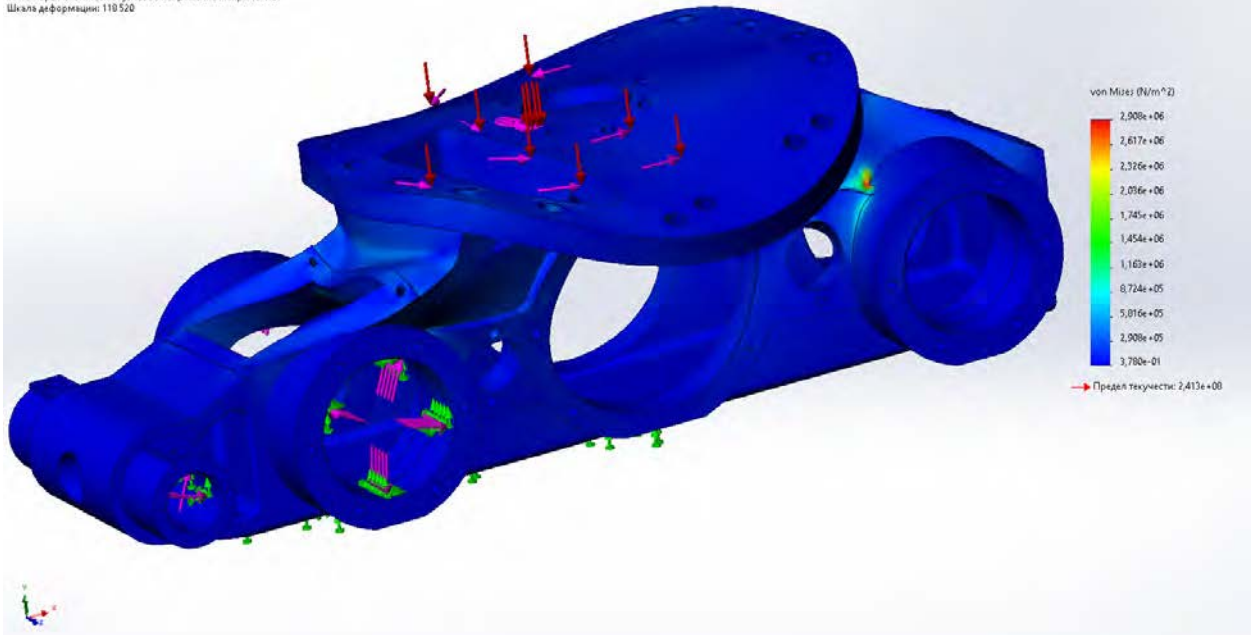


Рисунок 5.8 – Епюра напруг

Имя модели: 3D модель  
 Название исследования: Статический (С-По умолчанию)  
 Тип элора: Статическое перемещение Перемещение1  
 Шкала деформации: 110.520

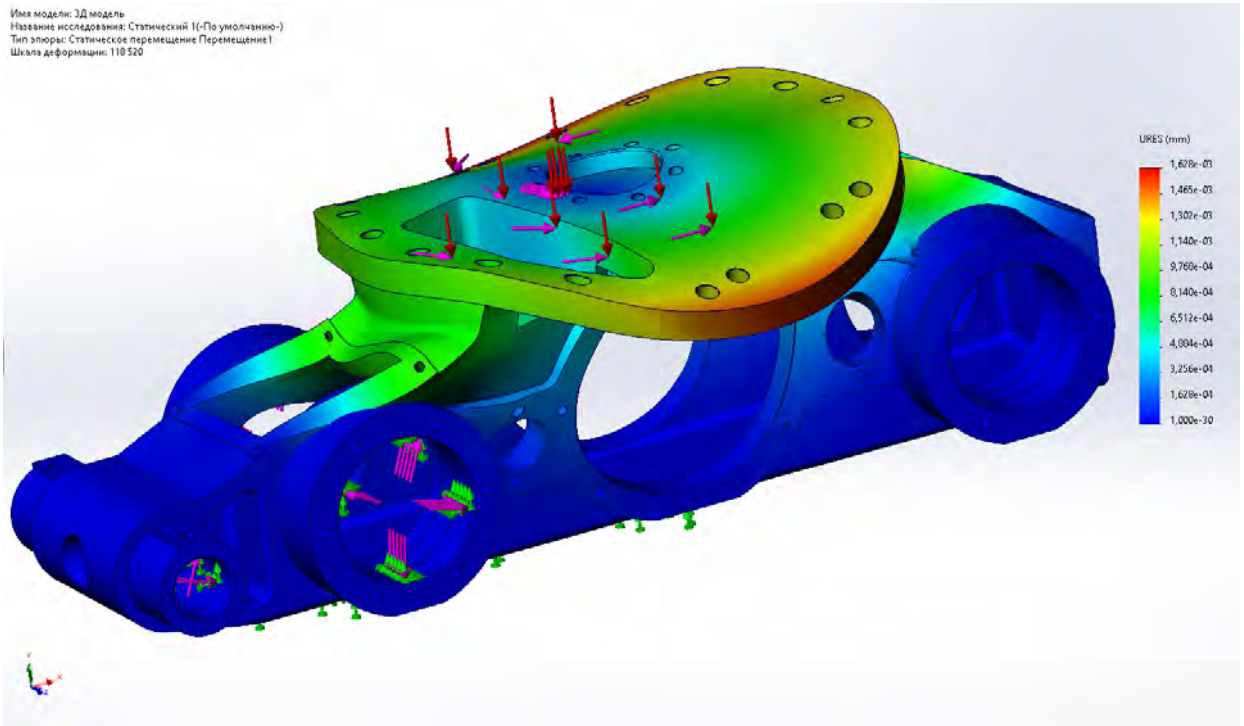


Рисунок 5.9 – Епюра переміщень

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.05.МТПОМ</i>	<i>Лист</i>
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Имя модели: 3D модель  
 Название исследования: Статический 1 (СПо умолчанию)  
 Тип элора: Статическая деформация Деформация1  
 Шкала деформации: 118520

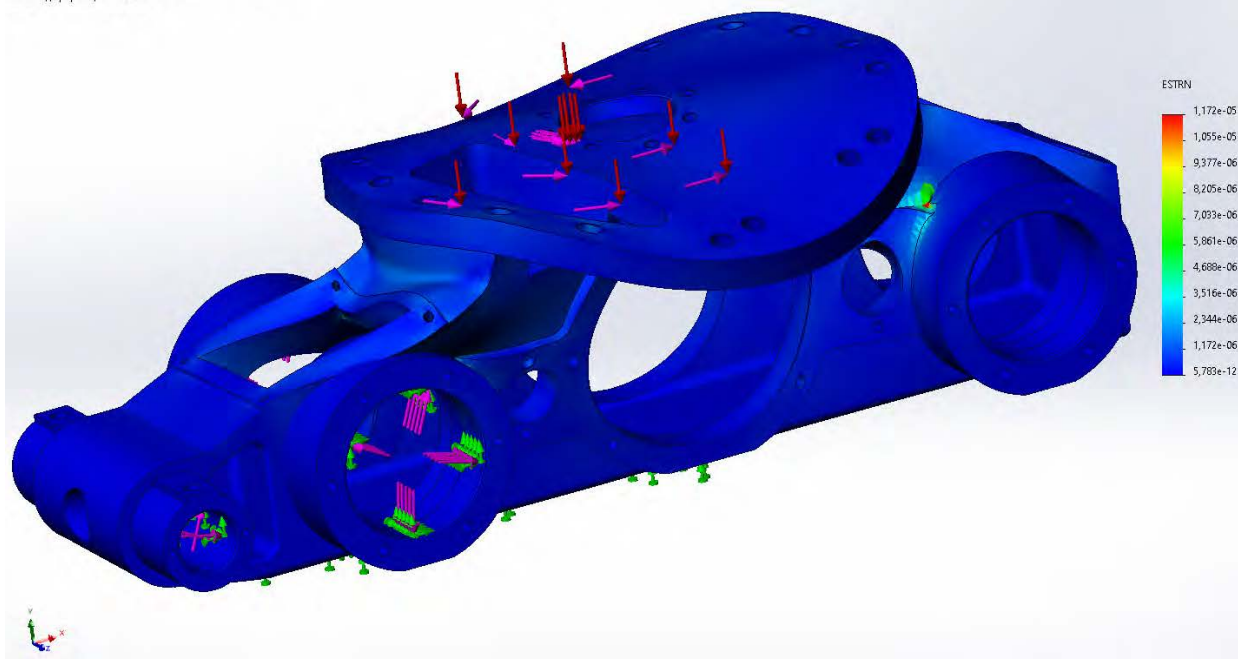


Рисунок 5.10 – Епюра деформацій

Имя модели: 3D модель  
 Название исследования: Статический 1 (СПо умолчанию)  
 Тип элора: Запас прочности Запас прочности1  
 Критерий: Авто  
 Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 83

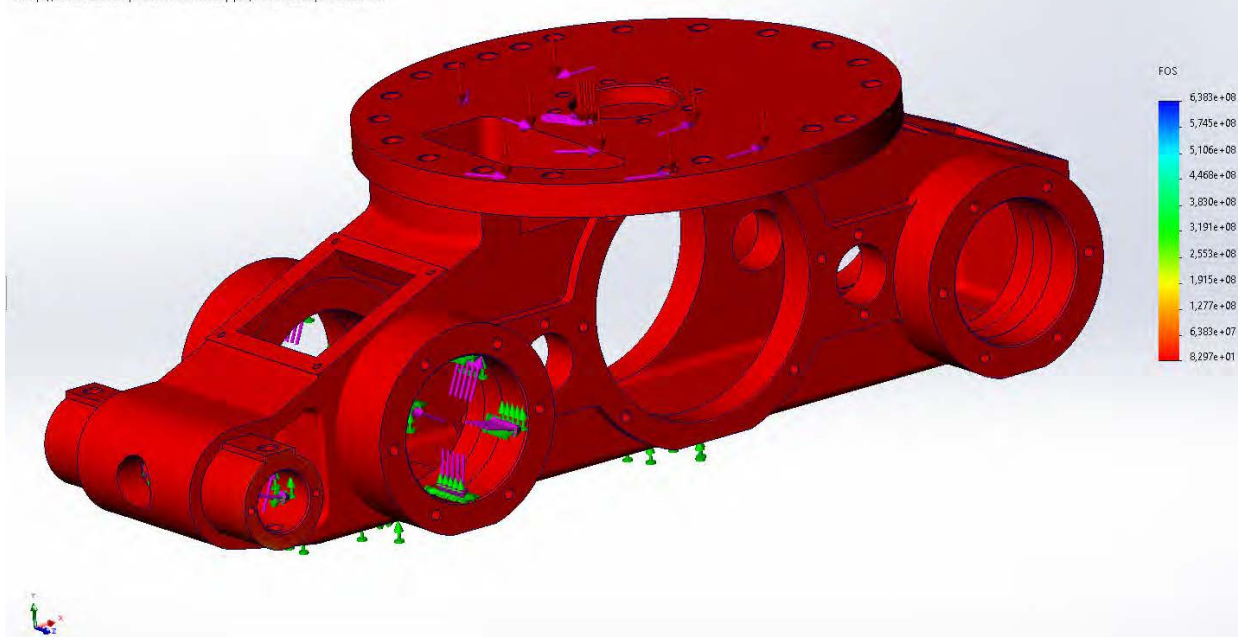


Рисунок 5.11 – Епюра запасу міцності

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.05.МТПОМ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Режими різання на поверхню 1 мають такі значення:

- припуск  $t = 10,5$  мм;
- подача  $S = 0,40$  мм/хв;
- швидкість різання  $V = 147,2$  м/хв;
- частота обертів шпинделя  $n = 125$  об/хв.
- крутний момент  $M_{кр} = 12,4$  Н·м.

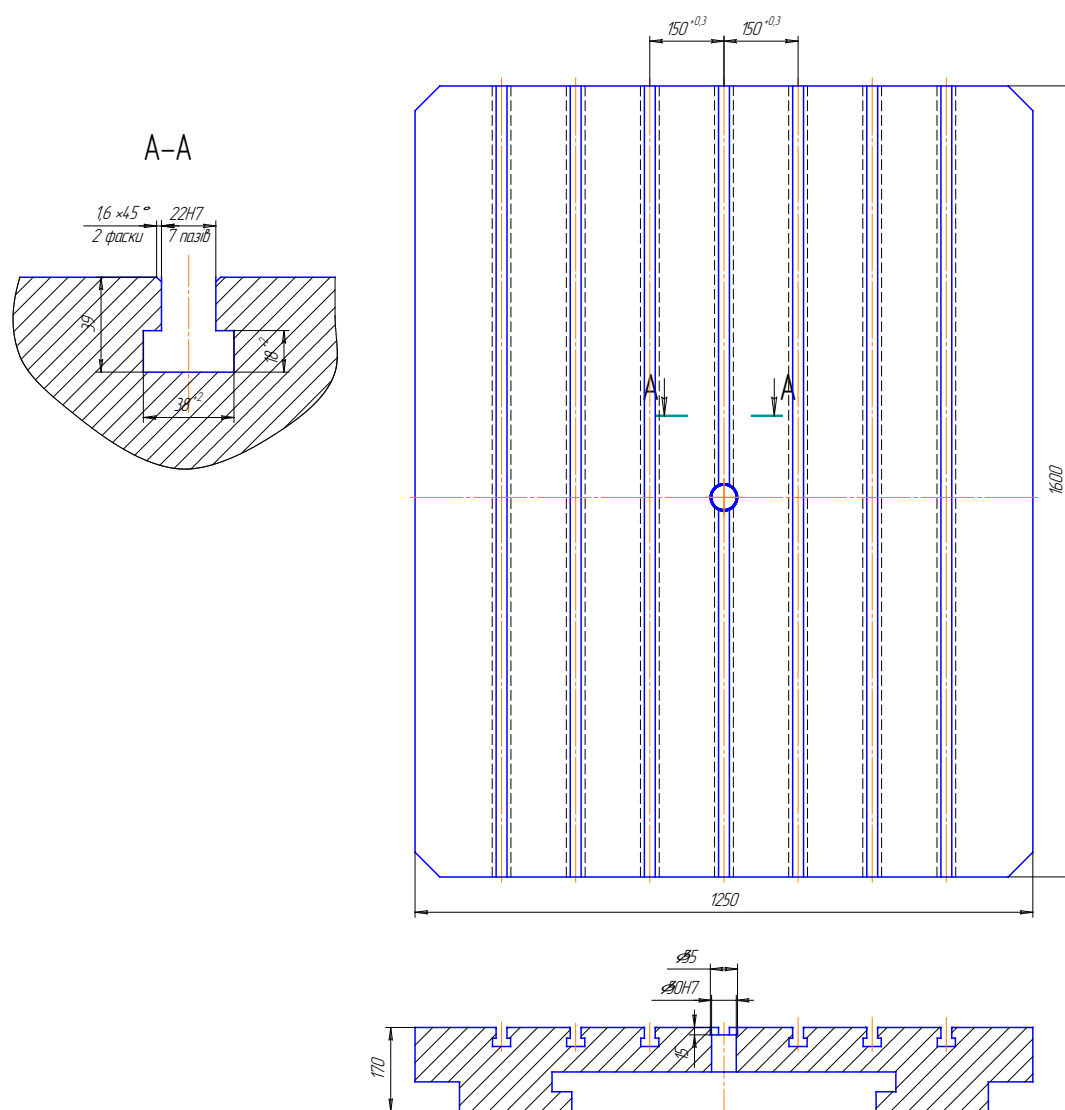


Рисунок 6.2 – Палета

### 6.1.2 Розрахунок похибки базування

На основі аналізу схем базування деталі здійснюємо розрахунок фактичного значення похибки базування. Похибка базування виникатиме через встановлення деталі на площину, внаслідок чого її величина буде становити

$$\varepsilon_{\delta} = \delta_d, \quad (6.1)$$

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-03.06.КПВ

Лист



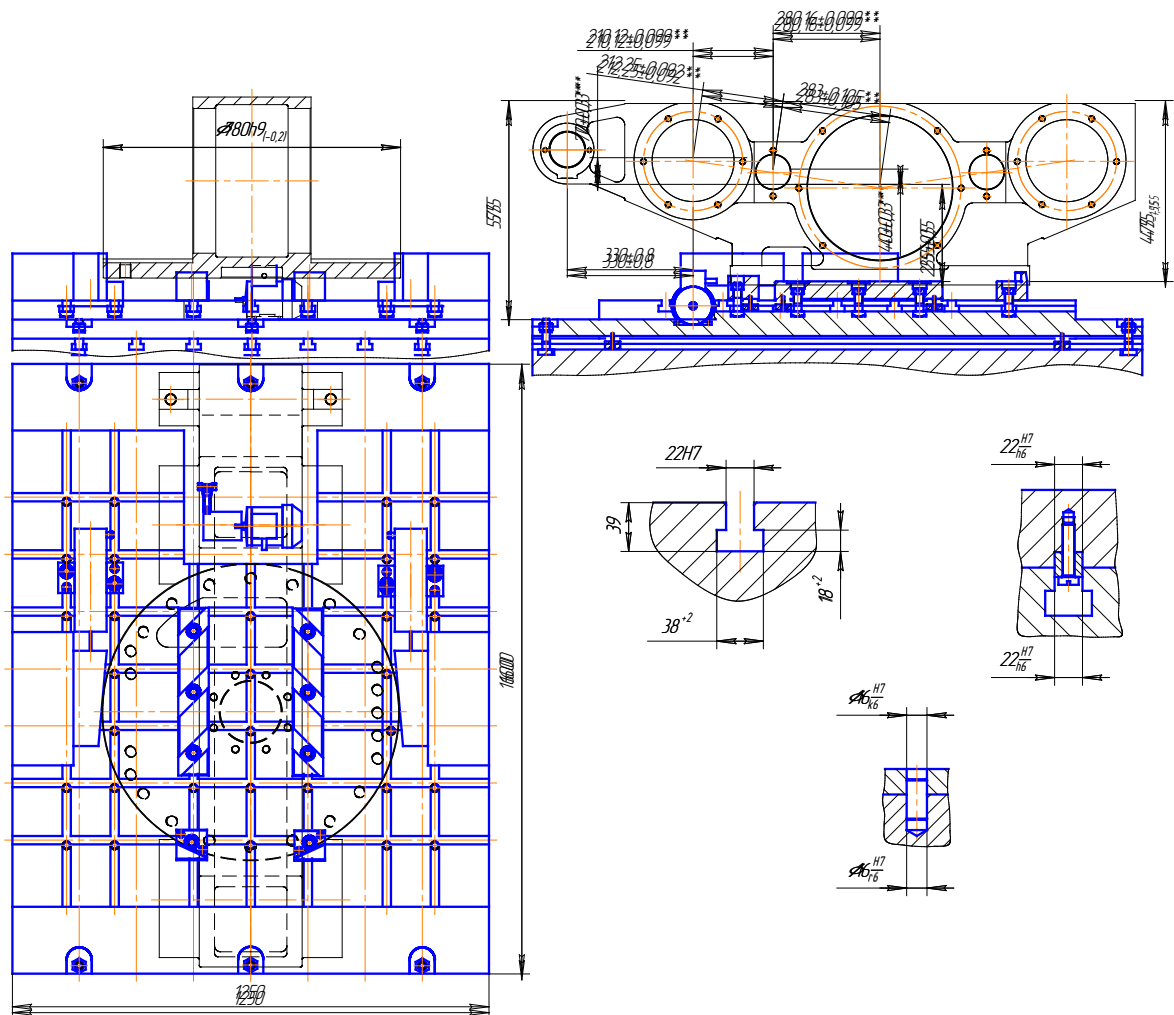


Рисунок 6.3 – Компонівка пристрою

6.1.6 Вибір засобів встановлення і визначення похибки розташування пристрою на верстат

Пристрій монтується на палету верстата моделі 2Б635 та центрується за допомогою двох циліндрів. Кріплення пристрою до палети здійснюється через різьбові з'єднання. Пристрій повністю розміщується на робочому столі верстата.

Необхідно виконати ескіз механізму встановлення пристрою на верстаті з зазначенням всіх конструктивних параметрів. Включаємо розміри та допуски, що визначають взаємне розміщення посадкових і опорних поверхонь в пристрої.

Стіл і палета оснащені Т-подібним пазом шириною 22 мм, а плита та стіл кріпляться один до одного шпонкою шириною 22 мм.

При монтуванні пристосування на стіл верстата виникає похибка його позиціонування через наявність зазору між пазом верстата та шпонкою пристрою. Цю похибку можна обчислити за допомогою відповідної формули

$$\delta_{p.n.} = S_{\max} \quad (6.3)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-03.06.КПВ	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		



де  $l$  – довжина оброблюваної деталі;  $L$  – відстань між шпонками;  $S_{\max}$  – максимальний зазор у сполученнях поверхонь, які базують.

Тоді:

$$\delta_{p.n.} = 0,035 \text{ мм.}$$

### 6.1.7 Розрахунок на точність верстатного пристрою

Загальна похибка обробки виникає внаслідок комплексного впливу різних чинників, що впливають на точність процесу обробки.

До таких чинників належать: похибки виготовлення та зносу елементів верстата, пристрою та інструмента, похибки деформації пристрою і заготовки як результат впливу різальних сил та інші. Кожен з цих чинників вносить свою частку в загальну похибку обробки.

При обробці заготовок у пристроях на налаштованих верстатах можна виділити наступні незалежні основні складові похибки:

$\delta_{\sigma}$  – похибка базування заготовки у верстатному пристрої;

$\delta_{p.n.}$  – похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті;

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

$\delta_z$  – похибка закріплення заготовки в пристрої;

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

$\delta_{n.p.}$  – похибка взаємного розташування у верстатному пристрою опорних елементів з базовими поверхнями деталі.

Загальна похибка пристрою визначається за формулою:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_{\sigma}^2 + \delta_{p.n.}^2 + \delta_{n.n.}^2 + \delta_z^2 + \delta_{n.n.}^2 + \delta_{zn}^2}, \quad (6.4)$$

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

Похибка базування деталі була знайдена вище і складає  $\delta_{\sigma} = 1,55$  мм.

Похибка розташування пристрою була знайдена вище і складає  $\delta_{p.n.} = 0,035$  мм.

Похибка взаємного розташування у верстатному пристрої опорних елементів з базовими поверхнями деталі знаходиться згідно з виразом

$$\delta_{n.p.} = (1/3 \dots 1/5) \cdot T, \quad (6.5)$$

де  $T$  – допуск розміру заготовки.

$$\delta_{n.p.} = \frac{1,15}{5} = 0,23 \text{ мм}$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.06.КПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



$$S_{\text{м.сп}} = 25 \cdot 3,5 + 6 \cdot 3,3 \cdot (1 + 0,2) = 111,26 \text{ грн.}$$

$$S_{\text{НСП}} = 111,26 \cdot (1 + 0,3) = 144,64 \text{ грн.}$$

$$P_{\text{НСП}} = 144,64 \cdot (0,5 + 0,2) = 101,25 \text{ грн.}$$

Визначаємо річну економію. Економія при використанні пристосувань здебільшого виникає через скорочення часу обробки на верстаті, тобто завдяки зниженню трудомісткості.

Зниження трудомісткості  $\Delta t_k$  на одну операцію

$$\Delta t_k = t_{k1} - t_{k2}, \quad (6.9)$$

де  $t_{k1}$ ,  $t_{k2}$  – штучно-калькуляційний час відповідно до та після оснащення.

За допомогою пристосувань економію на заробітній платі та витратах на експлуатацію обладнання можна розрахувати за допомогою формули:

$$\varepsilon = \Delta t_k (l_m + S_{\text{м.ч}}), \quad (6.10)$$

де  $S_{\text{м.ч}}$  – витрати на машино-годину роботи верстата, який оснащується даним пристосуванням.

В свою чергу

$$S_{\text{м.ч}} = S_{\text{м.чб}} \cdot k_m = 0,13 \cdot 0,4 = 0,052 \text{ грн./год.} \quad (6.11)$$

де  $S_{\text{м.чб}}$  – витрати на машино-годину роботи базового верстата;  $k_m$  – машино-коефіцієнт даного верстата;  $l_m$  – годинна тарифна ставка робітника.

Сумарна річна економія

$$\varepsilon_2 = \varepsilon \cdot N, \quad (6.12)$$

де  $N$  – кількість виробів на рік.

$$\Delta t_k = 0,65 - 0,48 = 0,17 \text{ год.};$$

$$\varepsilon = 0,17 \cdot (2,8 + 0,052) = 0,48 \text{ год.};$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon \cdot N = 0,48 \cdot 1500 = 720 \text{ год.}$$

Висновок: застосування даного кондуктора для обробки даних отворів виправдано.

## 6.2 Проектування контрольного пристосування

### 6.2.1 Розробка технічного завдання

Контрольні пристосування служать для перевірки точності виконання розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь деталей та вузлів машин. Високі вимоги точності обумовлюють необхідність застосування у контрольних пристосуваннях вимірювальних пристроїв високої точності.

Точність контрольного пристосування в значній мірі залежить від обраного методу вимірювання, рівня вдосконалення конструкції пристосування та точності виготовлення його складових частин.

На рисунку 6.4 представлено ескіз деталі, на якому вказано вимоги точності щодо відхилення форми або розташування поверхні.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.06.КПВ</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Контрольне пристосування буде спроектовано для перевірки торцевої биття поверхні відносно осі отвору А, відповідно до рисунку 6.4.

