

**Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу**

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Іванків Василь Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.9

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі "Кільце Фб 8.249.002"

(назва роботи)

Прикладна механіка

(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Борушак Л.О., доцент кафедри КМВ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор

(посада)

(підпис)

(дата)

Панчук В.Г.

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

м.Івано-Франківськ-2025 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

«_____» _____ 2025

року

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Іванківу Василю Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія виготовлення деталі “ Кільце Фб 8.249.002”

керівник роботи доцент кафедри КМВ Борушак Л.О.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “__” _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи 10 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи креслення деталі,

дані базової технології

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Технологічна частина (аналіз деталі, вибір заготовки, розробка маршрутної та операційної технології виготовлення, розрахунок припусків, режимів різання). Конструкторська частина (проекування верстатного пристрою) на фрезерно-свердлильну операцію. Складання керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК. Проекування контрольного пристрою.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення деталі, 3D моделі деталі та контрольного пристрою, складальні креслення верстатного та контрольного пристроїв для горизонтального фрезерно-свердлильного верстата з ЧПК, карта налагодження на токарну та фрезерну операції з ЧПК, керуюча програма обробки деталі на верстаті з ЧПК ,

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	Доцент кафедри КМВ Борушак Л.О.		

7. Дата видачі завдання 12 березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз	28.04.2024	
2	Проектування технології виготовлення деталі	10.05. 2024	
3	Проектування технологічного оснащення	20.05. 2024	
4	Розробка технології автоматизованої обробки	01.06. 2024	
5	Пояснювальна записка	10.06. 2024	
	Графічна частина	12.06. 2024	

Студент _____

Іванків В.В.

Керівник _____

Борушак Л.О..

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної бакалаврської роботи: Технологія виготовлення деталі
“Кільце Фб 8.249.002”

Розрахунково-пояснювальна записка: 50 сторінок, 8 рисунків, 10 таблиць, 9 посилань, 58 аркушів формату А4.

Графічна частина: 5 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “Кільце Фб 8.249.002”.

Мета роботи – розробити оптимізований технологічний процес механічної обробки кільця Фб 8.249.002, який повинен знизити вартість виготовлення деталі порівняно з базовою технологією, розробити конструкцію спеціальних верстатних пристроїв та скласти керуючі програми для верстатів з ЧПК.

Відповідно поставленій задачі у роботі проведений аналіз конструкції деталі, базового методу отримання заготовки та маршруту механічної обробки. За результатами проведеного аналізу та рекомендаціями літературних джерел розроблено більш сучасний маршрут механічної обробки даної деталі для заданого типу виробництва, відповідно до якого пораховано припуски та пораховано режими різання. Для встановлення і закріплення деталі на фрезерно-свердлильній операції спроектовано спеціальний верстатний пристрій із пневматичним приводом, працездатність якого підтверджено розрахунками, наведеними в конструкторській частині пояснювальної записки. Спроектовано також контрольний пристрій. Додатки містять технологічну документацію – маршрутний опис процесу, операційні ескізи.

Результати роботи можуть бути використані у виробництві на підприємствах галузі.

Ключові слова: *заготовка, деталь, технологічний процес, режими різання, швидкість різання, сила різання, операція, інструмент, обладнання, пристрій, сила затиску.*

Студент: Іванків В.В..

ABSTRACT

of qualifying bachelor's thesis: Technology of manufacturing the part
"Ring Fb 8.249.002

Calculation and explanatory note: 50 pages, 8 figures, 10 tables, 9 links, 58 sheets of A4 enclosures.

Graphic part: 5 sheets of A1 format.

The object of study is the technological process of machining.

The subject of research is the detail "Adapter 0735 405344 712".

The purpose of the work is to develop an optimized technological process for mechanical machining of the FB 8.249.002 ring, which should reduce the cost of manufacturing the part compared to the basic technology, develop the design of special machine tools and create control programs for CNC machines.

In accordance with the task in the work a detailed analysis of the design of the part, the basic method of obtaining the workpiece and the route of machining was made. Based on the results of the analysis and recommendations from literary sources, a more modern route for machining this part for a given type of production was developed, according to which allowances were and cutting modes were calculated. To install and secure the part on machining operations, a special machine tool with a pneumatic drive is designed, the efficiency of which is confirmed by the calculations given in the 2nd section of the explanatory note. The design of the control device is engineered. A control device has also been designed. The appendices contain all the necessary technological documentation.

The results of the work can be used in production at enterprises in the industry.

Keywords: workpiece, detail, technological process, cutting modes, cutting speed, cutting force, operation, tool, equipment, device, clamping power.