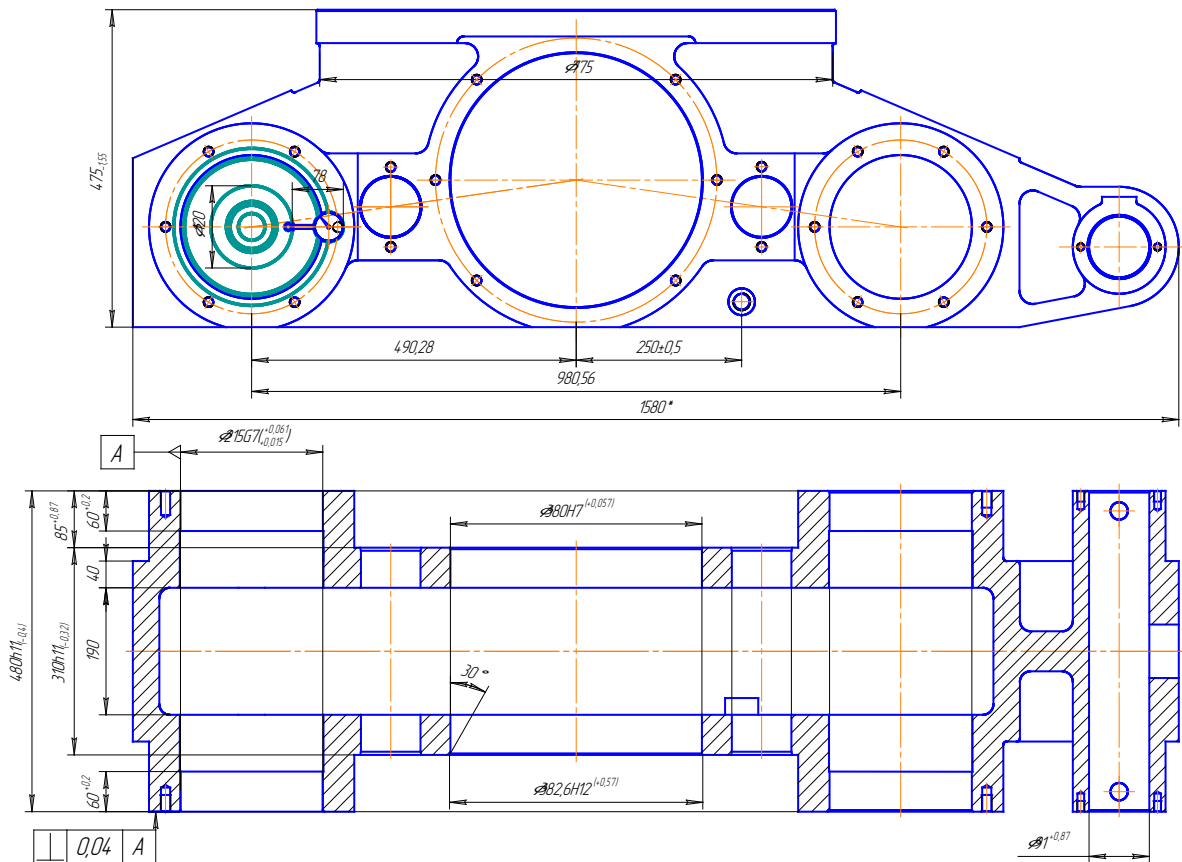


Рисунок 6.4 – Ескіз деталі

### 6.2.2 Етапи проектування пристрою

Пристрій базується по внутрішній циліндричній поверхні і обертається навколо осі.

Розроблюємо схему базування деталі при виконанні контролю. Плоска поверхня на схемі базування є установчою базою, яка позбавляє деталь трьох ступенів вільності.

Згідно розробленої схеми контролю та схеми базування вибираємо і проектуємо установочні елементи пристрою. Компонівку пристрою зображаємо на рисунку 6.6.

Вибираємо контрольний прилад. Вибір засобів контролю слід здійснювати з урахуванням допустимої похибки вимірювання. Контрольний прилад повинен бути обраний з точністю, що в кілька разів перевищує вимоги, зазначені на робочому кресленні деталі. Таким чином вибираємо електронний індикатор TESA DIGICO 10 (рисунок 6.5), параметри якого приводимо в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристика контрольного приладу

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.06.КПВ</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Найменування механізму	Тип головки	Ціна поділки, мм	Похибка, мкм
TESA DIGICO 10	Поздовжня багатообертова	0,001	2

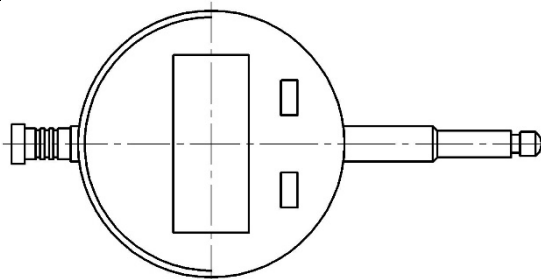


Рисунок 6.5 – Ескіз контрольного приладу

Згідно раніше спроектованих установочних елементів і вибраного контрольного приладу виконуємо компоновку контрольного пристосування.

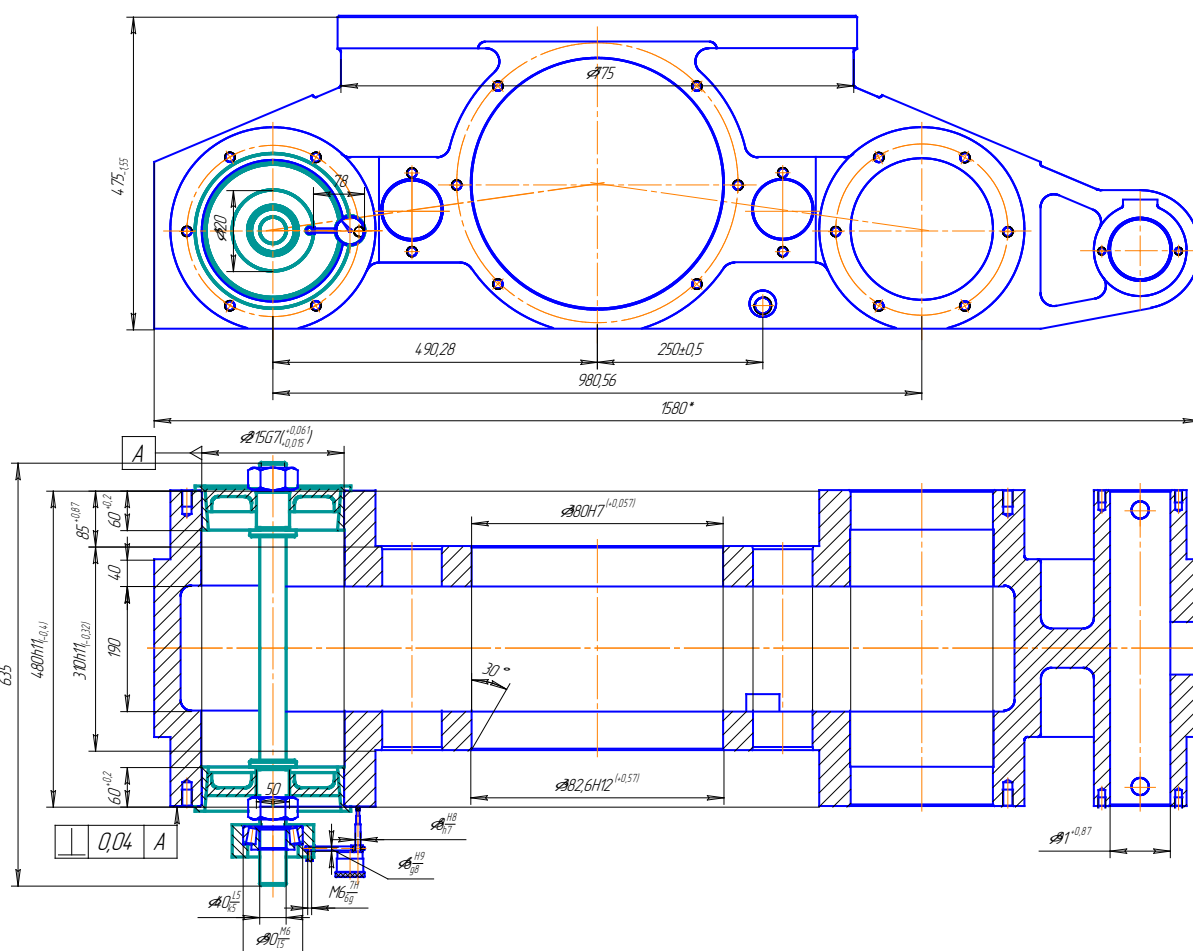


Рисунок 6.6 – Компоновка пристрою

### 6.2.3 Розрахунок точності контрольного пристрою

Обираємо допустиму похибку вимірювання, яка дорівнюватиме 25% від допуску на вимірюваний розмір. Отже,

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.06.КПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$[\Delta] = 0,2 \cdot T = 0,2 \cdot 0,1 = 0,02 \text{ мм} \quad (6.13)$$

Визначаємо точність контрольного пристосування.

Після аналізу пристрою можна зробити висновок, що вираз для обчислення сумарної похибки вимірювання матиме наступний вигляд:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.э.} + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_{ин}^2}, \quad (6.14)$$

де  $\Delta_{сл}$  – випадкова похибка, приймається від 3 до 5 % допуску вимірювального розміру:

$$\Delta_{сл} = 0,03 \cdot T = 0,03 \cdot 0,1 = 0,003 \text{ мм}; \quad (6.15)$$

$\Delta_{ин}$  – похибка вимірювального пристрою ( $\Delta_{ин} = 0,002$  мм).

Отже,

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.э.} + \sqrt{0,003^2 + 0,002^2} = \Delta_{y.э.} + 0,004 \text{ мм}$$

Проводячи порівняння сумарної похибки до допустимої похибки, отримаємо

$$0,02 = \Delta_{y.э.} + 0,004, \quad \Delta_{y.э.} = 0,016 \text{ мм.}$$

Таким чином площинність плити не повинна перевищувати 0,016 мм.

Сумарна похибка пристосування знаходиться в межах допустимої похибки вимірювання.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.06.КПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 7 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

## 7.1 Формування вихідних параметрів механічної дільниці цеху

Як вихідні дані приймаємо раніше згадані значення, значення з нормативної документації та підбираємо необхідні підйомно-транспортні засоби згідно рисунку 7.1.

Марка матеріалу	Маса деталі		Маса заготовки	Вартість 1 кг матеріалу	Вартість 1 кг відходів	Режим роботи цеха(змін)	Річна програма випуску					
35Л	650		747,5	38	8	2	1500					
Річний дійсний фонд роботи верстату год. $F_{\text{д}}$	Нормативний коефіцієнт завантаження, $\eta_{\text{з}}$	$am$ для верстатів	$am$ для підй.-тр. уст.	$am$ для верстатів	$am$ для підй.-тр. уст.	Вартість інструменту для складання	Коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, $K_{\text{м-з}}$	$K_0$				
4015	0,8	0,04	0,05	0,05	0,07	2,5	0,06	0,065				
$h_c$	$h_m$	$q_v$	$D$	$\mu_0$	$q_n$	$\mu_{c.n.}$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_n$	$H$	$F_{\text{д}}$ робітника
0,95	0,87	15	260	13	18	4	25	35	40	30	4320	1820
Відомість операцій												
№	Операції	Тим, хв	Трудоміскість год. Тр	Вестати	Габаритні розміри мм	Маса кг	Норматив площі м <sup>2</sup>	Ціна тис.грн	Потужність кВт	Коефіцієнт багатOVERSTATНОСТІ, $K_0$		
030	Поздовжньо-фрезерна	8,6	835,20	6М606	12500x6500x5800	49500	500	160	37	1		
035	Токарна з ЧПК	19,71	1 606,15	1А525МФ3	6540x6090x5300	47000	30	90	55	1		
040	Поздовжньо-фрезерна	42,622	3 772,30	6М606	12500x6500x5800	49500	500	45	37	1		
045	Горизонтально-розточувальна	45,31	1 269,80	2Б635	7500x3500x3765	26700	200	45	14	1		
050	Горизонтально-розточувальна	28,17	3 966,70	2Б635	7500x3500x3765	26700	200	45	14	1		
055	Радіально-свердлувальна	84,34	2 141,53	2М55Ф2	4500x3700x3500	8000	20	90	4	1		
Всього			13 591,68									
Підйомно-транспортні засоби												
Найменування	Модель		Кількість	Вага	Потужність кВт	Ціна тис.грн						
Електрокар	ЕП 006		2	1600	3,6	150						
Кран балка	КБ 0,5-20		1	18000	18	200						
Всього			3									

Рисунок 7.1 – Вихідні дані

## 7.2 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проводимо загальний розрахунок технічного обладнання (рисунок 7.2):

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.07.0ЕПВ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Дуденко				Організаційно- економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Цивінда							
Реценз.								
Н. Контр.	Нечасів					Каф. ТМ, гр. ПМ-23м		
Затверд.	Рязанцев							

Модель верстата	Тр, год	Sp	Sn	η, %
6М606	835,20	0,13	1	13,00%
1А525МФ3	1 606,15	0,25	1	25,00%
6М606	3 772,30	0,59	1	58,72%
2Б635	1 269,80	0,96	1	96,00%
2Б635	3 966,70	0,62	1	61,75%
2М55Ф2	2 141,53	0,33	1	33,34%
<b>Всього</b>	<b>13 591,68</b>		<b>5</b>	
<b>Середнє значення</b>				<b>47,97%</b>
Підйомно-транспортні засоби				
Модель	Повна вага	Повна потужність	Повна ціна	
ЕП 006	3200	7,2	300	
КБ 0,5-20	18000	18	200	
<b>Всього</b>	<b>21200</b>	<b>25,2</b>	<b>500</b>	
Інформація про верстатне устанкування				
Модель	Повна площа	Повна ціна	Повна потужність	
6М606	500	160	37	
1А525МФ3	30	90	55	
6М606	500	45	37	
2Б635	200	45	14	
2Б635	200	45	14	
2М55Ф2	20	90	4	
<b>Всього</b>	<b>1450</b>	<b>475</b>	<b>161</b>	

Рисунок 7.2 - Розрахунок технічного обладнання

Розраховуємо площу ділянки згідно нормативної документації та відомих величин (рисунок 7.3):

Службове призначення площі	Норматив	Розмір, м2
Основна виробнича		1450
Допоміжна	35%	507,5
Санітарно-побутова і адміністративно-господарська	20%	391,5
<b>Всього</b>		<b>2349</b>
Вартість будівлі ділянки		
Елементи розрахунку	Виробнича	Санітарно-побутова
Витрати на 1 м3, грн.	100	545
Площа, м2	1957,5	391,5
Висота, м	6	2,6
Об'єм, м3	11745	1017,9
Вартість, тис грн	1174,50	554,76
Вартість будівель, тис. грн.	1729,26	

Рисунок 7.3 - Площа ділянки

Розраховуємо вартість основних виробничих фондів (рисунок 7.4):

						Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-03.07.0ЕПВ	



<i>Вб</i>	<i>Врм</i>	<i>Втр</i>	<i>Вс</i>	<i>Вп.п.</i>	<i>Вс.м</i>	<i>Впрп</i>	<i>Вінст</i>	<i>Вінв.</i>
1729,26	517,75	560	605,24	350,17	6,52	86,74	117,35	6,44
Найменування групи основних фондів	Первісна вартість на початок року, тис. грн.	Річна норма амортизації, %	Величина амортизаційних відрахувань, тис. грн.	Первісна вартість на кінець року, тис. грн.				
Будівлі, споруди та передатні пристрої	2684,67	2,50%	67,12	2617,55				
Верстатне устаткування	517,75	6,67%	34,53	483,22				
Підйомно-транспортне устаткування	560	10,00%	56,00	504,00				
Силове електротехнічне обладнання	6,52	14,29%	0,93	5,59				
Вимірювальні і регулюючі прилади, інструмент і пристрої	204,09	20,00%	40,82	163,27				
Виробничий інвентар	6,44	20,00%	1,29	5,15				
<b>Всього</b>	<b>3979,47</b>		<b>200,69</b>	<b>3778,78</b>				
<i>Вср.р</i>								
3879,13								

Рисунок 7.4 - Вартість основних виробничих фондів

Прораховуємо нагальну потребу у матеріалах задля виконання річної програми виготовлення (рисунок 7.5):

<i>ЦМ</i>	<i>МВосн</i>	<i>МВдоп</i>					
40,28 УАН	40 443,00	6 066,45					
Вартість основних матеріалів							
Матеріал	Матеріал на програму, кг	Загальна вартість матеріалу, тис. грн	Відходів на одиницю, кг	Відходів на програму, кг	Загальна вартість відходу, тис. грн	Вартість основних матеріалів на програму, тис. грн	Вартість основних матеріалів в на одиницю, грн
35ЛІ	975 000,00	39 273,00	97,50	146 250,00	1 170,00	38 103,00	25 402,00
<i>Мвдоп/од</i>							
4 044,30							

Рисунок 7.5 - Потреби в матеріалах

Рахуємо енергетичні витрати для виробничих та невиробничих цілей (рисунок 7.6):

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.07.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Для виробничих цілей			Для не виробничих цілей		
<i>W</i>	<i>Be</i>		<i>W</i>		
47 035,49	16,46		3,21		
<i>Q</i>	<i>Ввод</i>		<i>Q</i>	<i>Ввод</i>	
101,40	0,30		1 352,00	4,06	
<i>Sc.n.</i>	<i>Bc.n.</i>		<i>K</i>	<i>Bn</i>	
37 440,00	2,81		244,30	9,28	

Рисунок 7.6 - Енергетичні витрати

Проводимо розрахунок щодо чисельності робочого персоналу (рисунок 7.7, 7.8):

Модель устаткування	<i>Tr</i>	Найменування професії	Кількість р. розрахункова	Кількість р. прийнята	Допоміжні робітники по ремонту та обслуговуванню устаткування, розрах.	КСС (керівники, спеціалісти та службовці) розрах.	Розподіл по розрядам	Тарифна ставка	Тарифний ФОП основних робочих	Тарифний ФОП допоміжних робочих
6М606	835,20	фрезерувальник		6	2	0,72	4	18,768	0,00	
1А525МФ3	1 606,15	токарь		2	0,67	0,24	5	19,354	0,00	
6М606	3 772,30	фрезерувальник		2	0,67	0,24	4	18,768	0,00	
2Б635	1 269,80	токарь		2	0,67	0,24	4	18,643	0,00	
2Б635	3 966,70	токарь		3	1	0,36	5	19,354	0,00	
2М55Ф2	2 141,53	оператор		3	1,00	0,36	4	18,768	0,00	
									0,00	
Персонал			По змінах							
Категорія працюючих	Кількість	В % від кількості працюючих	I	II						
Основні виробничі робітники	18	69,23%	9	9						
Допоміжні робітники по ремонту та обслуговуванню устаткування	6	23,08%	3	3			3	6,365		69,51
КСС (керівники, спеціалісти та службовці)	2	7,69%	1	1						
<b>Всього</b>	<b>26</b>	<b>100,00%</b>	<b>13</b>	<b>13</b>						

Рисунок 7.7 – Розрахунок діючого персоналу

					КНУ.КМР.131.24.1-03.07.0ЕПВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Категорія працюючих	Основні виробничі робітники	Допоміжні робітники	КСС
Основна заробітня плата, тис. грн	258,20	69,51	336,00
За керівництво бригадою	0,00	0,00	0,00
За роботу у вечірній час	51,64	13,90	67,20
Оплата відпусток	21,52	5,79	28,00
Премії	90,37	20,85	84,00
Усього додаткова заробітня плата	163,52	40,55	179,20
Загальний фонд заробітньої плати	421,72	110,05	515,20
Кількість робітників	18	6	2
Середньомісячна зароб. плат. одного прац.	1 952,41	1 528,48	21 466,67
<b>Округленні значення</b>	<b>1 953</b>	<b>1 529</b>	<b>21 467</b>

Рисунок 7.8 - Чисельність персоналу

Розробляємо фінансовий план майбутньої роботи (рисунок 7.9 та 7.10):

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.07.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

I. Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	
Номер і найменування статті витрат	Визначення витрат, тис. грн
1. Витрати на виробництво:	
а) на силову електроенергію	19,57
б) стиснене повітря	
в) на воду	
2. Допоміжні матеріали	6 066,45
3. Основна заробітна плата допоміжних робітників з обслуговування устаткування	69,51
4. Додаткова заробітна плата допоміжних робітників	40,55
5. Вирахування на соцстрах (37,5%)	41,27
6. Амортизаційні відрахування (при роботі в дві зміни)	
а) на обладнання (металорізальні верстати, підйомно-транспортне обладнання та ін.)	132,28
б) на інструмент та пристрої	
7. Утримання устаткування	5,42
8. Утримання, ремонт, оновлення малоцінного інструменту та пристроїв	5,64
9. Поточний ремонт	48,79
<b>Всього</b>	<b>6 429,48</b>

Рисунок 7.9 - Витрати на утриманням та експлуатацією устаткування

II. Витрати на управління	
Номер і найменування статті витрат	Визначення витрат, тис. грн
1. Основна заробітна плата КСС	336,00
2. Додаткова заробітна плата КСС	179,20
3. Відрахування на соціальні заходи (37,5%)	193,20
4. Утримання будівель та споруд	
а) електроенергія та освітлення;	97,09
б) вода на побутові потреби;	
в) пара на опалення;	
г) матеріали та інші видатки.	
5. Амортизаційні відрахування	
а) на будівлі та споруди;	109,22
б) на передаючі пристрої;	
в) на інвентар	
6. Поточний ремонт будівель та споруд	53,69
7. Утримання, ремонт і оновлення інвентарю	0,39
<b>Всього</b>	<b>968,79</b>

Рисунок 7.10 - Витрати на управління

Розрахуємо загальну собівартість річної програми (рисунок 7.11):

					КНУ.КМР.131.24.1-03.07.0ЕПВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Показники	Станина	
	На одиницю, грн	На загальний обсяг, тис. грн
1. Основні та допоміжні матеріали	2 035,39	38 103,00
2. Основна заробітна плата основних робітників	172,13	258,20
3. Додаткова заробітна плата основних робітників	109,02	163,52
4. Відрахування на соц. страхування (37,5%)	105,43	158,14
5. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	4 286,32	6 429,48
6. Витрати на управління	645,86	968,79
7. Дільнична собівартість	30 720,76	46 081,14
8. Загальнозаводські витрати	10 752,26	16 128,40
9. Виробнича собівартість	41 473,02	62 209,53
10. Адміністративні витрати	1 658,92	2 488,38
11. Витрати на збут	2 695,75	4 043,62
<b>12. Повна собівартість</b>	<b>45 827,69</b>	<b>68 741,53</b>

Рисунок 7.11 - Калькуляція собівартості

Підсумуємо та проаналізуємо всі річні витрати за типами (рисунок 7.12):

Тип витрат	Сума, тис. грн.	ПВ, %
Матеріальні витрати	44 169,45	64,25%
Витрати на оплату праці	1 046,97	1,52%
Відрахування на соціальне страхування	392,61	0,57%
Амортизація	200,69	0,29%
Інші	22 931,81	33,36%
<b>Всього</b>	<b>68 741,53</b>	<b>100,00%</b>

Рисунок 7.12 - Кошторис витрат

Отримані розрахунки коректні та узгоджені для початку виконання програми.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.07.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 8 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ

Під геометричними погрішностями розуміють погрішність верстата, обумовлені шляхом випробування його в ненавантаженому стані при повільному, від руки, переміщенні його частин. Загалом кажучи, норми точності верстатів і методи випробування їх отсортовані. Тому нижче звернена увага лише на деякі особливості, властиві фрезерним верстатам.

Таким чином головні причини, які обумовлюють виникнення похибок обробки фрезерних верстатів

- Геометрична неточність верстатів в ненавантаженому стані;
- Неточність мірного і продільного інструменту і пристроїв;
- Знос інструменту;
- Деформація гнучкої системи: верстат-деталь-інструмент і зазори між її ланками;
- Температурні деформації верстату, оброблюваної деталі і інструменту;
- Деформації під дією внутрішніх напруг, які виникають в металі в процесі одержання заготовок і в процесі їх обробки;
- Непрофесіоналізм робочого.

Геометричні погрішності верстата не роблять впливу на розмір деталі, а позначають лише її форми. Розглянемо спочатку погрішність форми в поперечному напрямку, а потім у повздовжньому.

Метою даної науково-дослідницької роботи є дослідження похибок, які виникають при торцевому фрезеруванні і виявлення можливості використання швидкісного торцевого фрезерування поверхні корпусу.

### 8.1 Геометричні погрішності форми в поперечному напрямку

Неперпендикулярність осі шпинделя до площини стола верстата в поперечному його напрямку обумовлює одержання верхньої деталі, не паралельної столу. На рисунку 8.1 показаний метод випробування та результати спостережень, проведених на верстаті Р.

Залежно від ступеня затягування бовтів, за допомогою яких шпиндельна бабка кріпиться до станини, нахил поверхні виходить різним.

На рисунку 8.1 угорі наведені дані спостережень при нормальному затягуванні болтів кріплення, а внизу – при особливо ретельному.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.08.КОЕПР</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.	Дуденко				Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цивінда							
Реценз.								
Н. Контр.	Нечасів					Каф. ТМ, гр. ПМ-23м		
Затверд.	Рязанцев							

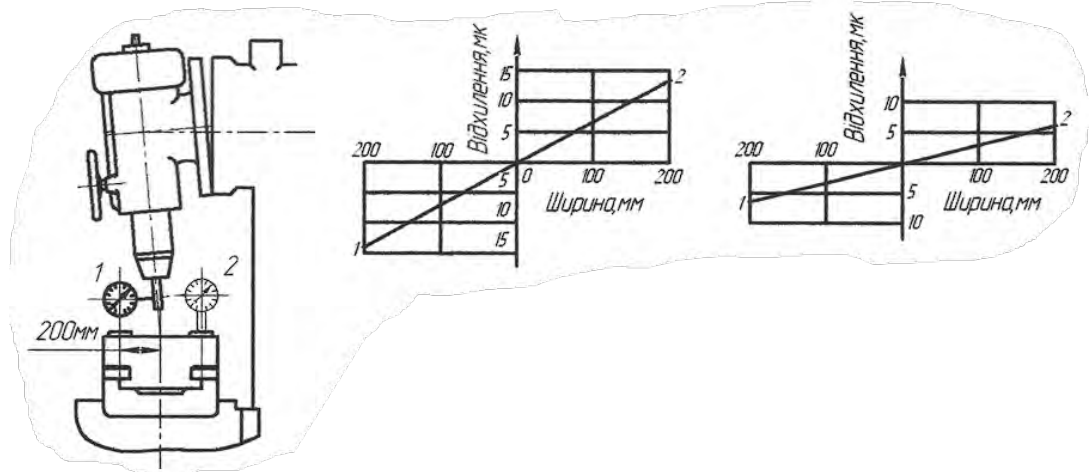


Рисунок 8.1 – Вплив перекосу шпинделя від нерівномірного затягування болтів та розташування поверхні, що піддається обробці

Як видно, нахил не великий: у першому випадку 7 мкм на 100мм ширини оброблюваної поверхні, а в другому – 4 мкм. Треба, однак, помітити, що при випробуванні вісь шпинделя була розташована в площині симетрії столу, як це зазначено на рисунку 8.1. Переміщення столу вправо або вліво від цього положення викликає появу додаткових погіршень.

Вплив деформацій верстата, пов'язаних з переміщенням столу, також позначається на формі деталі в поперечному напрямку. При поперечному переміщенні столу переміщається центр ваги системи, що викликає зміни у величині пружних деформацій. Внаслідок цього вісь шпинделя щодо площини столу не буде залишатися під колишнім кутом, що, у свою чергу, обумовлює нахил обробленої поверхні.

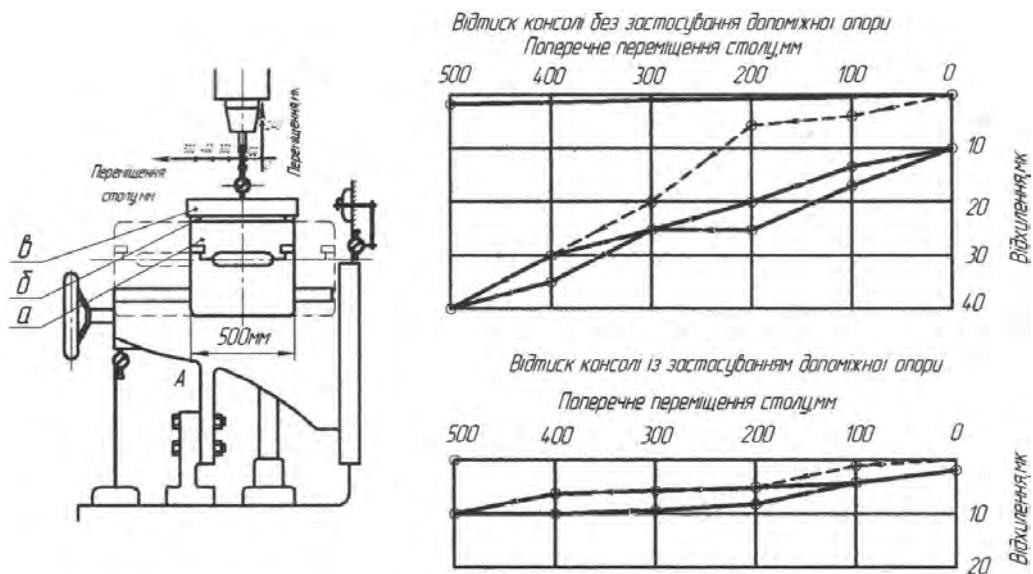


Рисунок 8.2 – Вплив деформації верстата, зв'язаний з переміщенням столу в поперечному напрямку

Як ілюстрація приведено спостереження, поведені на вже згаданому верстаті Р.

Зміна відтиску системи при поперечному переміщенні столу визначалося за допомогою індикаторів 1 і 2. При цьому індикатор 2 не показав яких-небудь відхилень, тоді як показання індикатора 1 мінялись залежно від положення столу. Також наведені характеристики відтиску кінця консолі при незакріпленій і закріпленій додатковій опорі А. Як видно, величина їх в останньому випадку значно менше. Найбільший нахил становить 10 мкм на 500 мм ширини у випадку застосування додаткової опори й 40 мкм на 500 мм при незакріпленій опорі.

Під зубом фрези величина відтиску буде приблизно у два рази менше спостережуваного в кінці консолі. Таким чином, погрішність обумовлюється впливом ваги толу, незначна.

Аналізуючи всі вищенаведені дані, можна переконатися, що при роботі на розглянутому верстаті Р с закріпленою додатковою опорою геометричні погрішності форми й розташування в поперечному напрямку не перевищують 8 мкм на 100 мм ширини оброблюваної площини.

## 8.2 Знос ріжучого інструменту

Залежність зношування від шляху різання при обробці сталі 35Л однозубою фрезою, представлена на рисунку 8.3.

Обробка велася фрезою діаметром 200 мм при ширині фрезерування  $B = 80$  мм, глибині різання 1 мм і подачі 0,1 мм/зуб. Розташування фрези щодо оброблюваної поверхні – симетричне.

Як видно із представлених залежностей, зношування в межах перших 560 м шляху різання протікає більш інтенсивно, ніж надалі. Однак з метою спрощення розрахунків, вважаємо його пропорційним шляху різання (лінійна залежність). Для можливості порівняння зношування в різних умовах визначене також відносне зношування (зношування, віднесене до тисячі метрів шляху різання).

Вплив неоднорідності властивостей оброблюваного матеріалу в межах партії й матеріалу різального інструменту, що викликає відхилення фактичної закономірності від прийнятої нами лінійної, можна врахувати як випадкову погрішність. Використовуючи отримані дані (рисунок 8.3), а також дані інших дослідників, можна цю випадкову частину представити у вигляді кривої розподілу з полем розсіювання приблизно 10 мкм. У тому випадку, коли коливання характеристик матеріалів більш значні, варто очікувати, що величина випадкової погрішності буде що більшою.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.08.КОЕПР</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



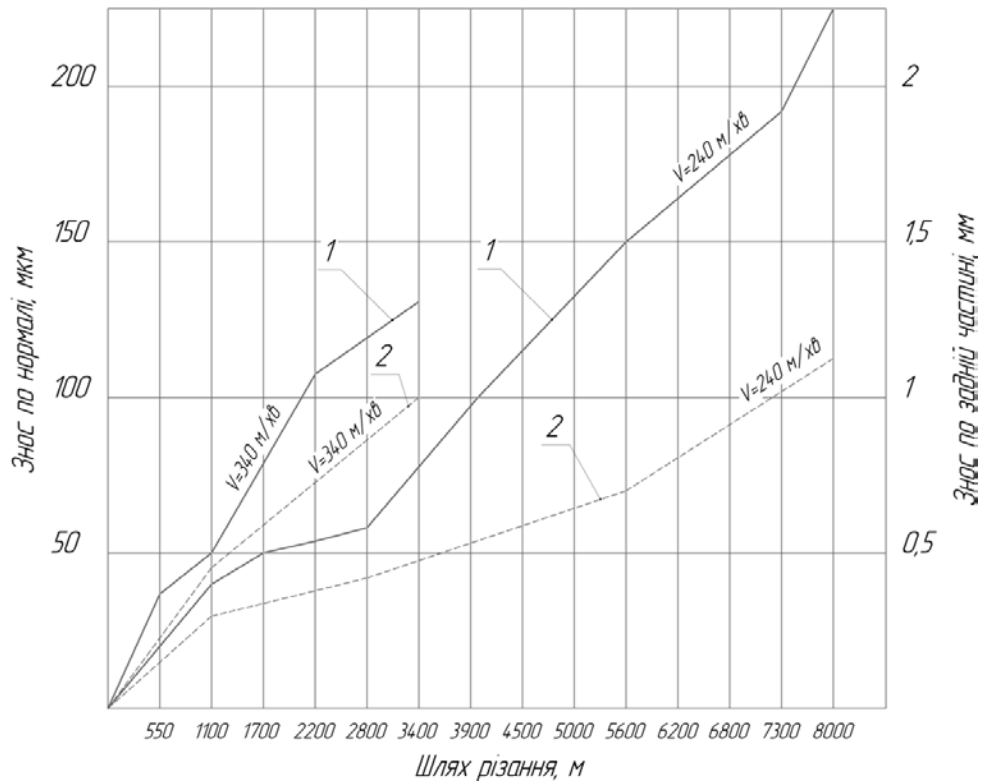


Рисунок 8.3 – Залежність зношення зуба фрези від шляху різання  
1 – знос по нормалі; 2 – знос по задній частині

Швидкість різання впливає на систематичну частину погрішності. На рисунку 8.4 представлена залежність відносного зношування від швидкості різання при обробці сталі 35Л різцями марки Т15К і чавуну – різцями ВК8.

Зі збільшенням швидкості різання величина відносного зношування при фрезеруванні спочатку зменшується й досягає оптимального значення порядку 15 – 20 мкм, що відповідає обробці сталі 35Л при швидкості різання близько 150 м/хв.

При подальшому збільшенні швидкості величина відносного зношування збільшується.

На тій же фігурі дана характеристика зношування різця Т15К при гострінні аналогічного матеріалу. Як видно, зношування при фрезеруванні перевершує зношування при гострінні. Це пояснюється переривчастим характером процесу різання при фрезеруванні.

					КНУ.КМР.131.24.1-03.08.КОЕПР	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

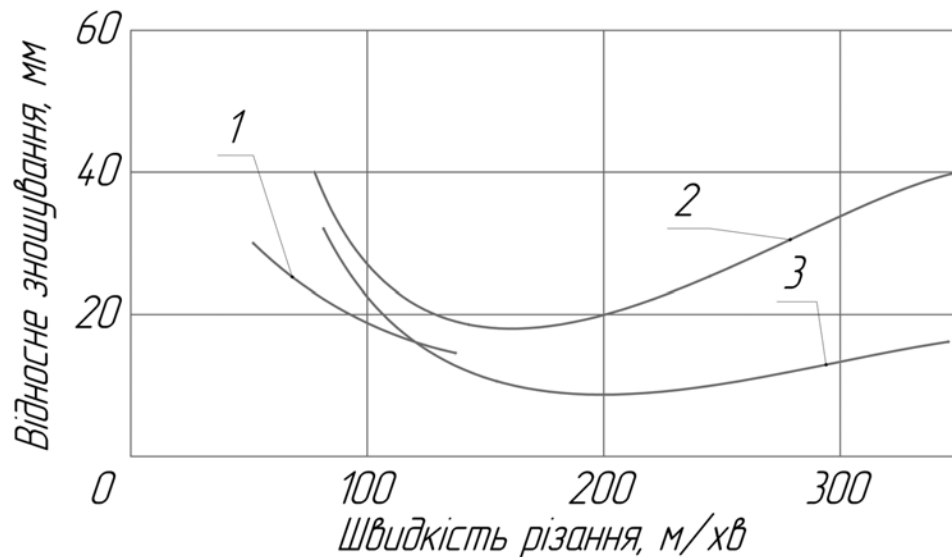


Рисунок 8.4 – Залежність відносного зношення від швидкості різання  
1 – фрезерування чугуну; 2- фрезерування сталі; 3 – точіння сталі

Слід зазначити, що безпосереднього зв'язку між зношуванням у нормальному напрямку й по передній і задній гранях, що визначає стійкість інструменту, не спостерігалось. На рисунку 8.3 була показана залежність зношування в нормальному напрямку й по задній грані різця від шляху й швидкості різання. За критерій притуплення, при встановленні стійкості, бралось зношування по задній грані, величиною 1,1 мм. При тому самому притупленні, що характеризує стійкість інструменту, величина нормального зношування при більших швидкостях менше по своїй величині, ніж при менших швидкостях.

### 8.3 Зношення багатозубого інструмента

Крім факторів, що роблять вплив на зношення інструменту з одним лезом при роботі багатолезовим інструментом необхідно враховувати деякі нові обставини.

Вплив числа зубів на відносне зношування кожного із зубів – при цьому зберігався колишній діаметр фрези й постійна подача на зуб, рівна 0,1 мм, як і в досвідах з однозубою фрезою. Для проведення випробування установка зубів у корпусі фрези вироблялася з точністю, що забезпечує торцеве й радіальне биття не понад 0,01 мм. Як видно, зі збільшенням числа зубів фрези відносне зношування має тенденцію до зниження.

Діаметр фрези майже не робить впливу на зношування. Очевидно, на інтенсивність зношування впливає не діаметр фрези й не число зубів безпосередньо, а частота, з якої зуби вступають у процес різання.

Вплив торцевого биття ріжучих крайок приводить до нерівномірного їх зношування. Більш виступаючі зношуються як правило, інтенсивніше.

Проведений досвід показав, що зуби фрези, що мають первісне. Торцеве биття, зазначене на рисунку 8.5 у послідовності їхнього розташування до моменту притуплення, що характеризується зношуванням по задній грані із

					КНУ.КМР.131.24.1-03.08.КОЕПР	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

шириною площадки в 1 мм, майже не мали торцевого биття. При цьому було оброблено сорок деталей зі сталі 35Л довжиною 700 і шириною 80 мм кожна. Обробка велася фрезою, що має вісім зубів, армованих сплавом Т15ДОб, зі швидкістю різання 340 м/хв. і подачею на зуб 0,08 мм.

На тій же фігурі зазначене відносне зношування до кожного із зубів окремо. Середнє відносне зношування можна прийняти рівним 30 мкм. Як видно, це зношування близьке по величині до відносного зношування при відсутності торцевого биття; зношування виступаючого зуба значно його перевищує.

Є підстави припускати, що у виступаючого зуба закономірність зношування від шляху різання відрізняється від тієї прямолінійної залежності, що була прийнята нами при роботі одним лезом. У першому наближенні, однак, його можна вважати пропорційним шляху, але із трохи більшим значення величини відносного зношування биття, тобто вважати його рівним:

$$u_{об.} = ku_0,$$

де:  $u_{об.}$  – відносне зношування виступаючого зуба;

$u_0$  – відносне зношування багатолезової фрези при відсутності биття;

$k$  – коефіцієнт, що враховує величину торцевого биття.

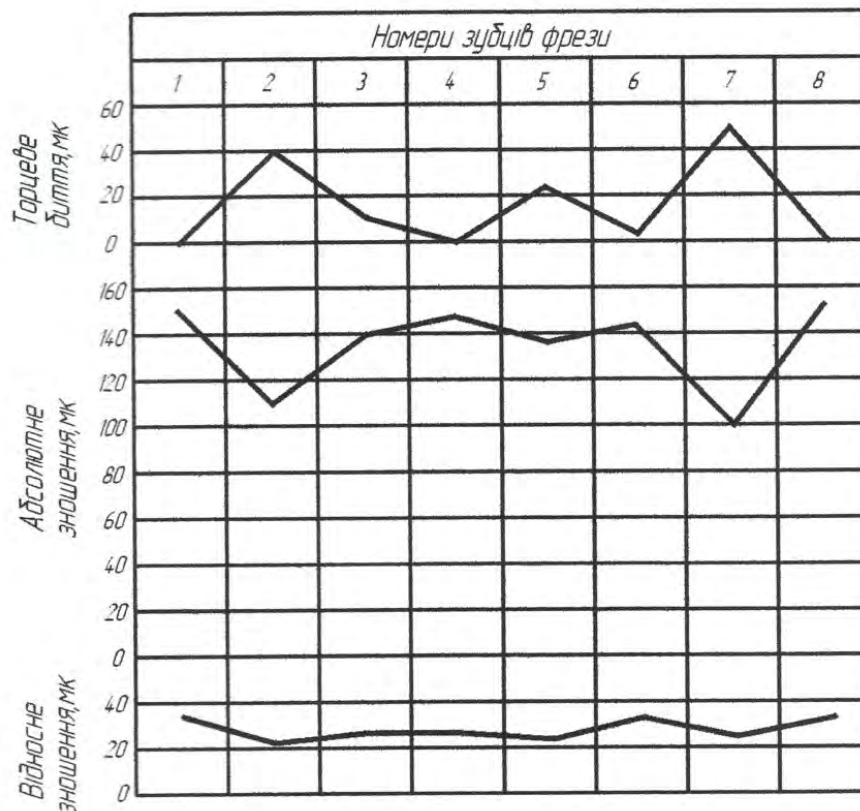


Рисунок 8.5 – Зношення зубців багатозубої фрези

В умовах вищенаведеного досвіду цей коефіцієнт  $k$  був рівним 1,3. При торцевому й радіальному биттях, відмінних від наведених, варто очікувати й іншого значення коефіцієнта  $k$ , більшого при збільшеному битті й сягаючого до одиниці при відсутності такого.

					КНУ.КМР.131.24.1-03.08.КОЕПР	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Збільшення числа зубів фрези при обробці незмінної площі різко зменшує зношування, тому що при незмінній подачі на зуб довжина шляху зуба в металі скорочується пропорційно числу зубів. Деякий відступ від пропорційності обумовлюється впливом зміни відносного зношування внаслідок наявності биття зубів. Збільшення числа зубів зменшує число піднастроек верстата й, крім його, позначається сприятливо на точності форми деталі.

Тим часом у багатьох випадках практики, наприклад при визначенні виправлень до розміру статичного настроювання, знання окремих складових загальної деформації не є обов'язковим. У таких випадках сумарні відтиску можна визначити за допомогою методу східчастого різання.

Сутність цього методу полягає в тому, що за один прохід інструмента із заготівлі послідовно знімаються стружки з різною глибиною різання (при однакових подачах). Тоді в місцях: переходу від однієї глибини різання до іншої внаслідок зміни зусилля різання й пов'язаних з ним відтиску системи верстат-деталь-інструмент вийде зміна розміру, що залежить тільки від зміни відтиску.

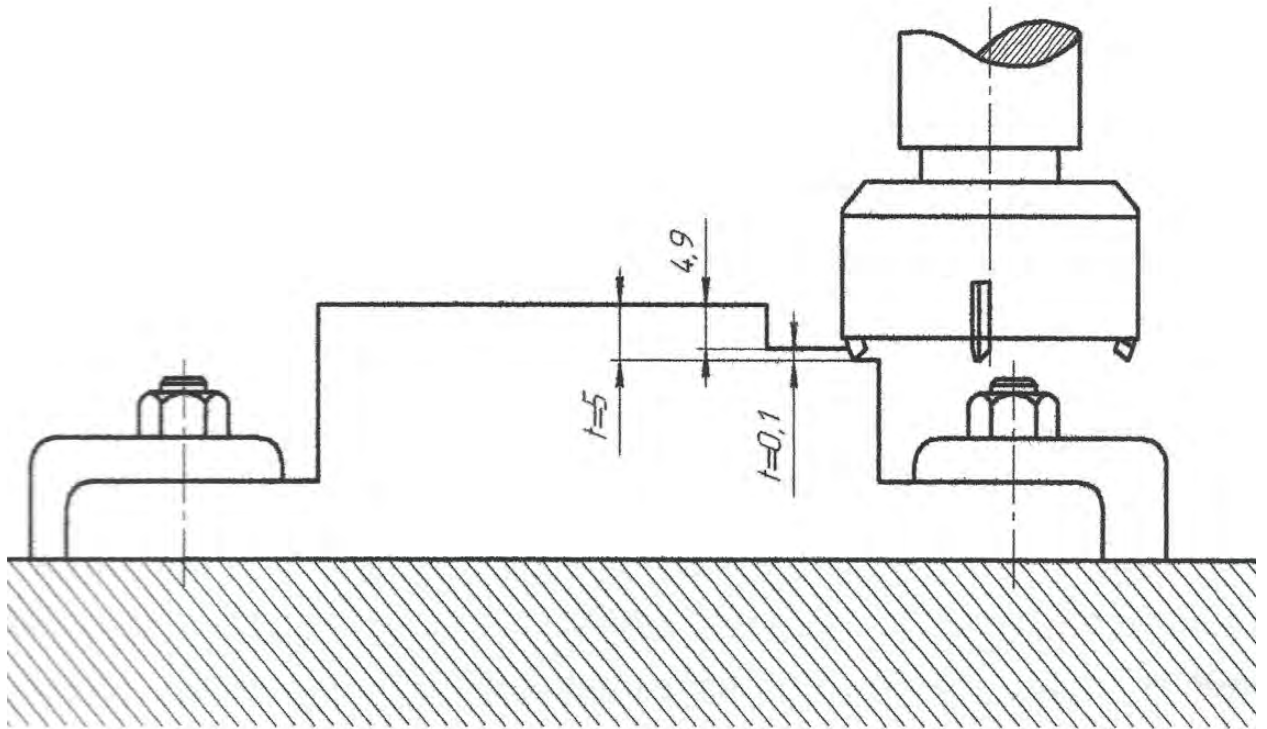


Рисунок 8.6 – Визначення сумарної міцності за методом ступінчатого різання

Для перевірки цього методу на стіл верстата Р установлювався зразок у формі бруса. При підготовці до досліду брус оброблявся на довжині 15 – 20 мм із глибиною різання 4,8 – 4,9 мм так, що на поверхні утворювалася сходишка (рисунок 8.6). Потім вироблялося різання в один прохід, причому глибини різання виходили рівними  $t_1=5$  мм і  $t_2=0,1$  мм. У місці переходу від однієї глибини різання до іншої знімалася профілограма, на якій можна було ясно помітити сумарний відтиск.

					КНУ.КМР.131.24.1-03.08.КОЕПР	Лист
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Умови обробки були наступні: діаметр фрези 200 мм, подача на зуб 0,15 мм, глибини різання  $t_1=5$  мм і  $t_2=0,1$  мм, виліт пинолі 240 мм, швидкість різання 240 м/хв. Фреза встановлювалася щодо середини деталі несиметрично.

Крім пружних деформацій самої деталі, внаслідок пружності стикових з'єднань, під впливом зусилля різання відбувається додаткова зміна положення деталі щодо верстата. Величина опади закріпленої деталі під впливом одного лише вертикально складового зусилля різання  $P_y$ , прикладеної до середини деталі буде дорівнювати:

$$y_2 = \frac{P_y}{k_1 + k_2}$$

де  $k_1$  – коефіцієнт твердості стику;

$k_2$  – коефіцієнт твердості затискного пристрою.

Як видно з наведеної формули, при тому самому зусиллі величина відтиску залежить від твердості як стику, так і затискного пристрою.

У дійсності в процесі різання беруть участь і інші складові –  $P_x$  і  $P_z$ , що змінюються як по величині, так і по місцю їхнього додатка, внаслідок чого картина відтисків значно ускладнюється.

#### 8.4 Визначення сумарних відтисків методом східчастого різання

Ми розглянули деформації різних елементів пружної системи верстат – деталь – інструмент. Отримані результати, становлять безсумнівний інтерес із погляду аналізу факторів, що обумовлюють виникнення погрішності обробки, і вказівки шляхів її зниження.

Разом з ти на основі цих даних шляхом розрахунків можна визначити сумарні погрішності обробки як відносно розмірів, так і відносно форми деталі. При виконання таких розрахунків необхідно враховувати вплив багатьох змінних факторів. Ми вже задували про вплив затуплення інструменту й про зміну твердості деталі в різних її крапках. При точних розрахунках необхідно враховувати ще зміну зусилля різання при зміні кута контакту. Ця обставина обумовлює появу погрішності форми деталі в поперечному її перетині. Сказане дозволяє заздалегідь передбачити, що визначення сумарної погрішності розрахунковим шляхом виявиться досить трудомісткою роботою.

Одержання вихідних даних для визначення відтисків статичним шляхом за допомогою динамометра також займає порівняно багато часу, ускладнюється вибором співвідношень  $P_x$ :  $P_z$  і  $P_y$ :  $P_z$  і вимагає застосування спеціальних вимірювальних приладів і пристосувань.

Внаслідок різної хвилястості поверхні столу, твердість стику між столом і підкладками може змінюватися.

Зі зменшення розміру опорної поверхні деталі, характеристика відтисків стає «жорсткіше». Так, наприклад, при обтисненні зразка довжиною 100 мм під навантаженням в 1500 кг спостерігаються осідання всього лише 10 мкм.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.08.КОЕПР</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Всі зазначені спостереження є окремими випадками, що дають лише загальне подання про деформації стикових поверхонь, що мають місце. Це питання вимагає спеціального вивчення.

Крім деформації стикових поверхонь, спостерігаються також при більших затискних зусиллях вигин і крутіння деталі. Причиною їх є неправильність форми як опорної поверхні деталі, та і наставної поверхні верстата або пристосування.

Під впливом зусилля різання оброблювана поверхня змінює своє положення щодо верстата внаслідок, по-перше, пружної деформації самої деталі, а по-друге, деформації стикових поверхонь, обумовленої, як ми бачили, пружністю стикових з'єднань.

Деформації самої деталі можна підрахувати по формулах опору матеріалів. Варто помітити що пружна деформація при фрезеруванні бруса зверху викликає погіршність обробки у бік збільшення товщини деталі. Пояснимо це прикладом. Нехай сталевий брус перетином 80x80 мм закріплений на столі фрезерного верстата за допомогою планок. При цьому використовуються дів підкладки. Відстань між опорами дорівнює 500 мм. Нормальну складову зусилля різання  $P_y$  приймемо рівній 120 кг.

Найбільший прогин бруса, мабуть, вийде в той момент, коли різання відбувається посередині між опорами. Він буде дорівнювати:

$$y_1 = \frac{P_y l^3}{48EI} = \frac{120 * 500^3 * 12}{48 * 2 * 10^4 * 80 * 80^3} = 0,005 \text{ мм}$$

Після того як площина буде оброблена, деталь повернеться у свій природний, напружений стан, і розмір посередині буде на 5 мкм більше настановного. Таким чином, у розглянутому випадку погіршність форми перебуває в межах 5 мкм; оброблена поверхня вийде опуклої форми.

Побудувавши лінію впливу залежно від місця положення крапки додатка сили різання, можна визначити прогин у кожній крапці бруса й, взявши його зі зворотнім знаком, визначити погіршність розміру й форми в різних крапках.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.08.КОЕПР</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВИСНОВКИ

Використання сучасних систем автоматизованого проектування (САПР) у проектуванні технологічних процесів виробництва деталей ходової частини шахтного навантажувача дозволяє значно підвищити ефективність виробництва за рахунок оптимізації всіх етапів технологічної підготовки.

Комплексний підхід до розробки проекту на основі САПР, що охоплює усі ключові аспекти технологічного процесу, забезпечує не лише економічну доцільність, але й технічну перевагу кінцевого продукту.

Основні досягнення:

1. Розробка та узгодження технічного завдання сприяла формуванню чітких вимог до технологічного процесу, враховуючи особливості експлуатації шахтного навантажувача. Всі етапи, параметри та критерії якості були узгоджені відповідно до вимог стандартів, що дозволило мінімізувати ризики змін на подальших стадіях.

2. Завдяки проектуванню технологічного процесу складання вузла із застосуванням САПР вдалося автоматизувати проектування станини. Оптимізація порядку складання забезпечила скорочення часу виконання операцій, зниження трудомісткості та підвищення точності складання.

3. Реалізація технологічної підготовки виробництва виробу дозволила створити весь необхідний пакет технологічної документації, включаючи креслення, інструкції та рекомендації для операцій, що пов'язані з виготовленням та складанням вузлів. Це забезпечило високий рівень організованості виробництва та оперативність впровадження процесів.

4. Техніко-економічне обґрунтування маршрутів технологічного процесу сприяло вибору оптимального співвідношення «витрати–ефективність». Обраний маршрут забезпечив раціональне використання матеріальних, технічних та енергетичних ресурсів, що значно знизило собівартість виготовлення.

5. Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для верстата з ЧПК забезпечила підвищення точності обробки складних поверхонь та стабільності якості. Розробка розрахунково-технологічних карт дозволила максимально ефективно використовувати технологічне обладнання.

6. Проектування технологічного оснащення для виготовлення станини з використанням САПР дозволило інтегрувати нові розробки у вже існуючу виробничу систему підприємства. Це сприяло зниженню витрат на переоснащення виробництва та забезпечило високу функціональність обладнання.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.ВИС</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Дуденко</i>			<i>Висновки</i>	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Цивінда</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечасів</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Затверд.		<i>Рязанцев</i>						

7. Організаційно-економічна підготовка виробництва забезпечила оптимізацію ресурсного планування, що дозволило підприємству досягти повної готовності до виготовлення складних виробів. Була вдосконалена структура управління виробничими процесами, що зменшило витрати часу та підвищило ефективність роботи персоналу.

8. Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів у проектуванні та виробництві дозволило провести комплексну оцінку ефективності. Було підтверджено доцільність впровадження розробок, що забезпечили підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку.

Як висновок можна сказати, що інтеграція САПР у технологічне проектування станини шахтного навантажувача дала змогу:

- скоротити терміни впровадження технологічного процесу;
- зменшити матеріальні та енергетичні витрати;
- підвищити точність та якість виготовлених деталей;
- забезпечити відповідність продукції сучасним стандартам надійності та безпеки, що є ключовим у складних умовах експлуатації шахтного обладнання.

Загалом, запропонований підхід сприяє розвитку підприємства, підвищенню його технологічного рівня та ефективності виробництва. Це підкреслює важливість впровадження інноваційних рішень для забезпечення сталого розвитку та зміцнення позицій на ринку.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.ВІС</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання магістерської 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. А.І.Грабченко, М.В.Верезуб, Ю.М.Внуков, П.П.Мельничук, Г.М.Виговський Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні /Під ред. Грабченко А.І.- Житомир: ЖДТУ, 2004.-451с.
3. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 1 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 288 с.
4. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 2 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 480 с.
5. Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.
6. Кузнецов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.- К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.
7. Божидарнік В.В., Григорьєва Н.С., Шабайкович В.А. Технологія виготовлення деталей виробів. Навч. посібник: Луцьк: Настир'я, 2006. — 592с.
8. Якімов О.В. Технологія машино- та приладобудування. Навч. Посібник. — Луцьк: Видавництво ЛДТУ, 2005. — 712 с.
9. Крутовий Ж.А. Оптимізація технологічних процесів.Ч1: Навч.посібник.-Харків.ХДУХТ,2014,-300с
10. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура. – 2-е вид. перероб. і доп. – Львів: Новий світ-2000, 2011. – 422 с.
11. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
12. С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
13. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
14. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
15. Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-860 с.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.СВД</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Дуденко				Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Цивінда						
Реценз.					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
<i>Список використаних джерел</i>							

16. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
17. Жалдак М. І., Триус. Ю. В. Основи теорії і методів оптимізації : Навч. посіб. для студ. мат. спец. вищ. навч. закл. Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 607 с.;
18. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ, 1996.
19. ДСТУ 3278-95 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Основні терміни та визначення.
20. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
21. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації .Терміни та визначення
22. ДСТУ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення.
23. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
24. ДСТУ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення. ВНЕСЕНО: Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)
25. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. ДСТУ ISO 286-2-2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилень отворів і валів. [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2004. – 47 с.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.СВД</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# Додатки

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.Д</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Додатки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Дуденко</i>							
<i>Перевір.</i>	<i>Цивінда</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечаєв</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>			

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<u>Документация</u>							
A2			КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК	Складальне креслення			
<u>Детали</u>							
		1	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК.001	Бовт	4		
		2	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК.002	Вал	1		
		3	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК.003	Втулка	1		
		4	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК.004	Втулка	1		
		5	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК.005	Втулка лабіринтна	2		
		6	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК.006	Колесо	2		
		7	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК.007	Кришка лабіринта	2		
		8	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК.008	Станина	1		
		9	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК.009	Шестерня	1		
		10	КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК.010	Шпонка	2		
<u>Стандартные изделия</u>							
		11		Бовт М12-8g x 50.58.019 ДСТУ 7798:2004	12		
		12		Гайка М76x4-7Н.8.019 ДСТУ 10605:2007	2		
		13		Кольцо 100-110-58-2-4 ДСТУ 18829:2007	2		
<b>КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСП</b>							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Дуденко						
Пров.	Цивінда						
Н.контр.	Нечаєв						
Утв.	Рязанцев						
Ходова частина ПКУ-А-900 Специфікація					Лит.	Лист	Листов
						1	2
					Кафедра ТМ, гр. ПМ-23м		
Копиробал					Формат А4		



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			КНУ.КМР.131.24.1-04.ПССК	Складальне креслення		
<i>Детали</i>						
		1	КНУ.КМР.131.24.1-04.ПССК.01	Клин	2	
		2	КНУ.КМР.131.24.1-04.ПССК.02	Пластина	2	
		3	КНУ.КМР.131.24.1-04.ПССК.03	Плита	1	
		4	КНУ.КМР.131.24.1-04.ПССК.04	Установ кутовий	2	
<i>Стандартные изделия</i>						
		5		Болт 7002-2587 ДСТУ 13152:2007	12	
		6		Болт 7002-0372 ДСТУ 12201:2007	6	
		7		Призма 7033-0039 ДСТУ 12195:2008	2	
		8		Гайка 1 М20 х 1,25-6Н ДСТУ 10657:2004	12	
		9		Гайка 1 М20 х 1,25-6Н ДСТУ 15526:2004	1	
		10		Гвинт 2 М6 х 1,25-6г х 25 ДСТУ 1491:2003	10	
		11		Шайба 20 ДСТУ 9649:2005	6	
		12		Шплинт 16 х 30 3 3 ДСТУ 397:2003	4	
		13		Шпонка 7031-0857 ДСТУ 14737:2004	10	
<b>КНУ.КМР.131.24.1-03.ПССП</b>						
Изм. Лист			№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.			Дуденко			
Пров.			Цивінда			
Н.контр.			Нечаєв			
Утв.			Рязанцев			
<b>Пристрій спеціальний</b>						
Специфікація						
Лит.	Лист	Листов				
Н	1	2				
Кафедра ТМ, гр. ПМ-23м						
Формат А4						



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			КНУ.КМР.131.24.1-03.ПДКТБ	Складальне креслення		
<i>Сборочные единицы</i>						
		1	КНУ.КМР.131.24.1-03.ПДКТБ.000	Індикатор	1	
<i>Детали</i>						
		2	КНУ.КМР.131.24.1-03.ПДКТБ.001	Вісь	1	
		3	КНУ.КМР.131.24.1-03.ПДКТБ.002	Вісь	1	
		4	КНУ.КМР.131.24.1-03.ПДКТБ.003	Втулка	1	
		5	КНУ.КМР.131.24.1-03.ПДКТБ.004	Втулка прорізна	2	
		6	КНУ.КМР.131.24.1-03.ПДКТБ.005	Втулка розпорна	1	
		7	КНУ.КМР.131.24.1-03.ПДКТБ.006	Втулка розпорна	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		8		Гайка 1 М46 x 1,25-6H ДСТУ 5915:2002	1	
		9		Гвинт 2 М3-6g x 5 ДСТУ 11738:2008	1	
<b>КНУ.КМР.131.24.1-03.ПДКТБ</b>						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб. Дуденко						
Пров. Цивінда						
Н.контр. Нечаєв						
Утв. Рязанцев						
<b>Пристрій для контролю торцевого биття</b> Специфікація				Лит.	Лист	Листов
				Н	1	2
Капірвав Формат А4				Кафедра ТМ, гр. ПМ-23м		





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: Підвищення ефективності виробництва деталей ходової частини шахтного навантажувача за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу станини

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

\_\_\_\_\_

(підпис)

Дуденко О.С.

Керівник КМР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

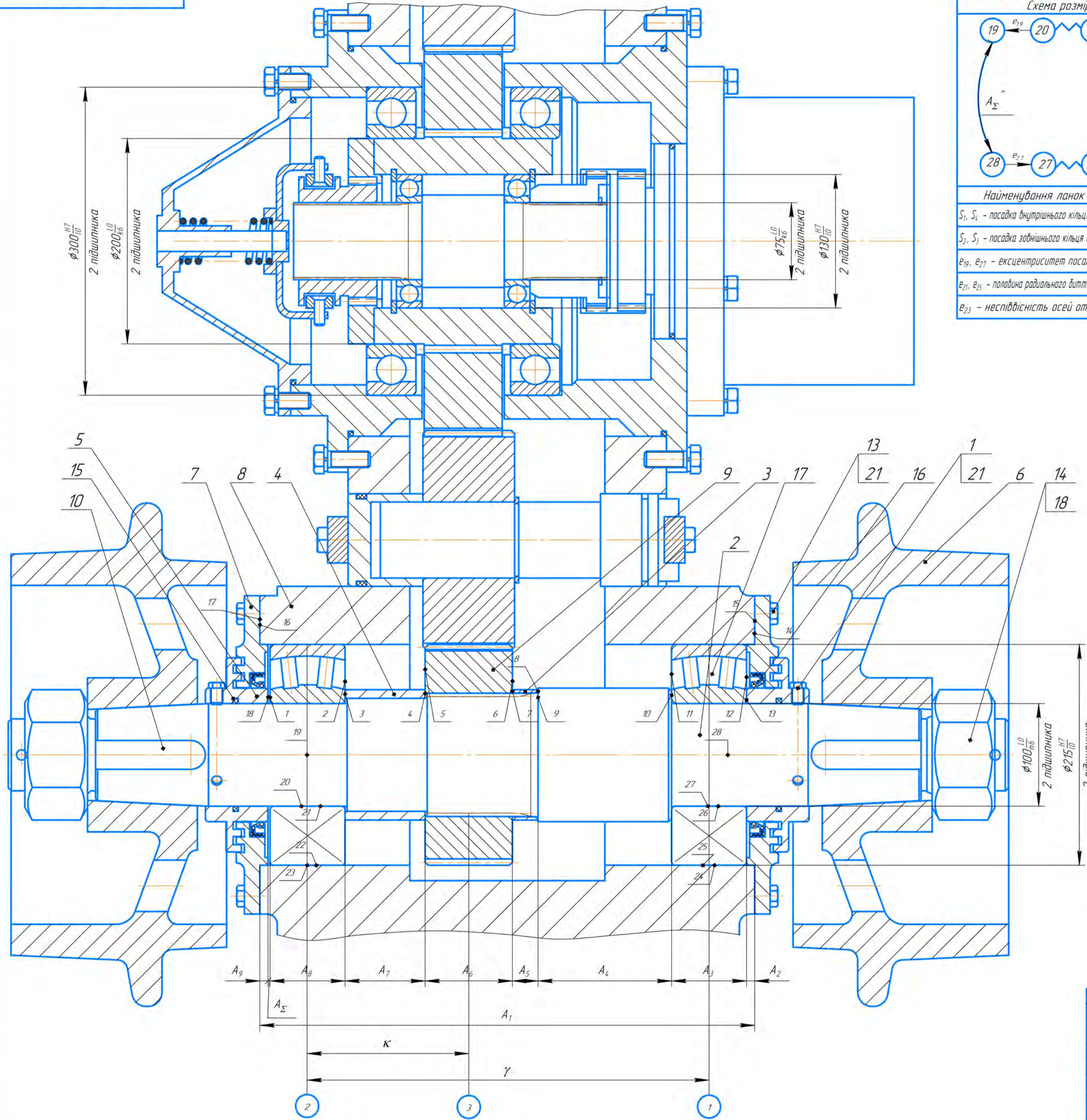
Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

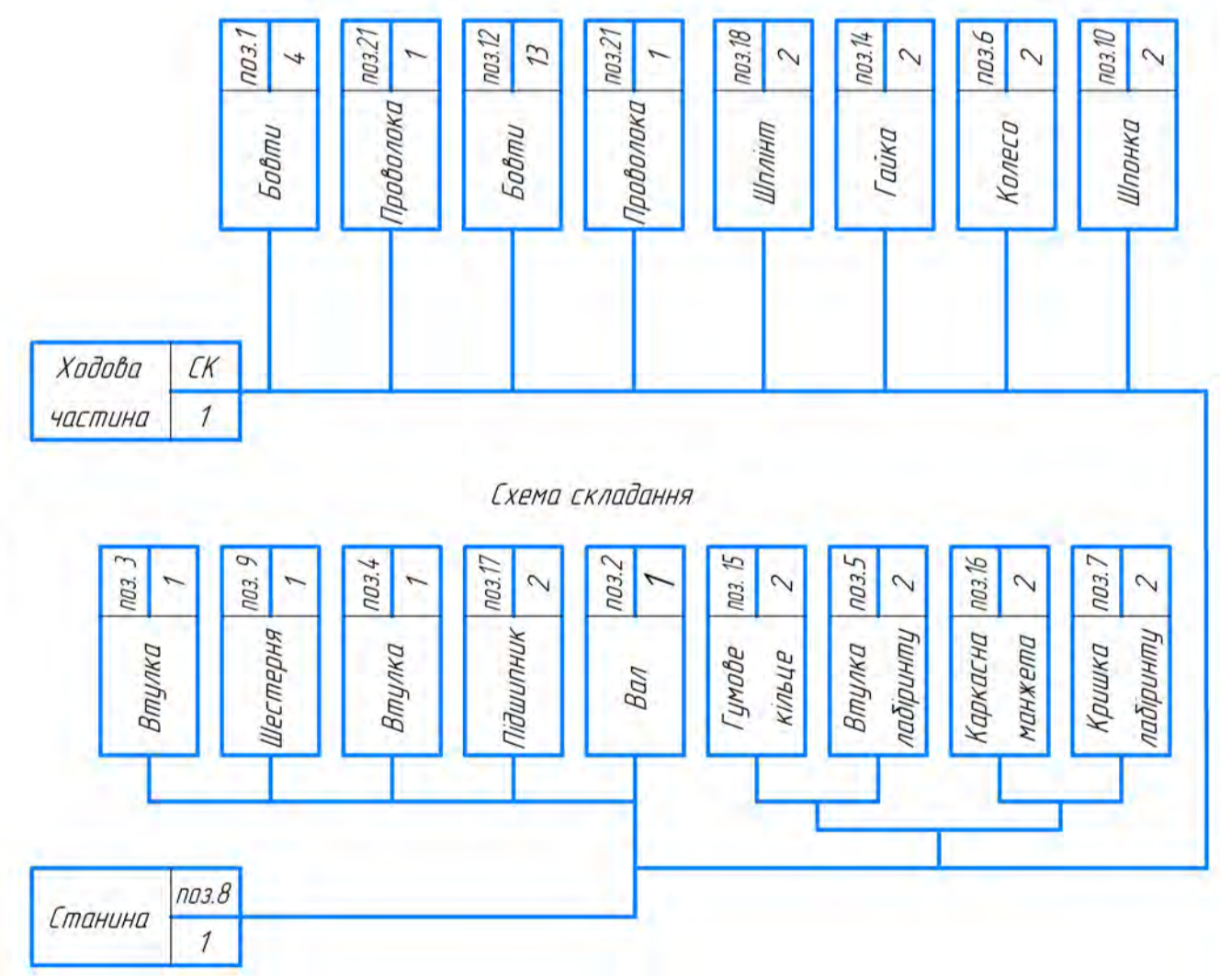
(підпис)

Рязанцев А.О.



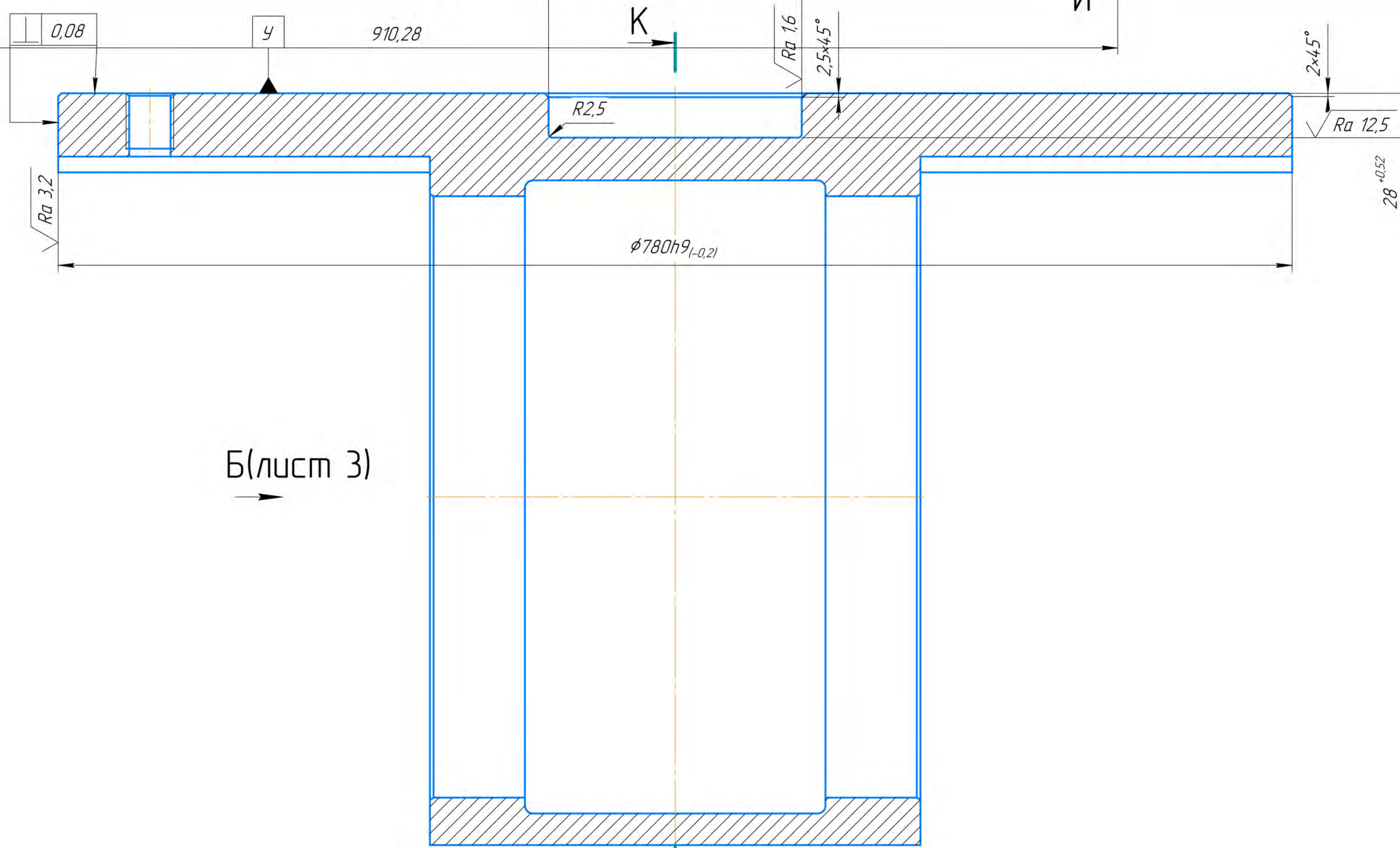
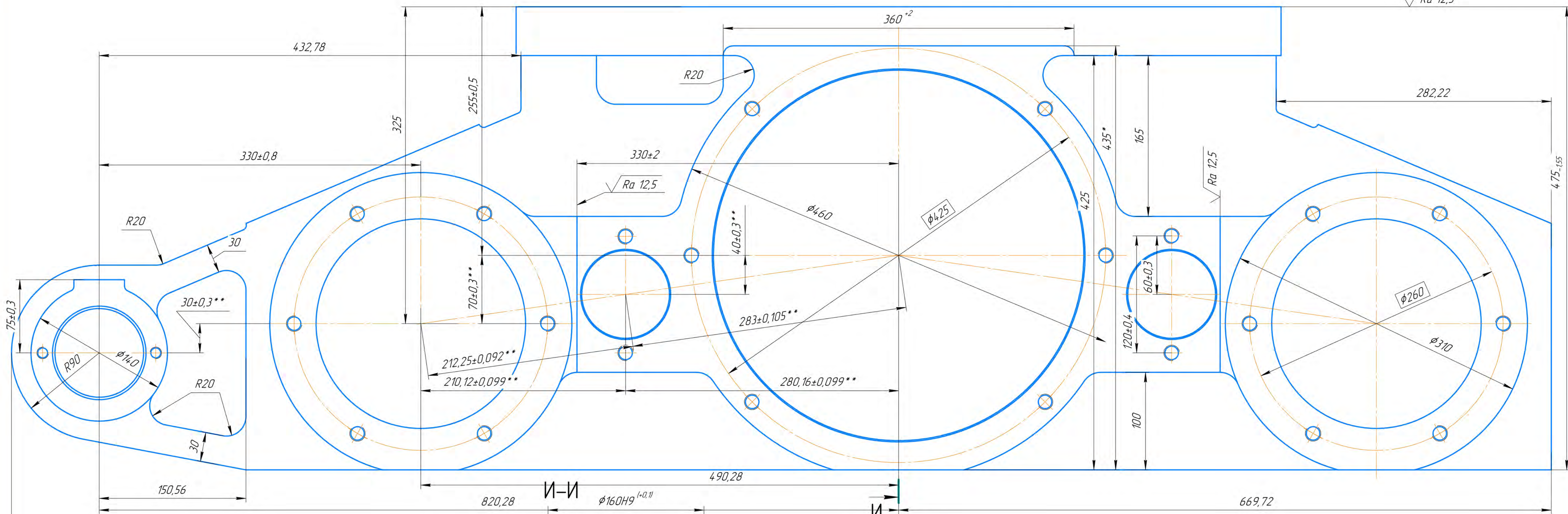
Призначення розмірного ланцюга	Визначення величини відносного зсуву та відносного перекося осей валів у підшипникових опорах	Призначення розмірного ланцюга	Ланцюг А - забезпечення зазору між кришкою та підшипником	
Схема розмірного ланцюга		Схема розмірного ланцюга		
Найменування ланок ланцюга		Найменування ланок ланцюга		Позначення ланок
$S_1, S_4$ - посадка внутрішнього кільця підшипника на вал, $100 \frac{L6}{m6}$ $S_2, S_3$ - посадка зовнішнього кільця підшипника у корпус, $215 \frac{H7}{f6}$ $e_{19}, e_{27}$ - ексцентриситет посадкових шнек валу, $100 \frac{0,02}{2} = 0,01$ $e_{21}, e_{25}$ - половина радіального диття підшипника качення, $\frac{0,025 \cdot 0,018}{2} = 0,00225$ $e_{23}$ - неспіввідношення осей отворів у корпусі, $215 \cdot 0,03$		$A_1$ - відстань між торцями корпусу, $A_1$ $A_2, A_9$ - висота нажки кришки, $A_2 = A_9$ $A_3, A_8$ - ширина підшипника, $A_3 = A_8$ $A_4$ - відстань між торцями вала, $A_4$ $A_5$ - ширина втулки, $A_5$ $A_6$ - ширина колеса, $A_6$ $A_7$ - ширина втулки, $A_7$ $\beta_2, \beta_{12}$ - диття підшипників, $\beta_2 = \beta_{12}$ $\beta_4$ - торцеве диття втулки, $\beta_4$ $\beta_6$ - торцеве диття колеса, $\beta_6$ $\beta_8$ - торцеве диття втулки, $\beta_8$ $\beta_{10}$ - торцеве диття вала, $\beta_{10}$ $\beta_{14}$ - торцеве диття кришки, $\beta_{14}$ $\beta_{16}$ - торцеве диття корпусу, $\beta_{16}$		Номинальні розміри 481 8,5 73 130 25 85 78 73 78 85 25 130 8,5 481

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



КНУ.КМР.131.24.1-03.ХЧСК				Лист	Масса	Масштаб
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Ходова частина		
Разраб.	Дуденко			ПКУ-А-900		
Пров.	Цивинда			Складальне креслення		
Т.контр.				Лист	Листов	1
Н.контр.	Нечаєв			кафедра ТМ, гр.ПМ-23м		
Утв.	Рязанцев			Формат А2		

Копиравал



Б(лист 3)

К(лист 3)

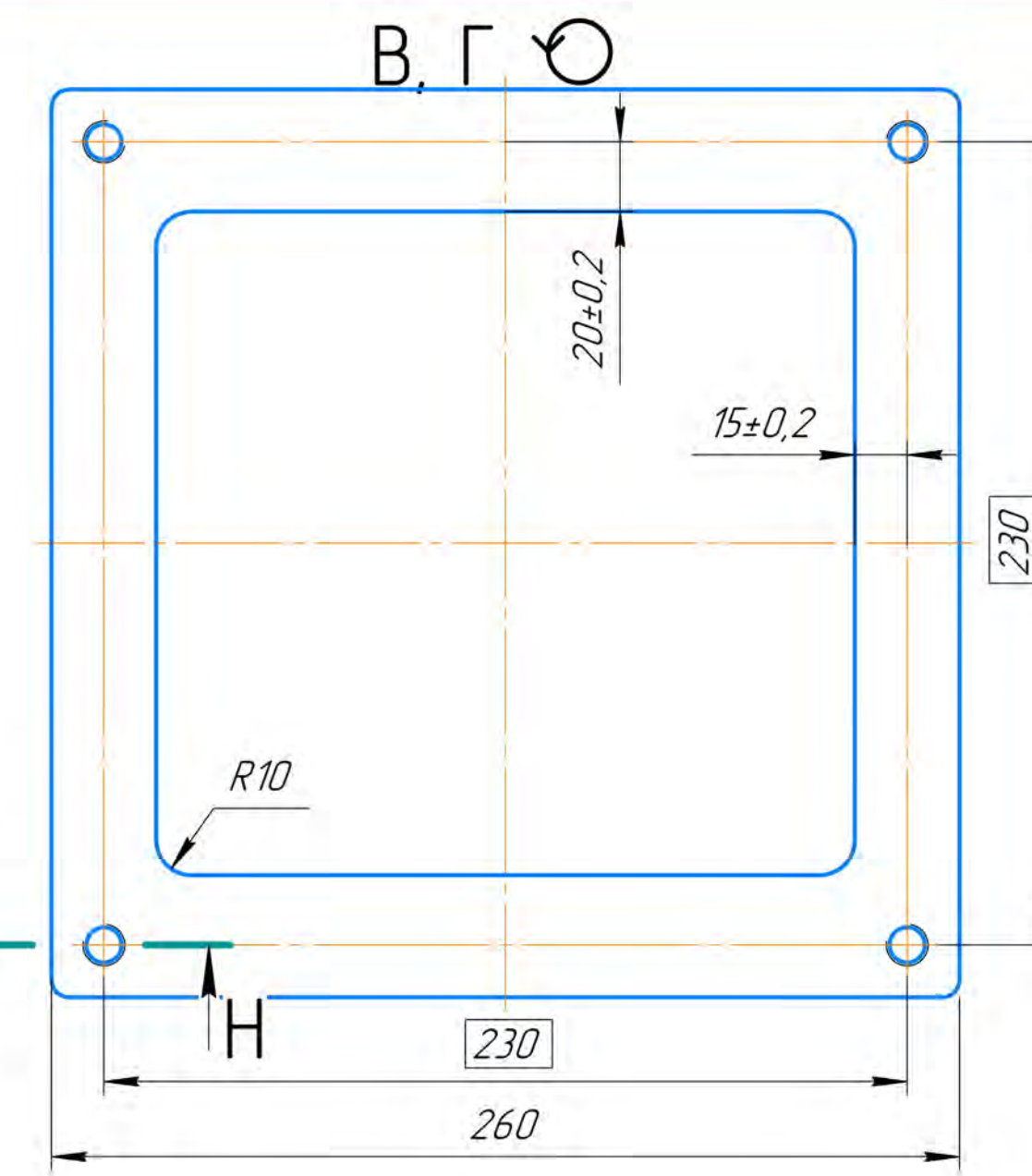
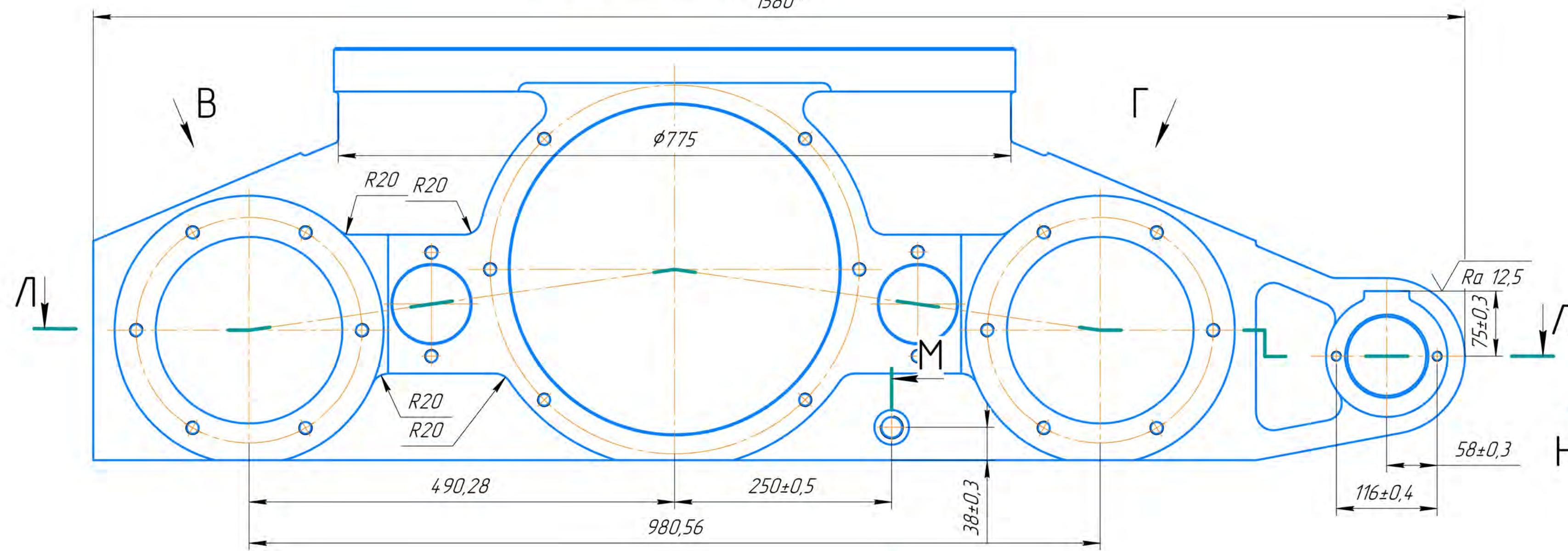
1. Точність відливки 13-13т ДСТУ 8981:2020
2. Формові ухили ДСТУ 8981:2020
3. Невказані ливарні радіуси 5...6 мм.
4. \*Разміри для довідок.
5. \*\*Разміри забезпечуються інструментом.
6. Покрытие внутрішніх поверхонь станини - емаль НЦ-132П червона ДСТУ Б В.2.6-193:2013 VI.6. Посадочні та різьбові місця від покриття предохранити.