Student: V. Ivankiv

Зміст

Вступ	
1 Технологічна частина.....	
1.1 Опис призначення та конструкції деталі	
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	
1.3 Визначення програми випуску і кількості деталей в партії	
1.4 Аналіз базової технології і розробка маршрутної технології.....	
1.4.1 Обґрунтування вибору заготовки.....	
1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу.....	
1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу.....	
1.4.3 Проектний варіант технологічного процесу обробки кільця.....	
1.5 Розробка операційної технології.....	
1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку	
1.5.2 Розрахунок режимів різання	
1.6 Розробка керуючих програм на токарну та фрезерну операції з ЧПК...	
2. Конструкторська частина.....	
2.1 Пристрій для вертикального фрезерного верстата з ЧПК	
2.1.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою	
2.1.2 Силовий розрахунок пристрою.....	
2.1.3 Розрахунок на міцність елементів пристрою.....	
2.2 Контрольний пристрій.....	
Висновок.....	
Перелік використаних джерел.....	
Додатки.....	

						БР.ПМ-579.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;"><i>Пояснювальна</i></p> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;"><i>записка</i></p>			Літ.	Арк.	Аркушіє
Розроб.	Іванків В.В.	Борущак Л.О.	Панчук В.Г.						2	
Перевір.								ІФНТУНГ ПМ-23-1К		
Реценз.										
Н. Контр.	Борущак Л.О.									
Затверд.	Панчук В.Г.									

ВСТУП

Рівень економічного розвитку європейської держави сильно залежить від рівня розвитку промисловості, в першу чергу машинобудівної галузі. Війна призвела до величезних втрат у жилих спорудах, об'єктах інфраструктури та підприємств машинобудування. Тисячі фахівців зараз воюють з агресором, захищаючи Україну.

На сьогоднішній день актуальним є забезпечення виробництва та ремонту зброї, військової техніки, та боєприпасів. А після закінчення війни одним з факторів відродження машинобудування наявність грамотних інженерів.

Саме тому підготовка магістрів з прикладної механіки є важливим завданням випускаючої кафедри нашого вишу.

Рівень підготовки фахівців машинобудування визначається також набуттям практичних навичок у підготовці.

Важливими завданнями підготовки за нашим фахом є оволодіння комп'ютерними технологіями підготовки виробництва та виконання дослідницьких робіт. Реалізація сучасних технологій базується на високопродуктивному і точному обладнанні, оснащеному системами числового програмного керування. Фахівцю з прикладної механіки належить вміти вибрати потрібне обладнання та найбільш раціонально його застосувати. Це ще один аспект фахової підготовки.

Моя бакалаврська робота базується на технологічних, і конструкторських рішеннях, прийняття яких стало можливим після навчання в університеті

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Технологічна частина

1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Деталь «Кільце різбове Фб 8.249.002» відповідно до класифікації Ф. С. Дем'янюка відноситься до деталей типу втулок і служить для з'єднання частин корпусу глибинного дифманометра.

Як заготовку кільця застосовують трубний прокат нормальної точності із сталі 45 зовнішнім \varnothing 159 мм і товщиною стінки 16 мм.

Конфігурація деталі – циліндрична втулка \varnothing 155 мм з двома внутрішніми різбовими поясами М135х3-7Н, шістьма радіальними наскрізними отворами \varnothing 17,9 мм для спеціального ключа, та чотирма отворами з різбою М4 для кріплення кришок. Зовнішня циліндрична і внутрішні різбові поверхні мають фаски $2,5 \times 45^\circ$, а радіальні отвори – фаски $1,5 \times 45^\circ$. Підвищені вимоги до торцьового биття обґрунтовані необхідністю щільного і точного контакту торців з контрагайками.

Основними технологічними базами кільця різбового є поверхні торців і зовнішня циліндрична поверхня.

Розглянемо поверхні за точністю та шорсткістю.

Поверхні з найвищою точністю і шорсткістю:

- внутрішня циліндрична базуюча поверхня $\varnothing 135,5^{+0,040}$ мм (4) – квалітет Н7, – Ra 2,5 мкм;
- внутрішня різбова поверхня (11) – квалітет Н7, – Ra 5,0 мкм;
- решта поверхонь – за 14 квалітетом точності, Ra 5,0 мкм;
- вимоги до взаємного розміщення поверхонь – радіальне биття різбових поверхонь М135х3 відносно поверхні $\varnothing 135,5^{+0,040}$ мм не більше 0,1 мм, биття торців деталі відносно цієї ж поверхні - не більше 0,15 мм;
- інші поверхні – поля допусків Н14, h14 та $\pm IT14/2$, Rz 20 мкм.

Хімічний склад сталі 45 вказаний у таблиці 1.1.

Механічні властивості сталі 45 вказані у табл. 1.2. Основні характеристики

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809: 2015 (ГОСТ 1050–74)

Вміст елементів, %							
C	Si	Cr	Mn	S	P	Ni	Cu
				не більше			
0,42-0,50	≤0,37	0,17-0,25	0,50-0,80	≤0,05	≤0,03	≤0,32	≤0,30

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809: 2015 (ГОСТ 1050–74)

σ _B , МПа	КСУ Дж/м ²	Ψ, %	σ _{0,2} , МПа	НВ	Відносне звуження, % Не менше
610	52	40	355	222...230	40