КНУ.КМР.13124.1-03.С				Лист	Масса	Масштаб		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Станина	Н	650	1:2
Разраб.	Ливенко							
Проб.	Цивинда							
Т.контр.						Лист 1	Листов 3	
Ижконтр.	Нечасв				Сталь 35 Л	Кафедра ТМ		
Утв.	Рязанцев				ДСТУ 8781:2018	гр. ПМ-23М		
Копировал						Формат А1		

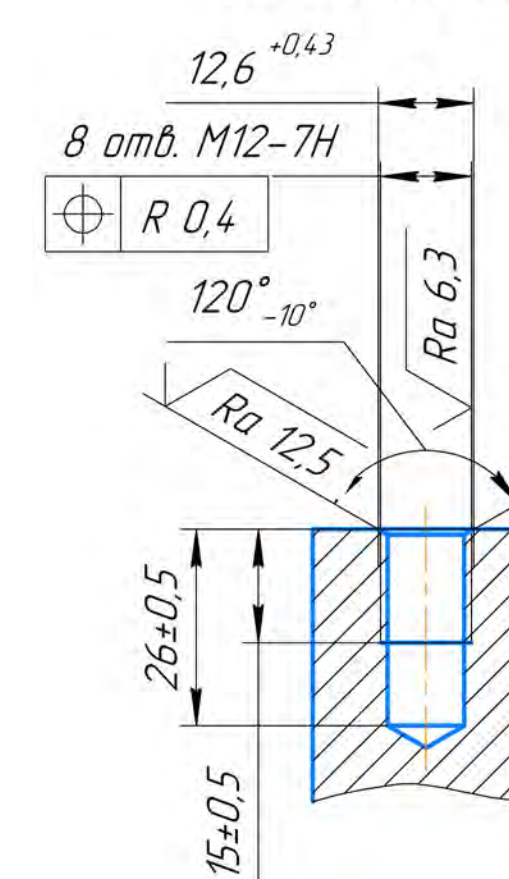
Перв. примен. / Справ. № / Подп. и дата / Изм. № табл. / Взам. инв. № / Изм. № док. / Подп. и дата / Изм. № табл.



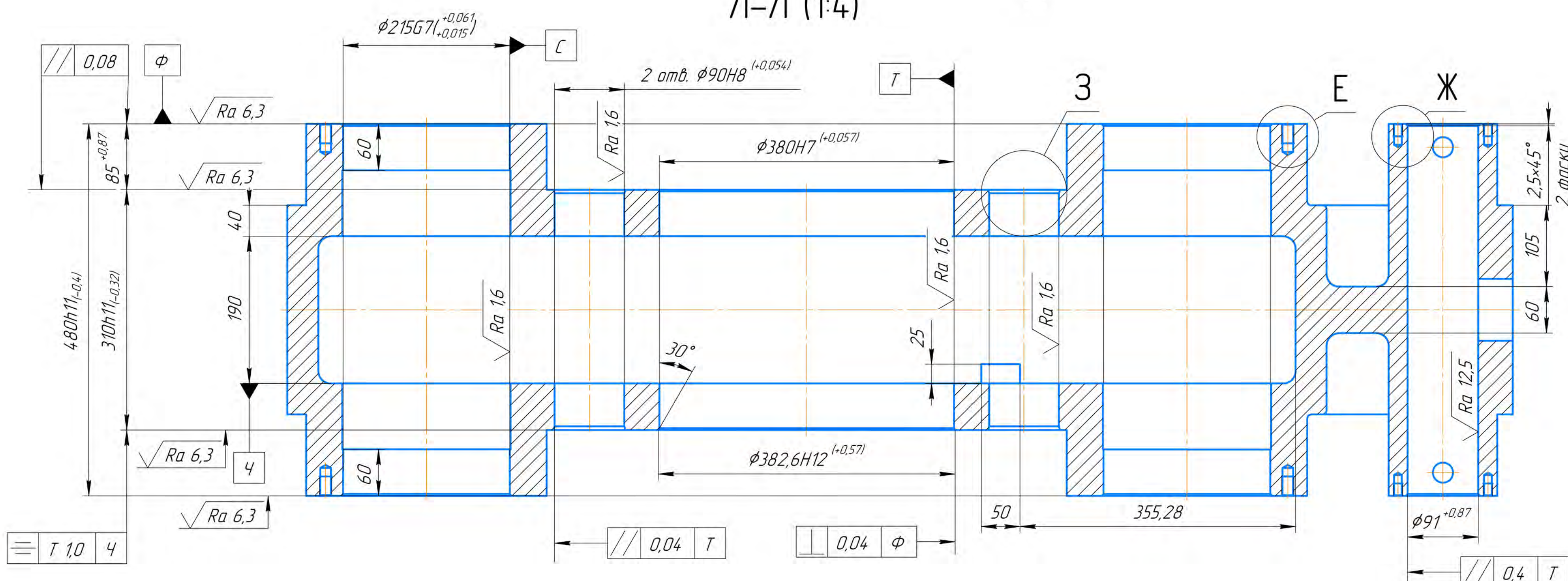
1580\*



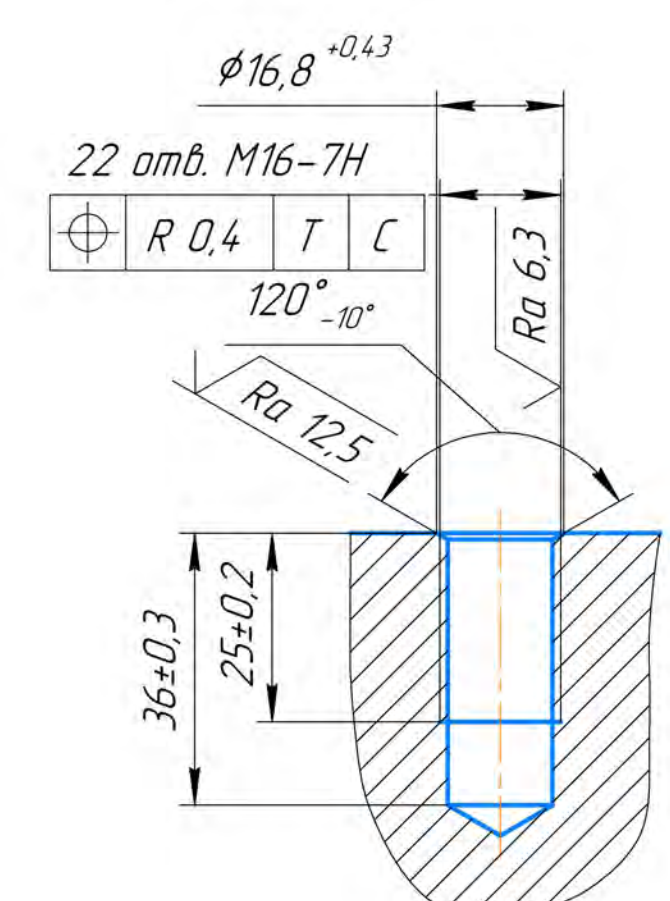
Н-Н (1:1)



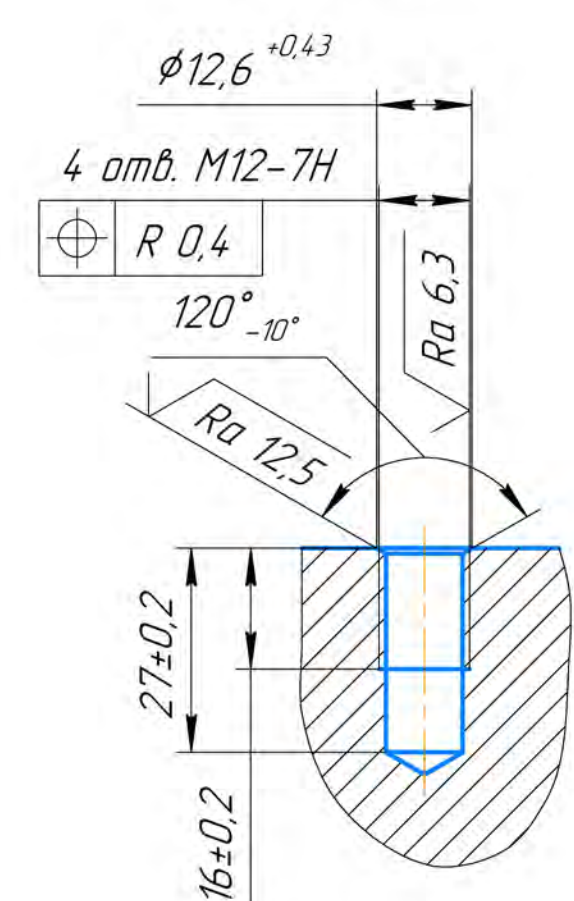
Л-Л (1:4)



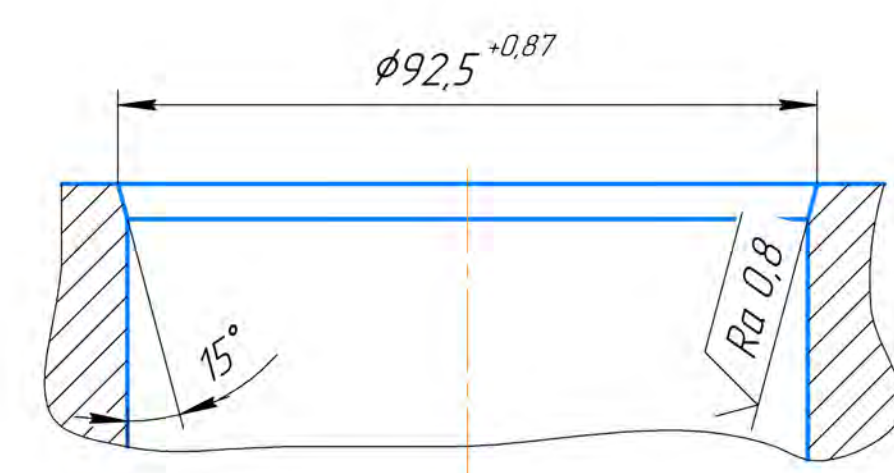
Е (1:1)



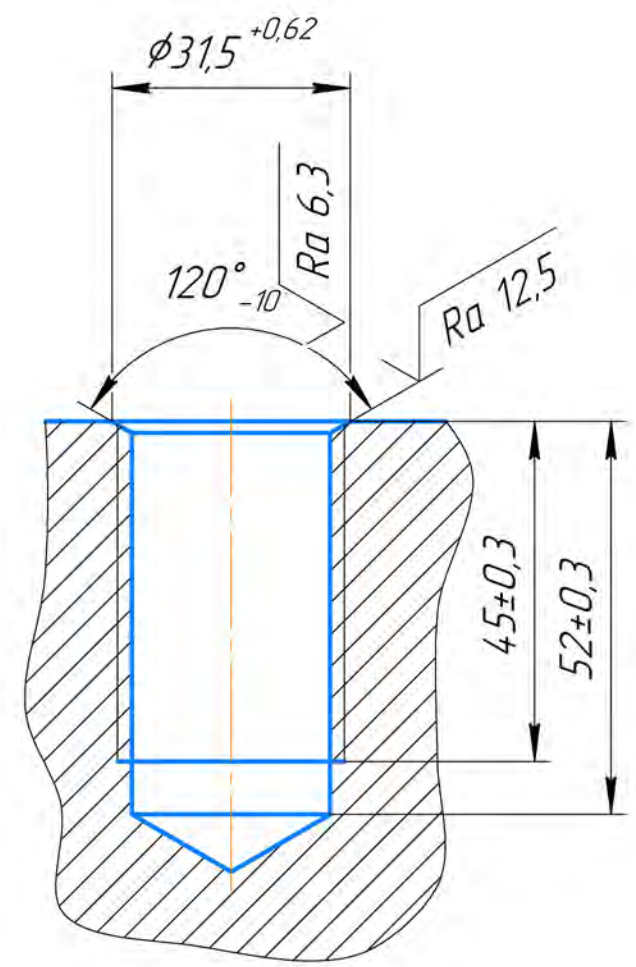
Ж (1:1)



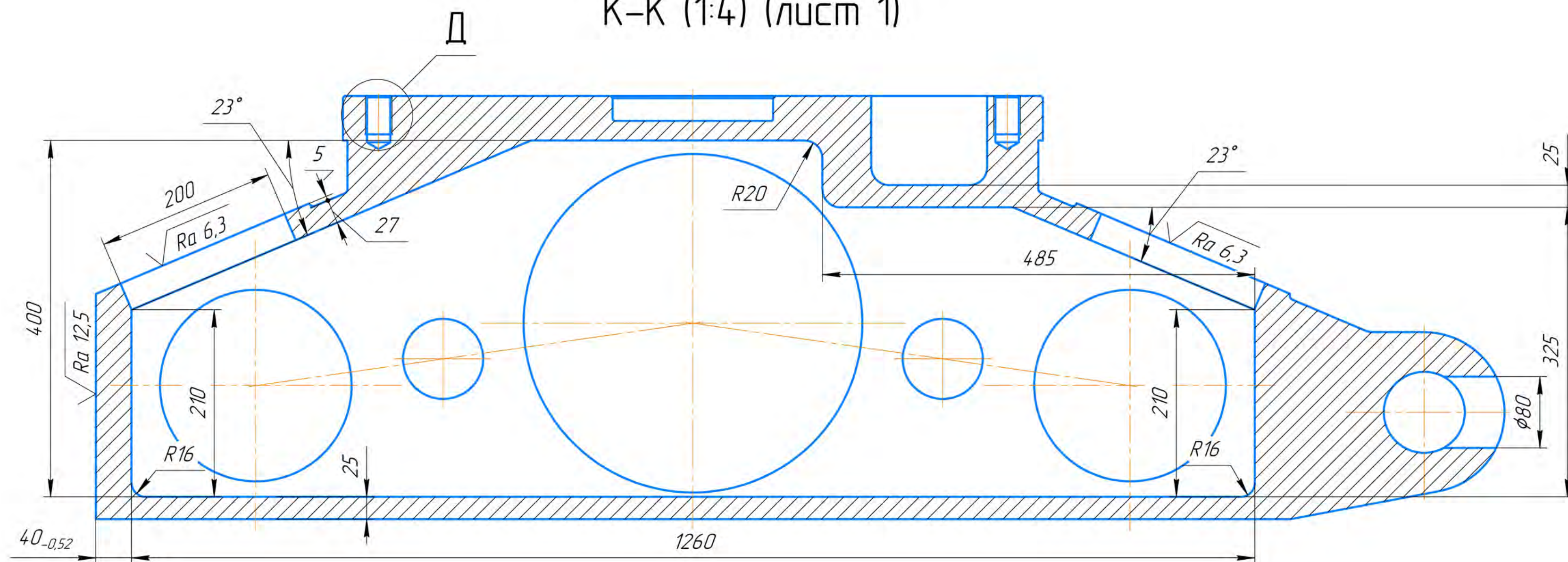
З



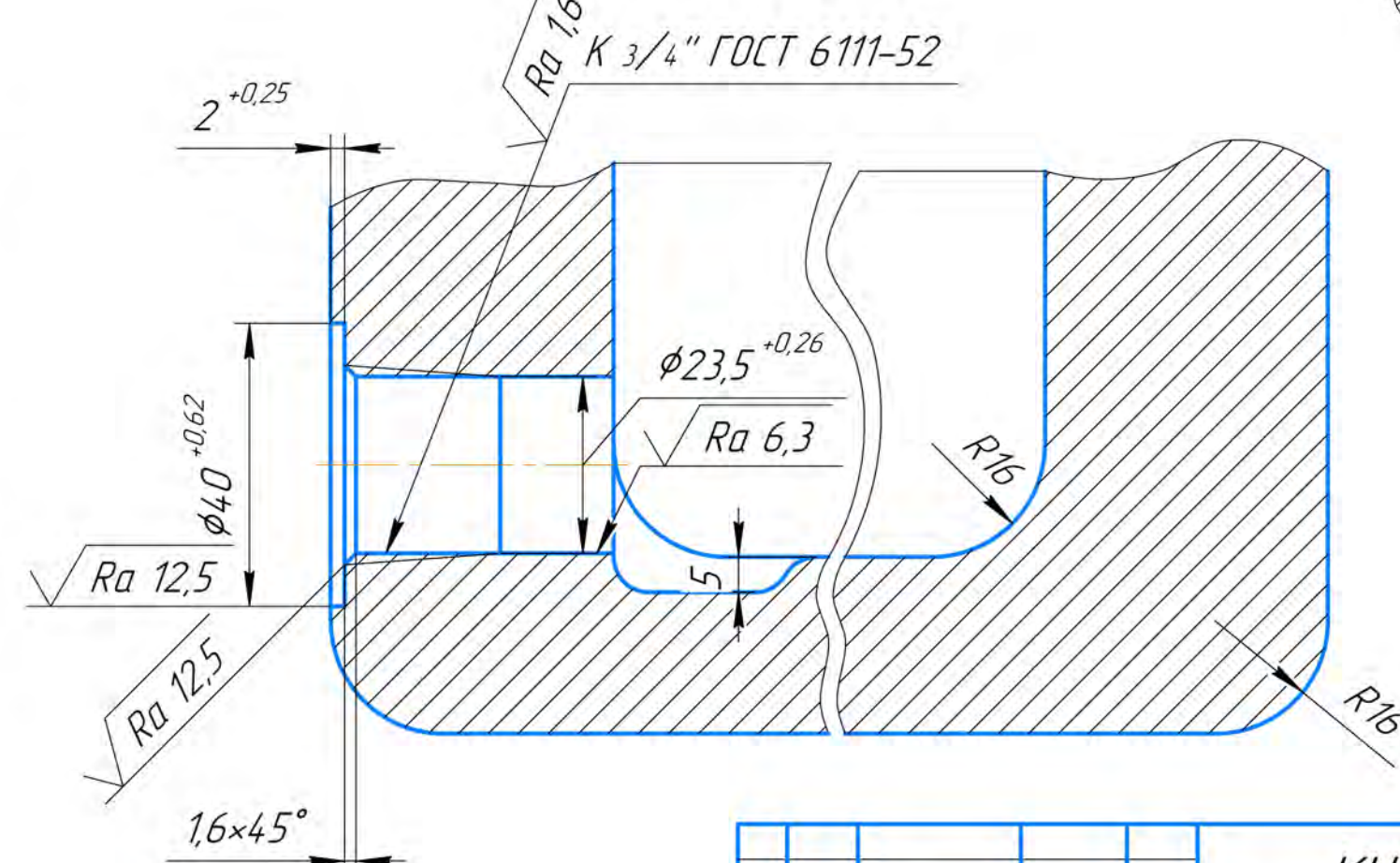
Д (1:1)

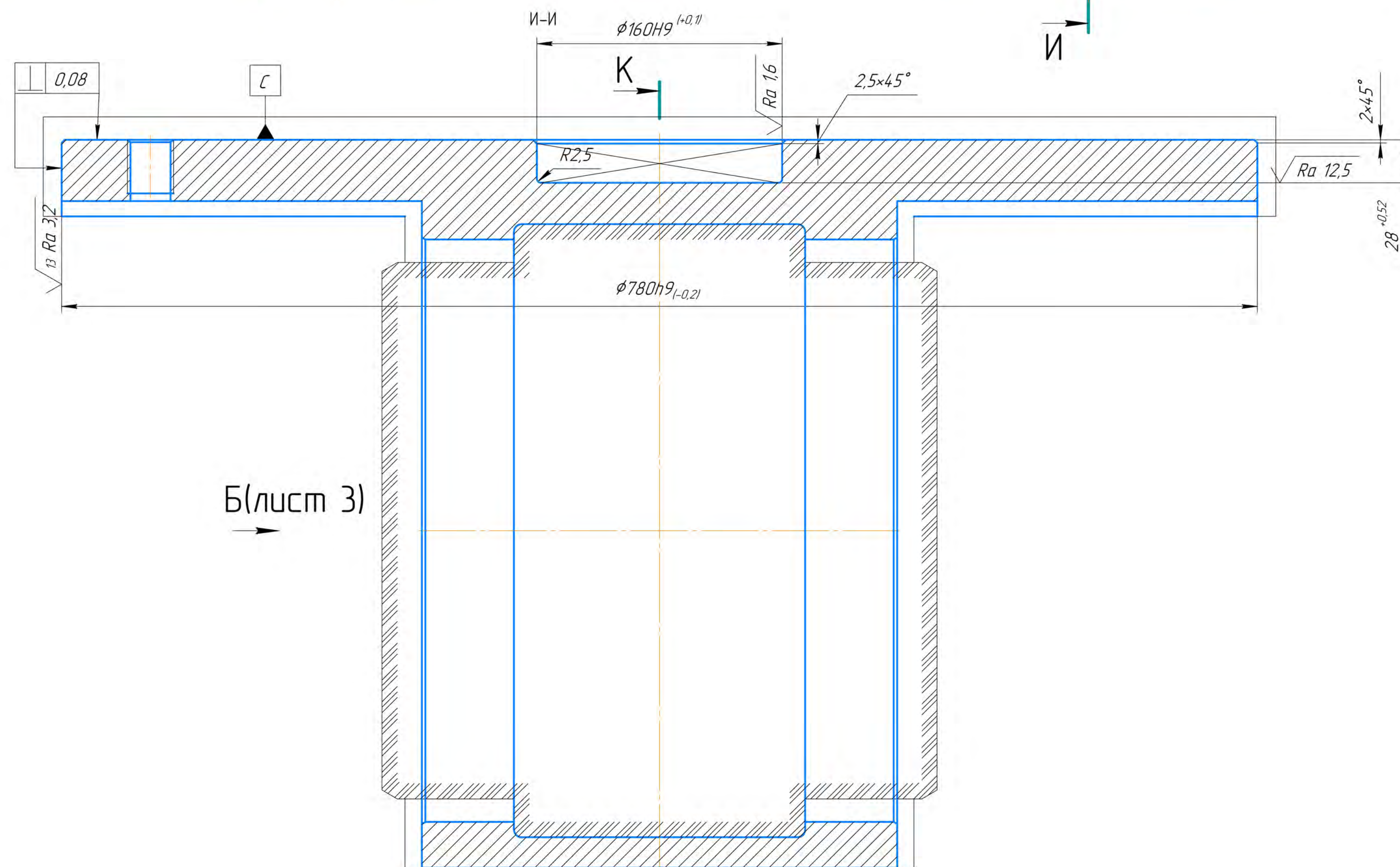
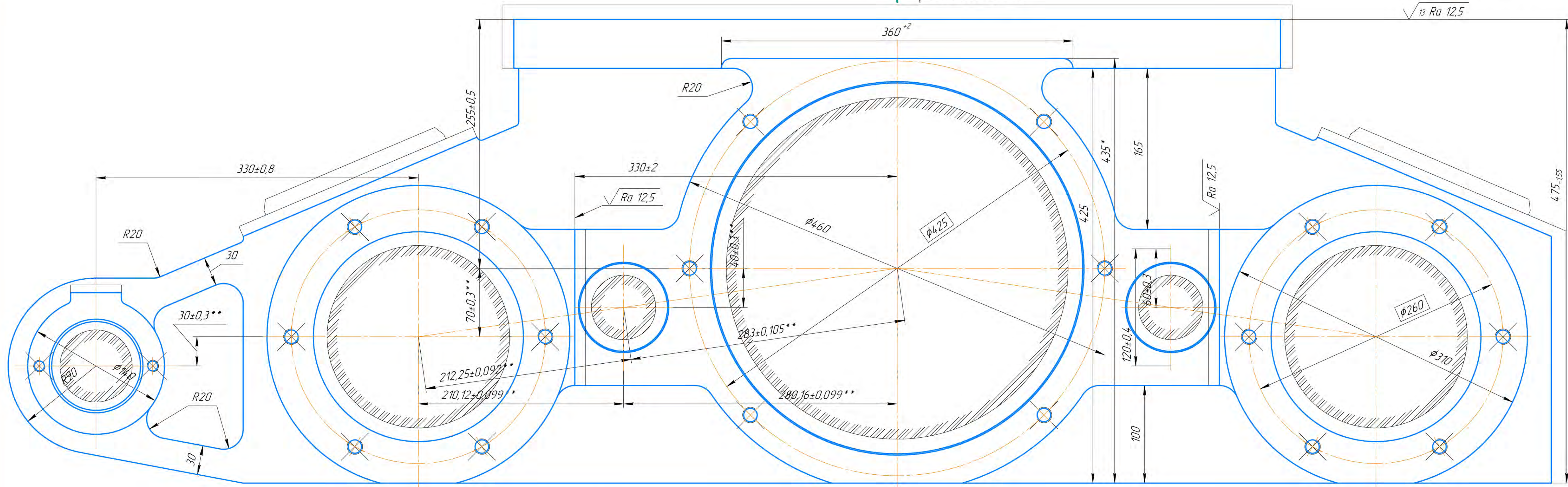


К-К (1:4) (лист 1)



М-М (1:1)





Б(лист 3)

К(лист 3)

1. Точність відливки 13-13т ДСТУ 8981:2020.
2. Формові ухили ДСТУ 8981:2020.
3. Невказані ливарні радіуси 5..6 мм.
4. \*Разміри для довідок.
5. \*\*Разміри забезпечуються інструментом.
6. Покриття внутрішніх поверхонь станини - емаль НЦ-132П червона ДСТУ Б В.2.6-193:2013 V16. Посадочні та різьбові місця від покриття предохранити.

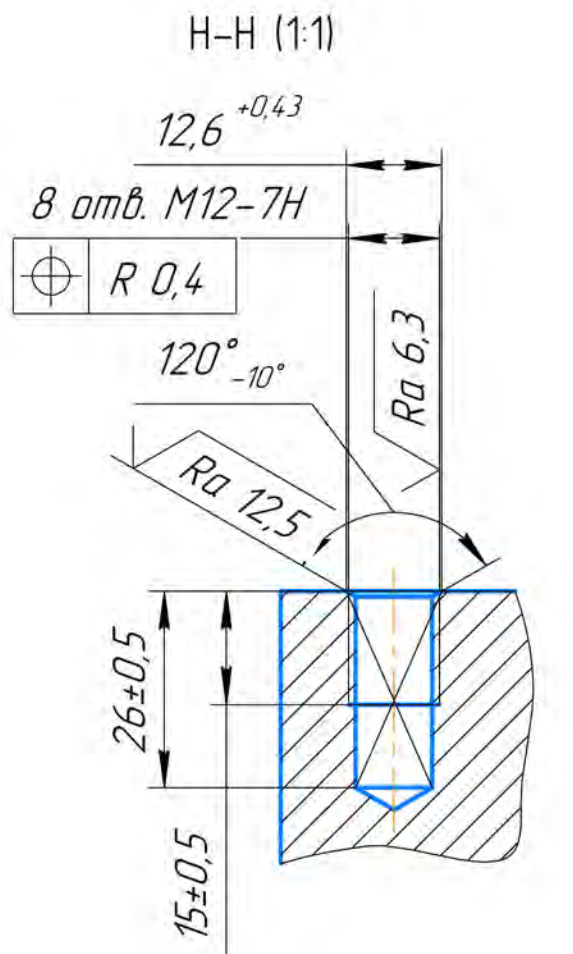
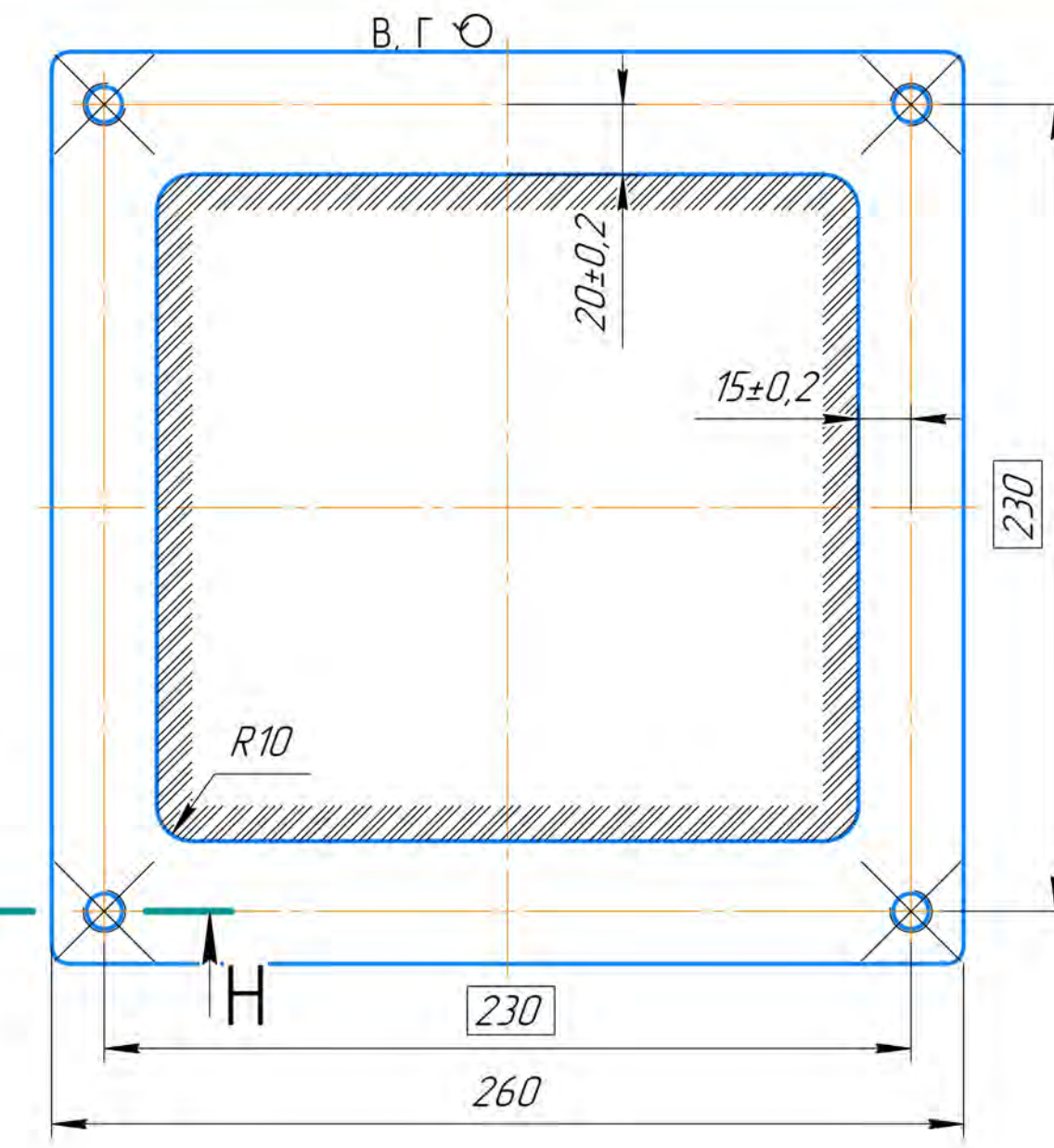
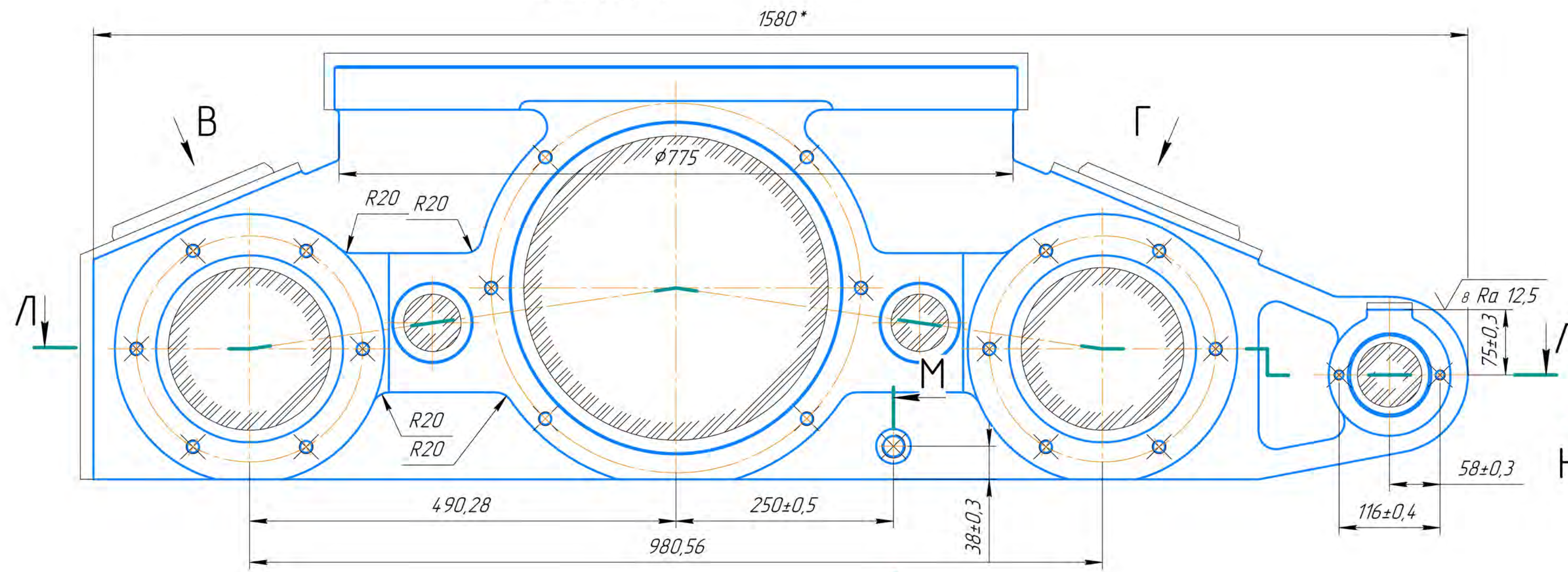
КНУКМР.13124.1-03.СВ				Лист	Маса	Масштаб
Станина				Н	74,75	1:2
Відливка				Лист 1	Листов 3	
Відливка 35 л				кафедра ТМ		
ДСТУ 8781:2018				гр. ПМ-23М		
Копіравал				Формат А1		

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

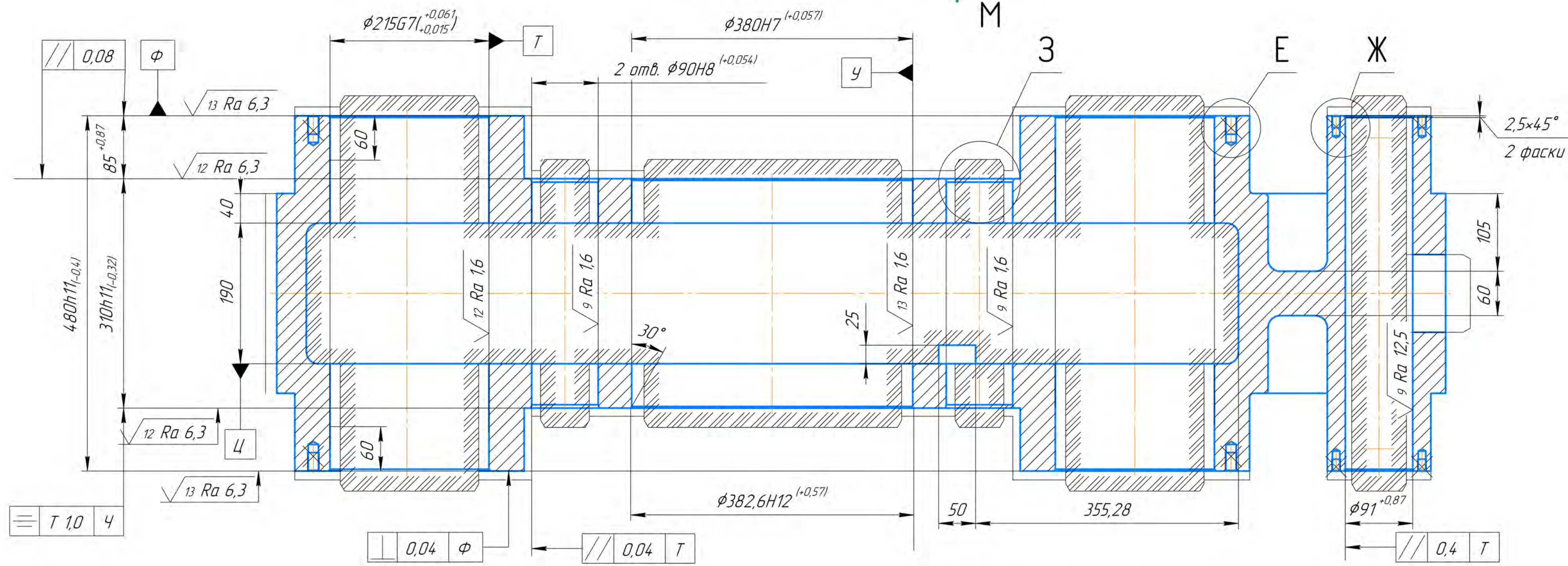




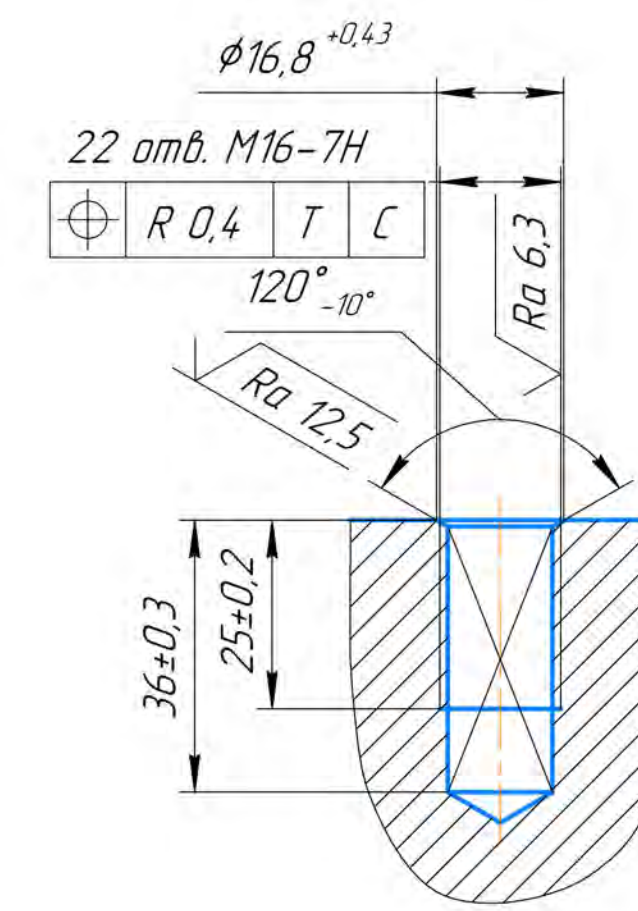
Б (14) (лист 1)



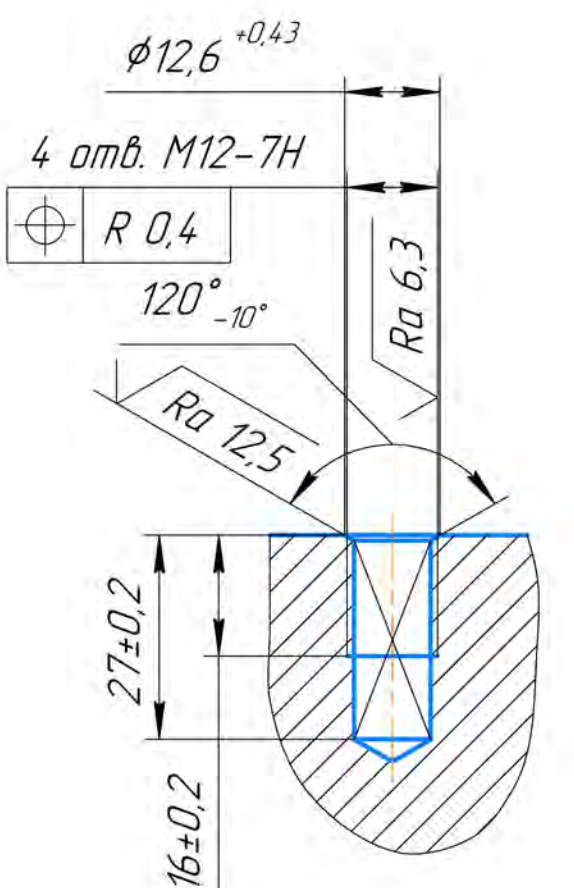
Л-Л (14)



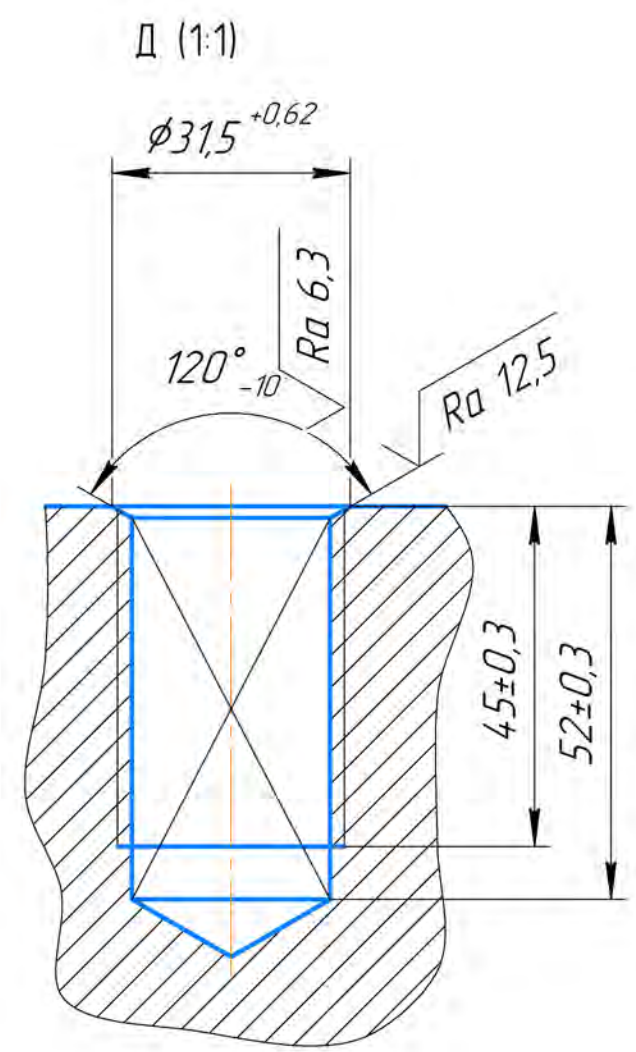
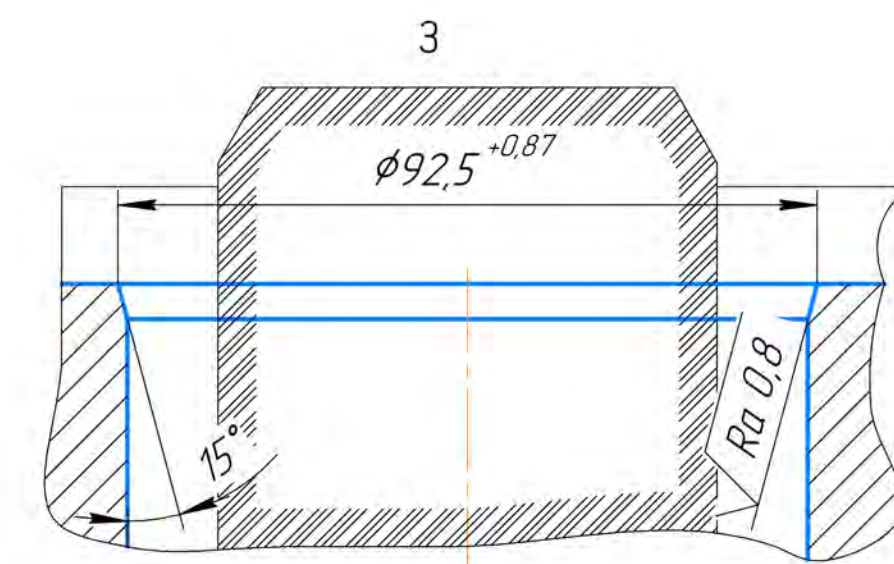
Е (1:1)



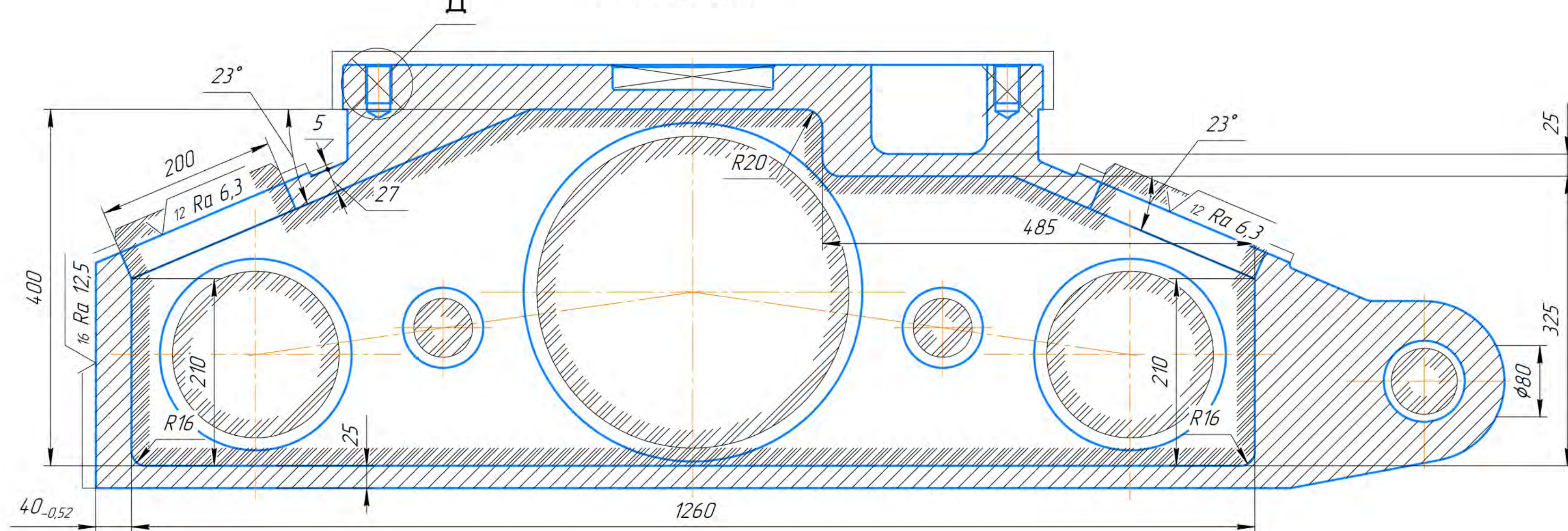
Ж (1:1)



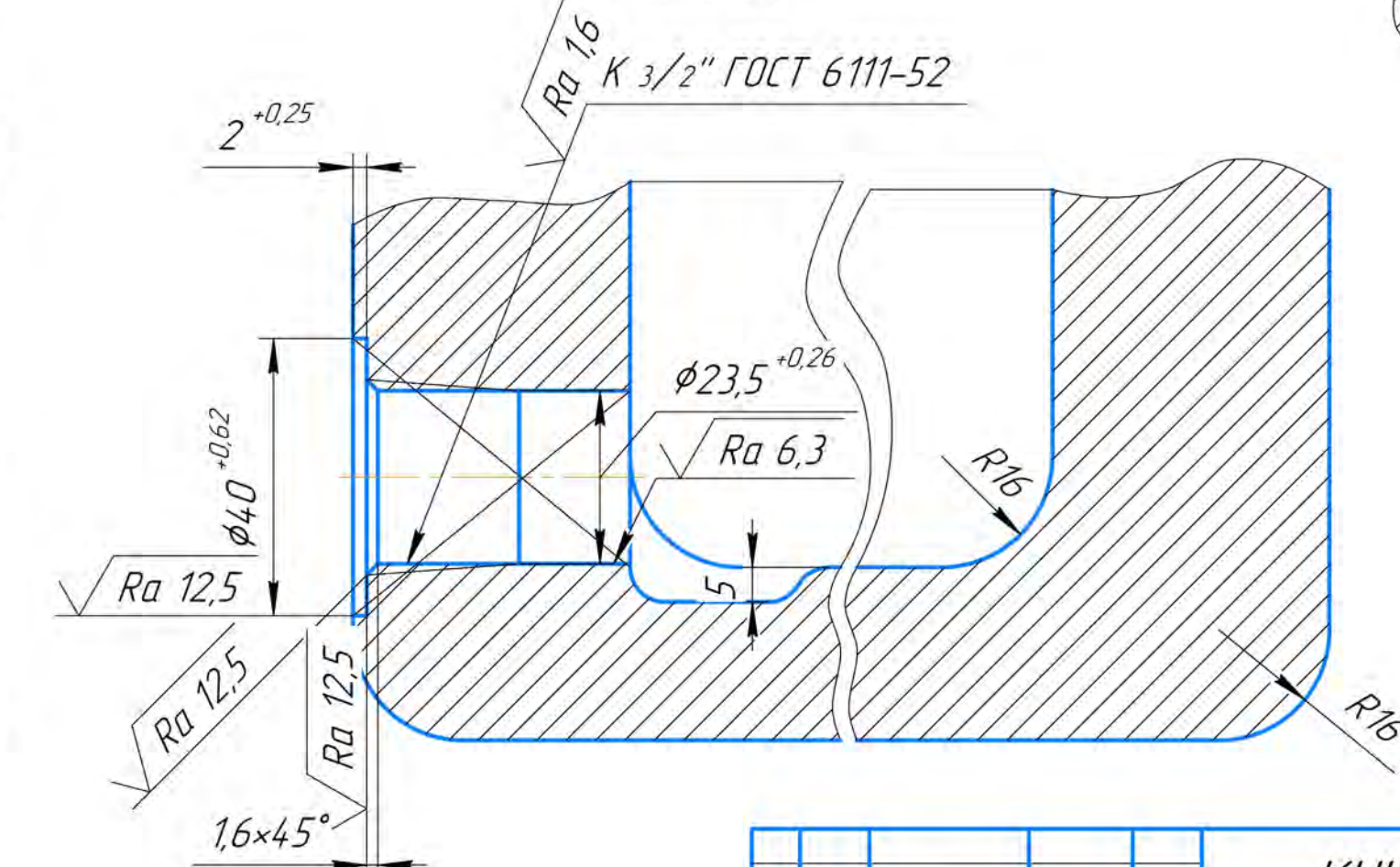
Д (1:1)



К-К (14) (лист 1)



М-М (1:1)



Втулка 6100-0144  
ДСТУ ГОСТ 13598-2009

Втулка 6100-0144  
ДСТУ ГОСТ 13598-2009

Втулка 6100-0144  
ДСТУ ГОСТ 13598-2009

Втулка 6100-0144  
ДСТУ ГОСТ 13598-2009

Втулка 6100-0144  
ДСТУ ГОСТ 13598-2009

Втулка 6100-0144  
ДСТУ ГОСТ 13598-2009

Втулка 6100-0251  
ДСТУ ГОСТ 13598-2009

Втулка 6100-0251  
ДСТУ ГОСТ 13598-2009

Втулка 6100-0143  
ДСТУ ГОСТ 13598-2009

Втулка 6100-0143  
ДСТУ ГОСТ 13598-2009

Втулка 6100-0251  
ДСТУ ГОСТ 13598-2009

Свердла 2301-0046  
ДСТУ ГОСТ 10903-2007

Патрон 6163-0005  
ДСТУ ГОСТ 8255-2006

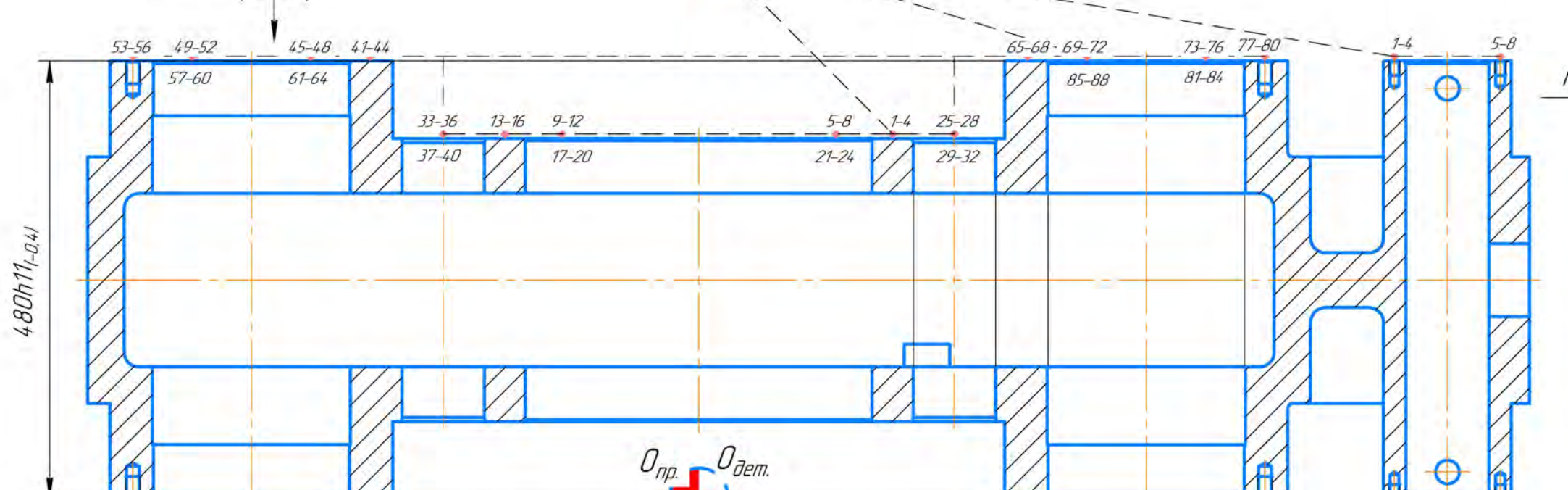
Свердла 2301-0030  
ДСТУ ГОСТ 10903-2007

Патрон 6163-0005  
ДСТУ ГОСТ 8255-2006

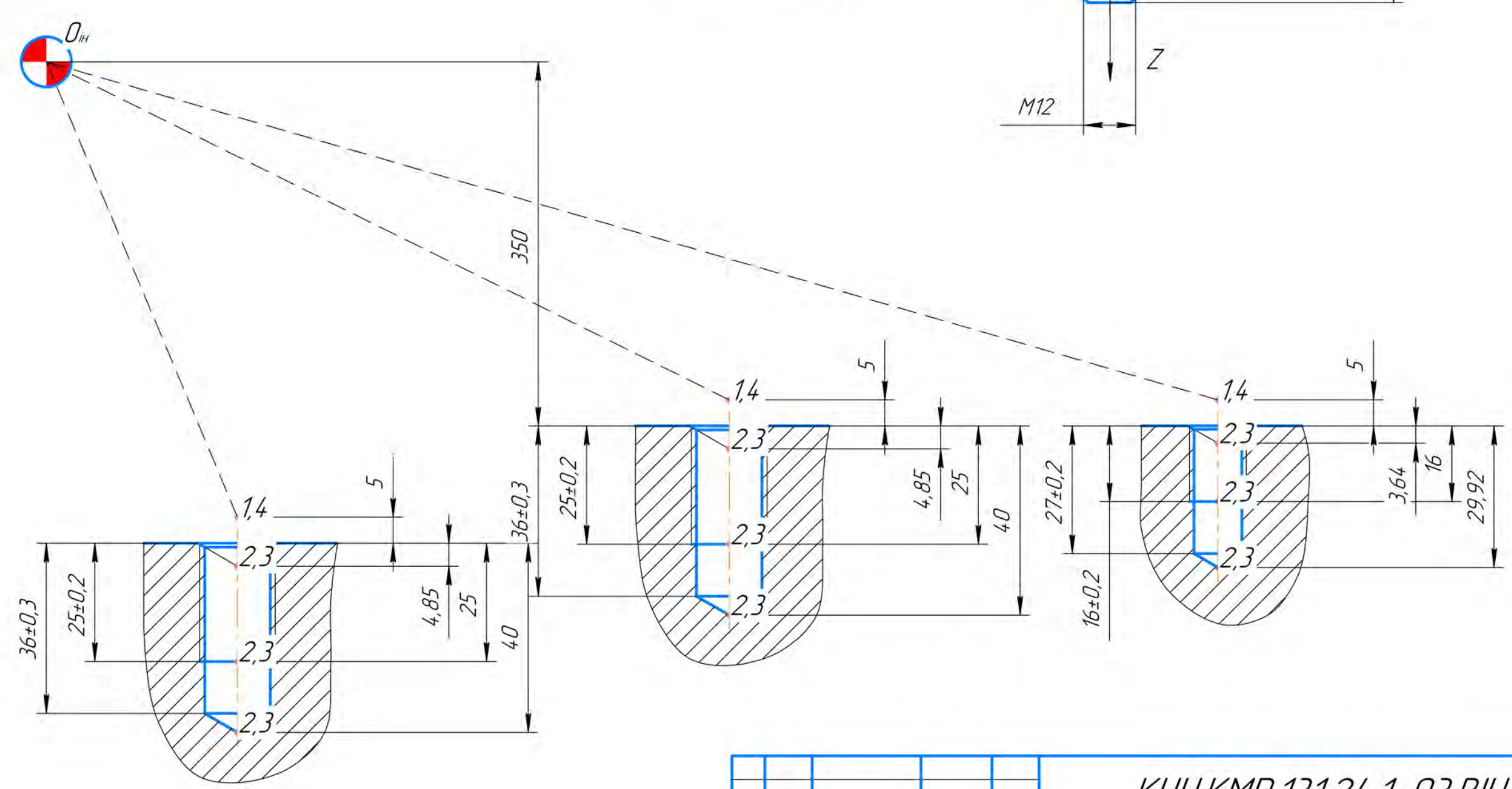
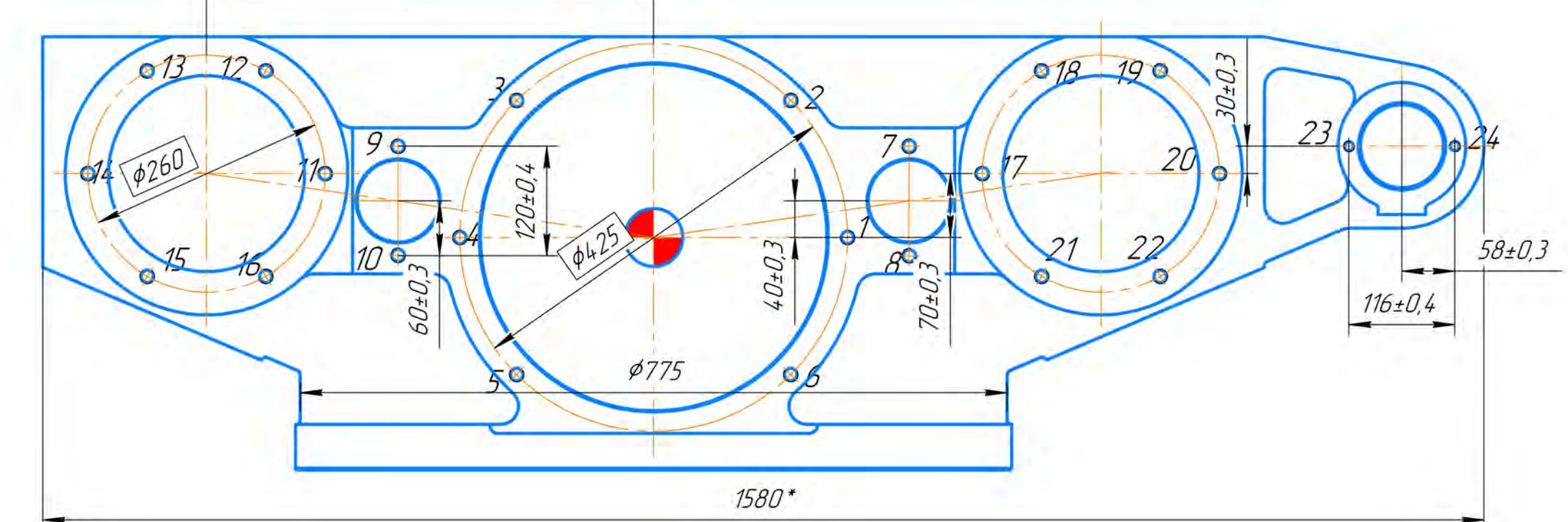
Мітчик 2620-1619  
ДСТУ ГОСТ 3266-2009

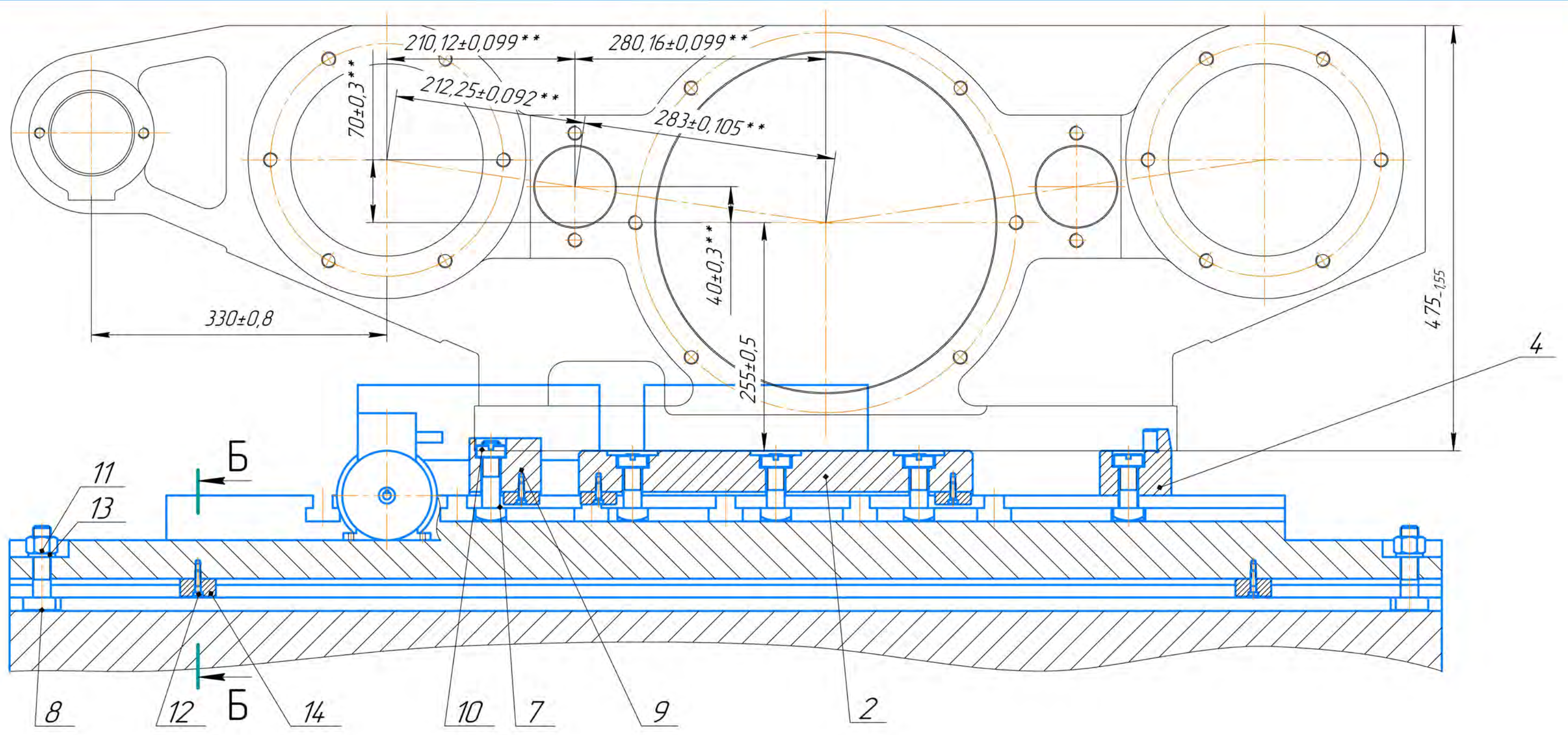
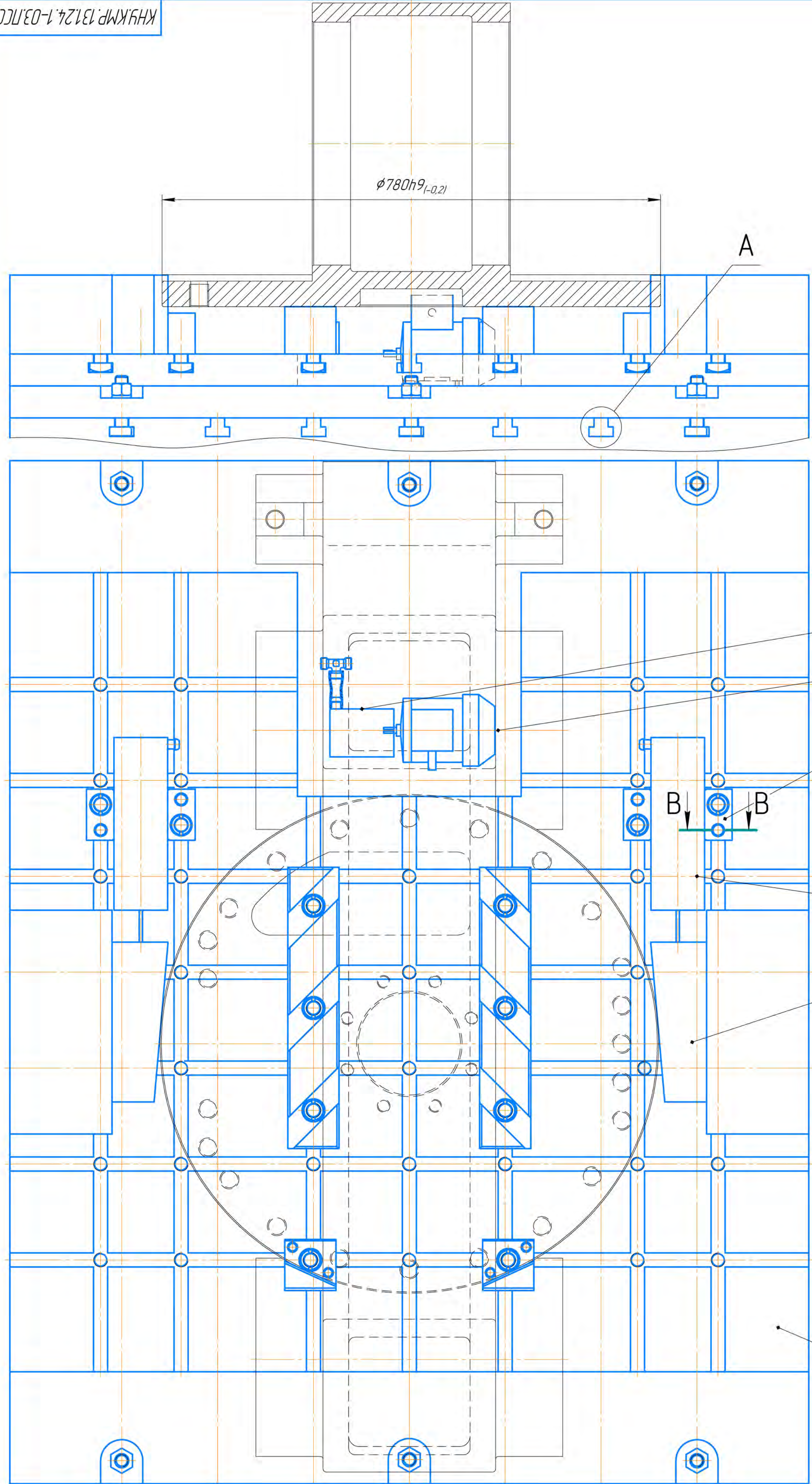
Свердла 2301-0046  
ДСТУ ГОСТ 10903-2007

Мітчик 2620-1619  
ДСТУ ГОСТ 3266-2009

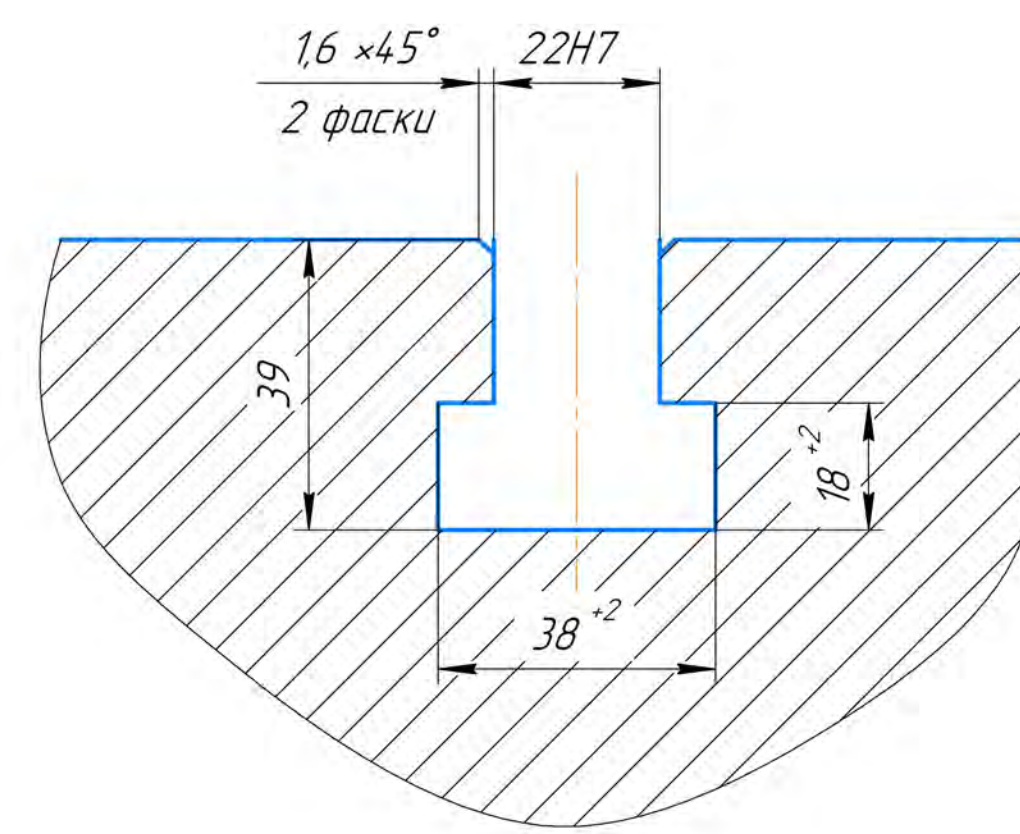


Номер поверхні	R, мм	$\varphi^\circ$ , град.
1	212,5	0
2	212,5	45
3	212,5	135
4	212,5	180
5	212,5	225
6	212,5	315

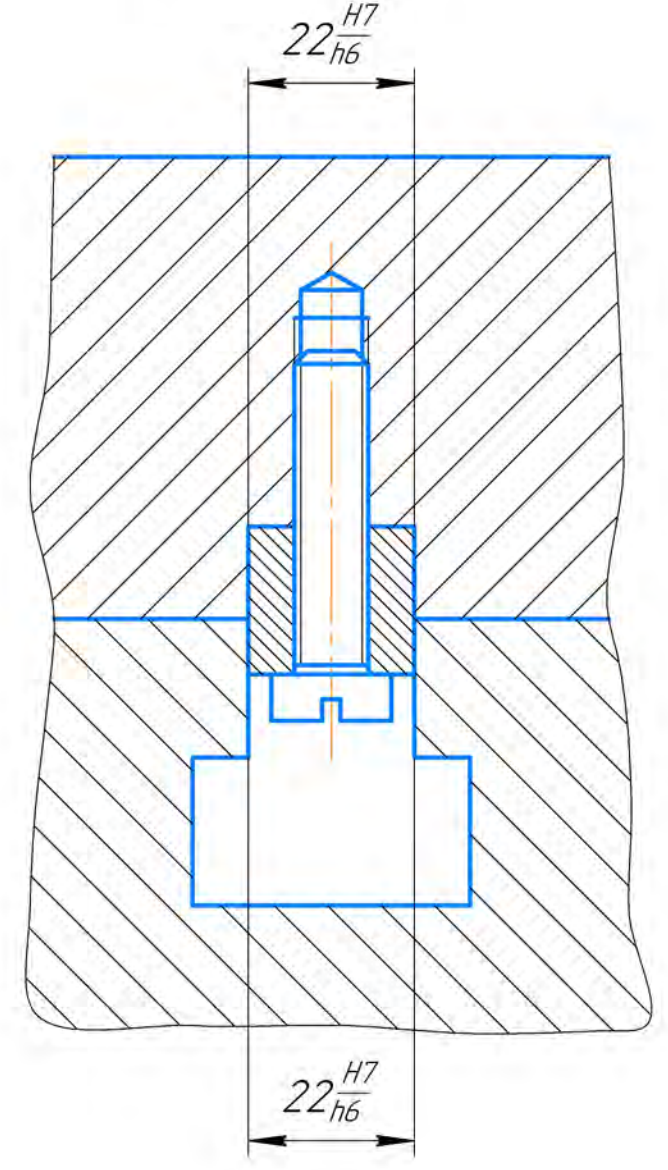




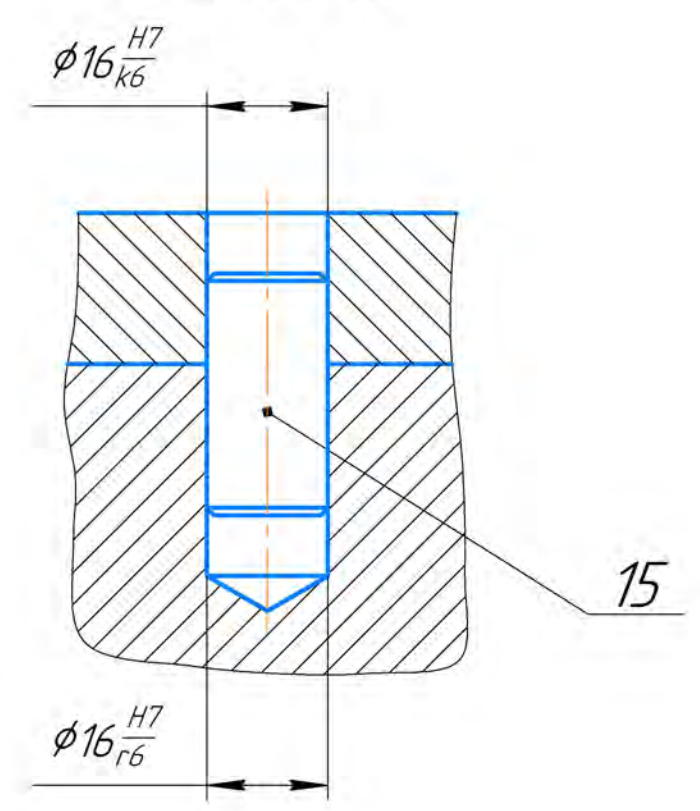
A(1:1)



Б-Б(1:1)



В-В (1:1)

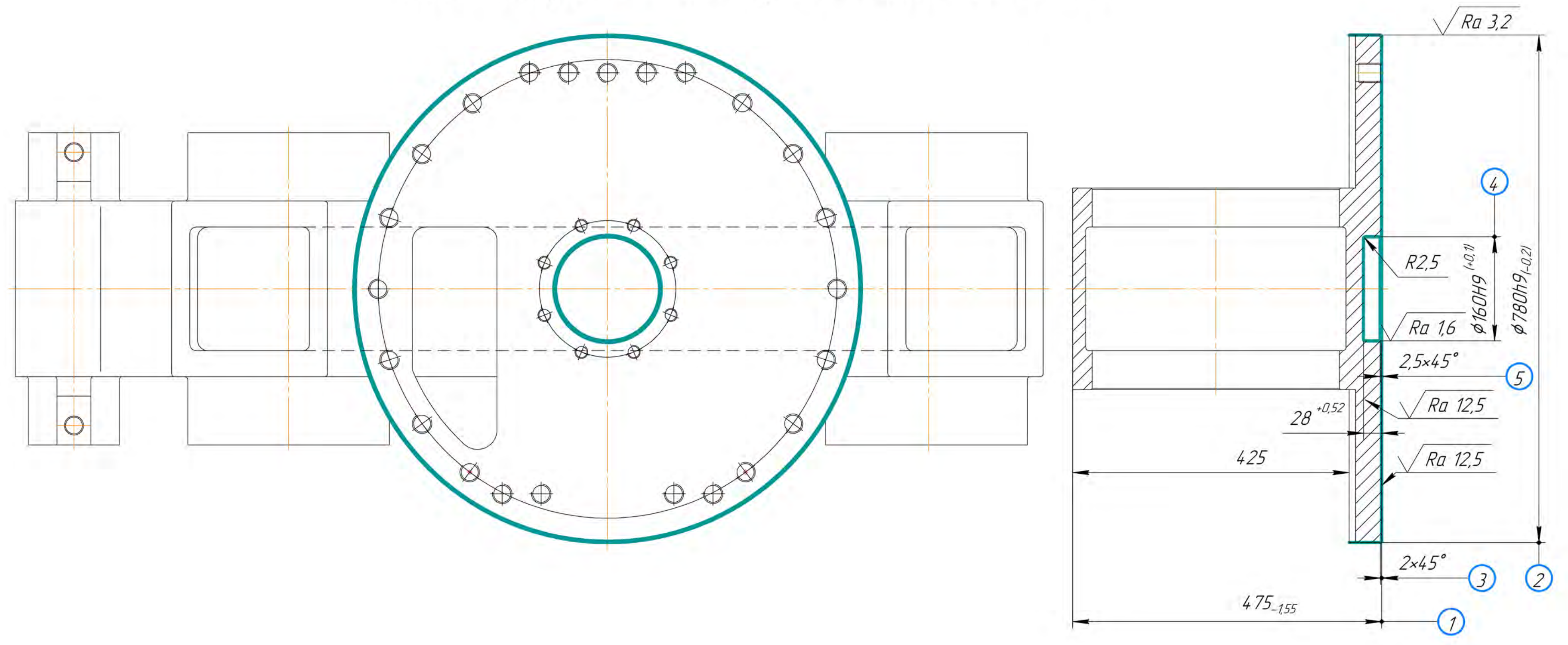


1. Пристрій для розточування отворів в деталі станина на горизонтально-розточувальному верстаті моделі 26635.
2. Точність пристосування 160 мкм.
3. Точність виконання розмірів 198 мкм.

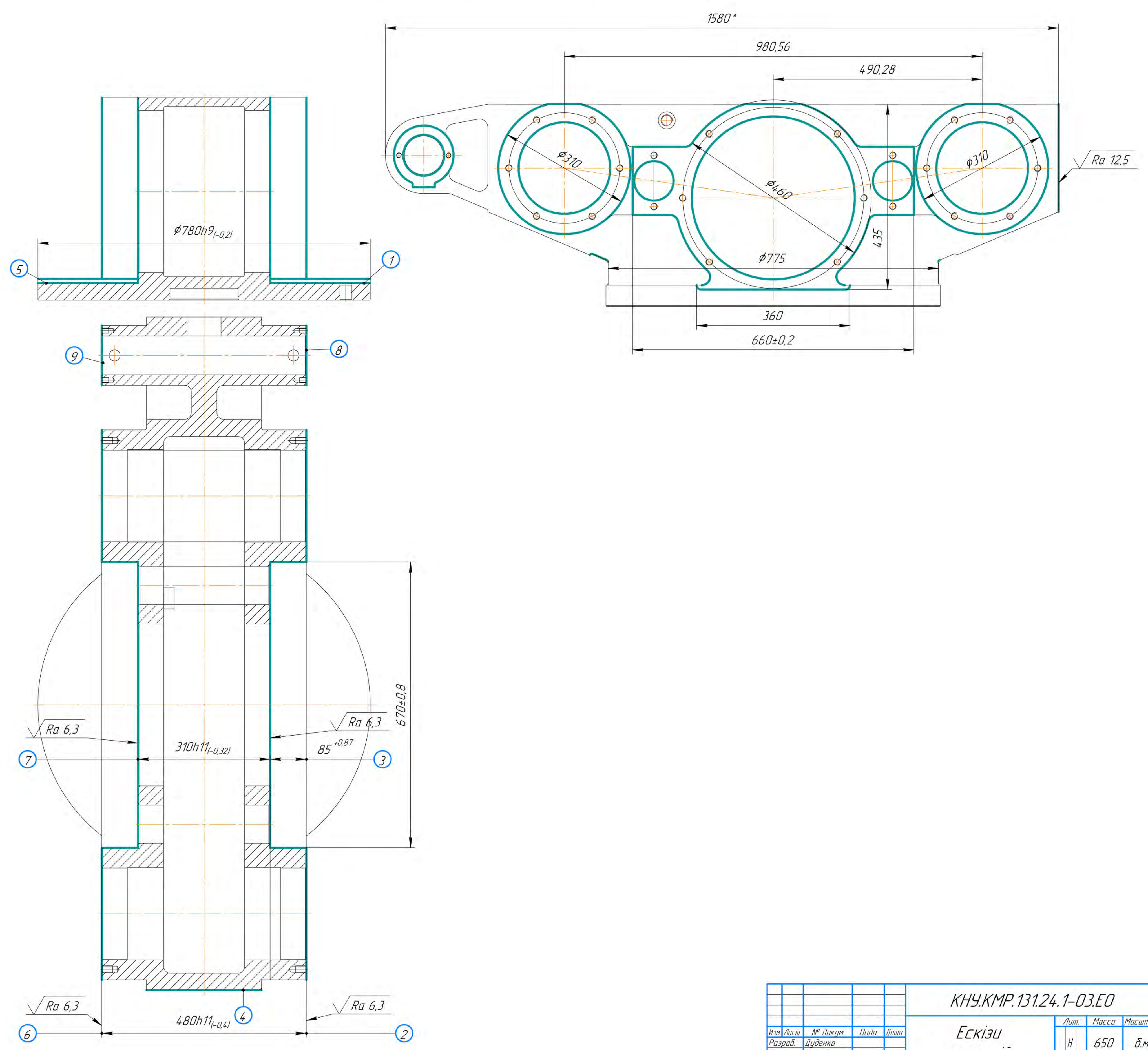
КНУ.КМР.131.24.1-03.ПССК				Лит.	Масса	Масштаб
Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Пристосування спеціальне		
Разроб.	Людженко			Н		1:5
Проб.	Цивинда			Складальне креслення		
Т.контр.				Лист	Листов	1
Н.контр.	Нечасов			Кафедра ТМ		
Утв.	Рязанцев			гр. ПМ-23м		
				Формат А1		



035 Токарна з ЧПК Верстат мод 1A525MФ3



040 Поздовжньо-фрезерна Верстат мод. 6M606



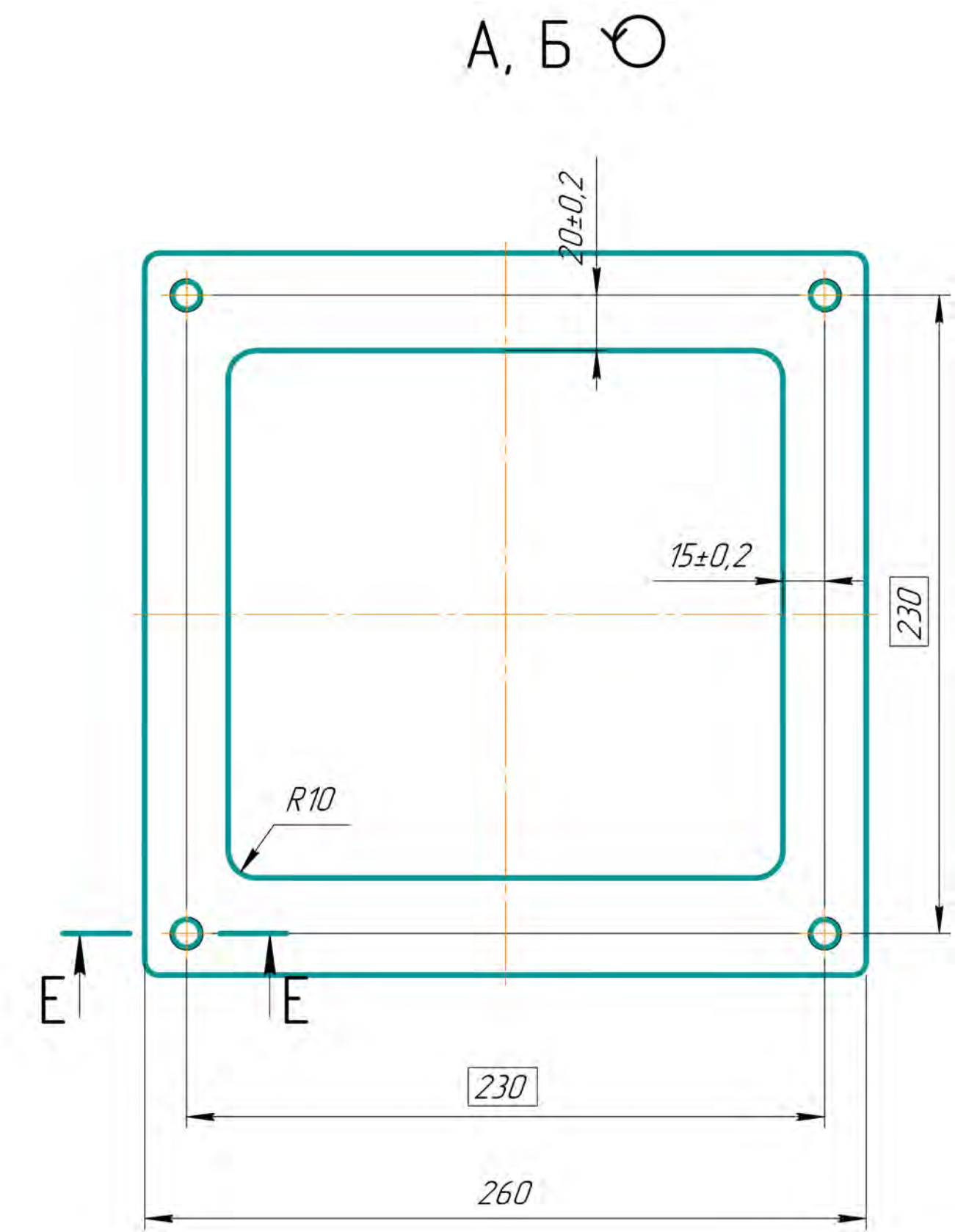
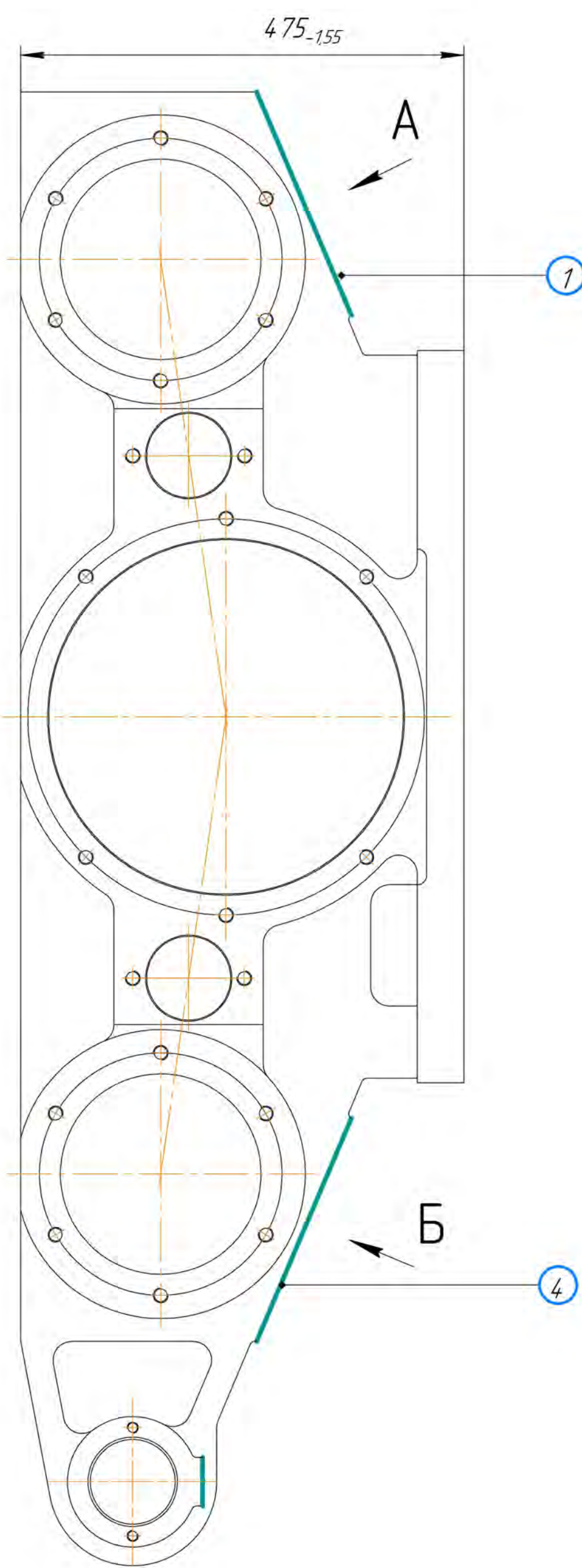
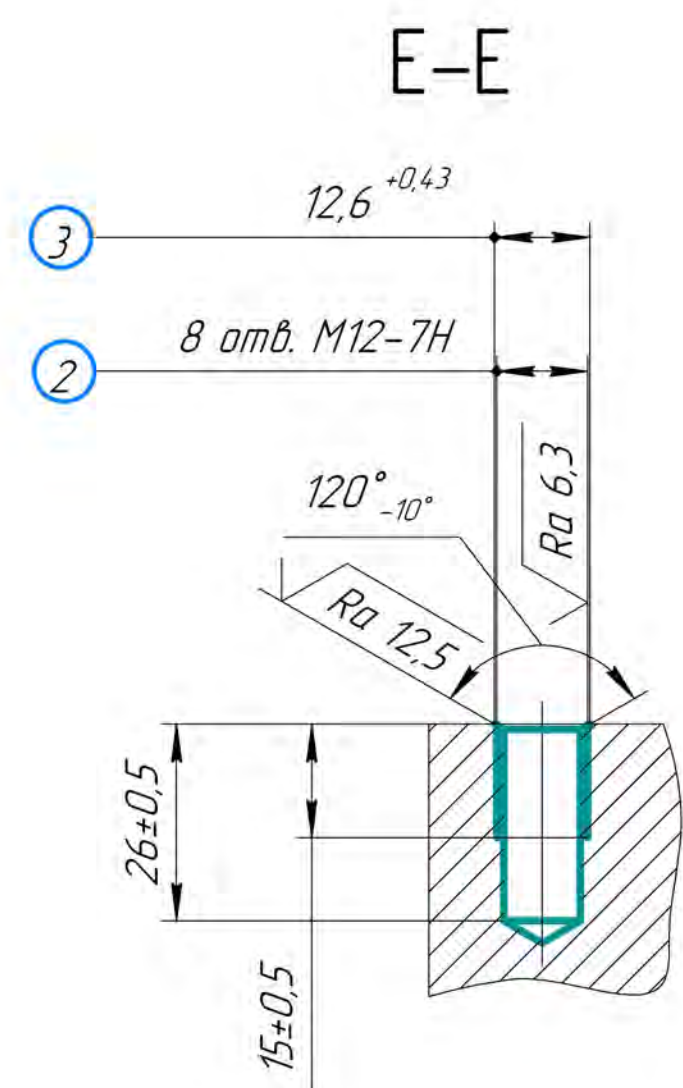
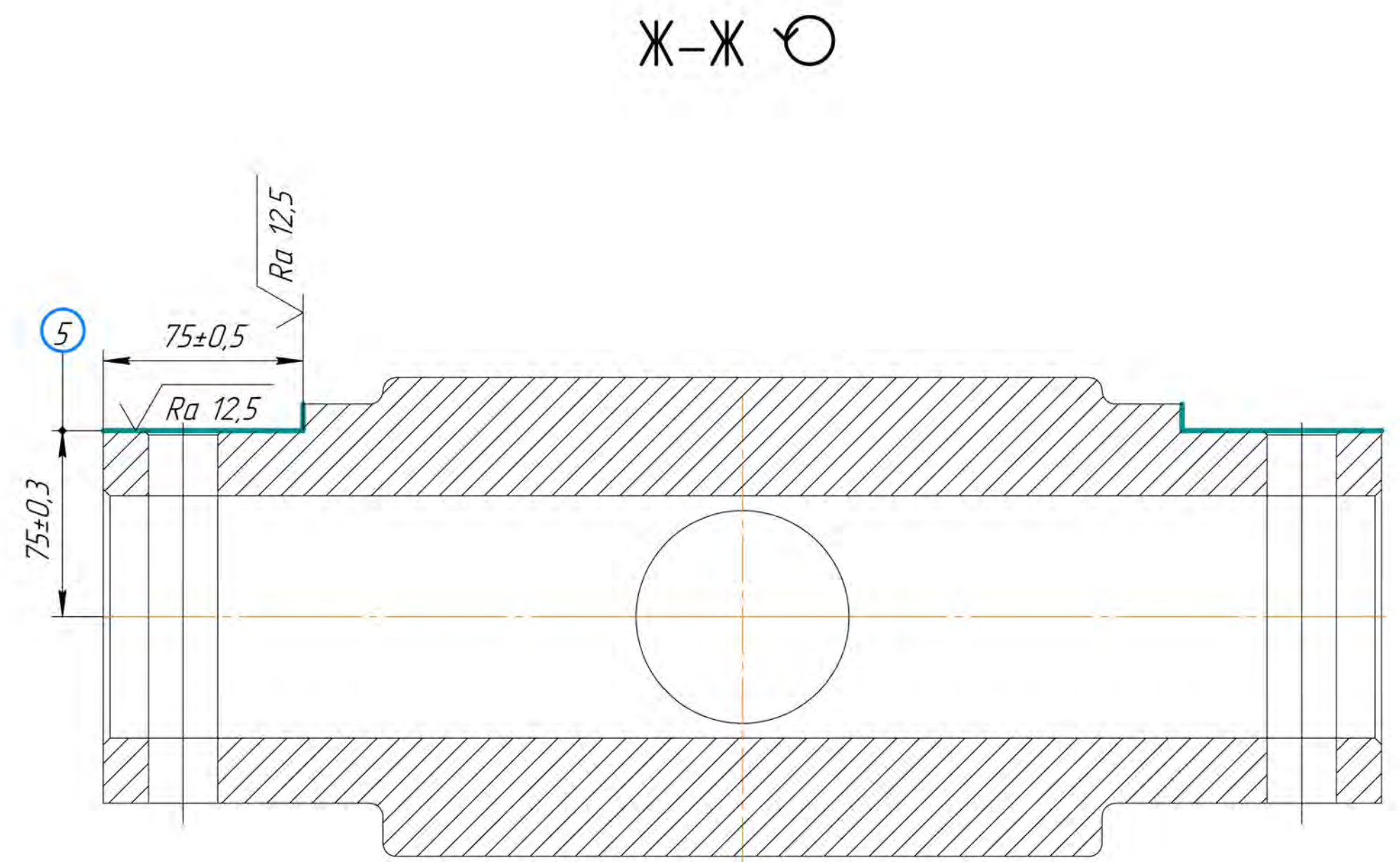
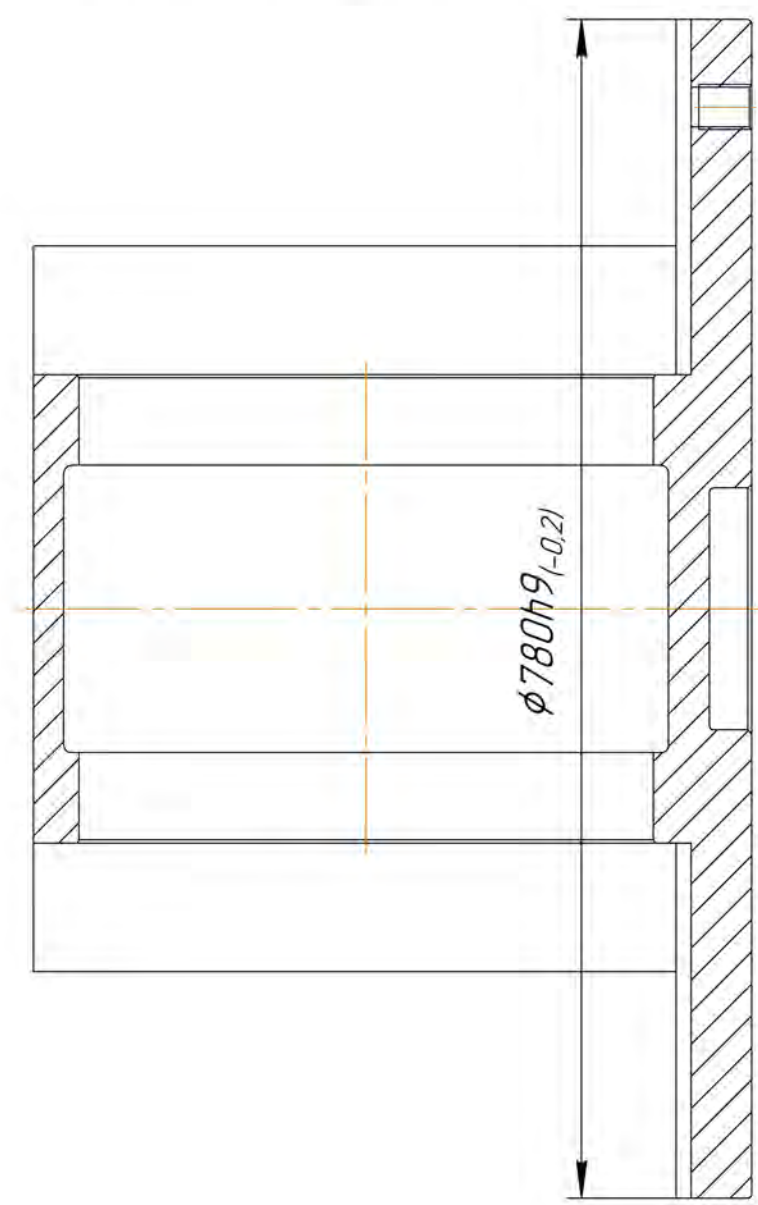
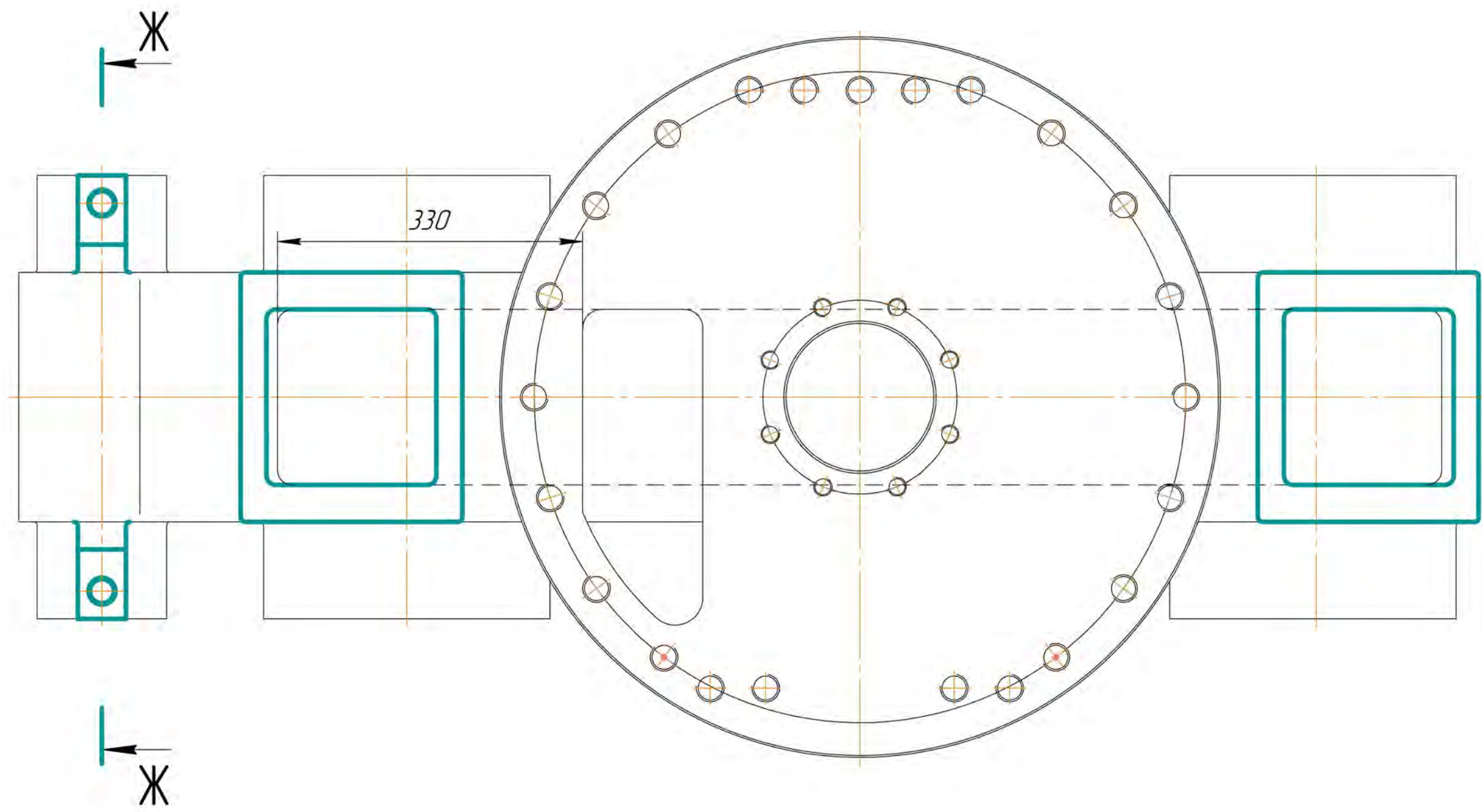
КНУ.КМР.131.24.1-03.ЕО

КНУ.КМР.131.24.1-03.ЕО  
Лист № 1  
Листов 4  
Копіював

КНУ.КМР.131.24.1-03.ЕО			Лист	Маса	Масштаб
Ескізи операцій			Н	650	д.м.
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	
Разраб.		Луденко			
Проб.		Цивинда			
Т.контр.					
Н.контр.		Нечаев			
Утв.		Рязанцев			
Копіював			Лист	1	Листов 4
			Кафедра ТМ		
			гр. ПМ-23М		
			Формат А1		



050 Горизонтально-розточувальна Верстат мод. 2Б635



055 Радіально-свердлувальна Верстат мод. 2М55Ф2