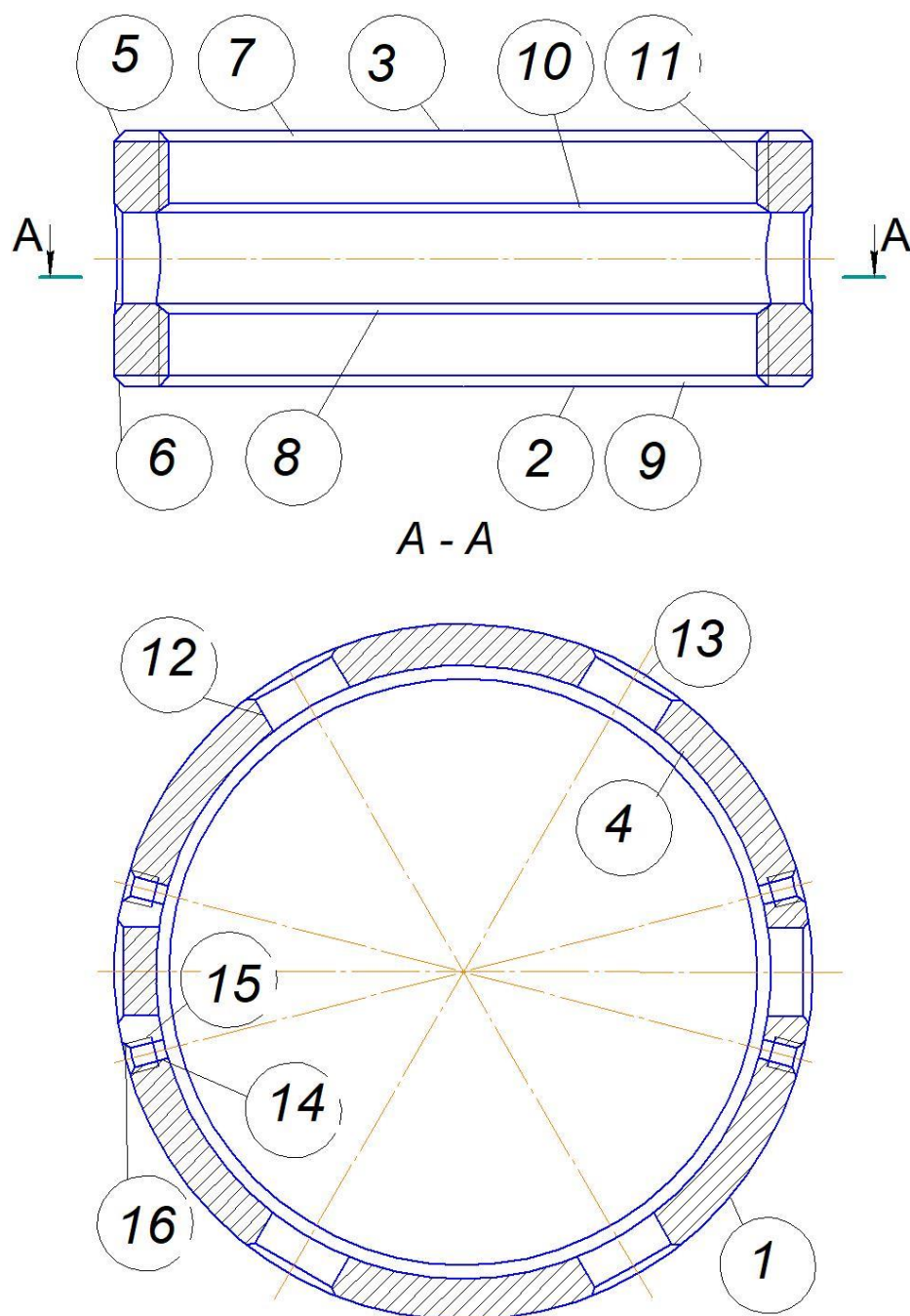
Таблиця 1.3 – Характеристика поверхонь вала

№ поверхні	Конфігурація та службове призначення поверхонь	Розміри, мм	Квалітет точності, допуск, мм	Точність форми та розміщення	Шорсткість Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
1	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø155x55	h 14	±IT14/2	5,0
2,3	Верхній і нижній (за кресленням) торці. Технологічні бази. Конструкторська база. Виконавчі поверхні.	55,0 мм	h14	±IT14/2	5,0
4	Внутрішня циліндрична. Виконавча поверхня.	ø135,5 мм	H7	±IT14/2	5,0
5, 6	Зовнішні фаски.	2,5x45°	14	t2/2	5,0
7, 8, 9, 10	Внутрішні фаски	2,5x45	14	t2/2	5,0
11	Внутрішня різьбова поверхня. Виконавча поверхня.	M135x3	7	±IT14/2	5,0
12	Внутрішня циліндрична поверхня. Виконавча поверхня.	Ø17,9	H14	t2/2	5,0
13	Фаска внутрішня	1,5x45°	14	t2/2	5,0

14	Отвір радіальний	Ø3,3	7	7	5,0
15	Різьба внутрішня. Виконавча поверхня	M4-7H	7	7	5,0
16	Фаска внутрішня. Вільна поверхня.	1,0x45°	14	t2/2	5,0

Ескіз деталі з номерами поверхонь показаний на рис. 1.1

Отже, конструкція кільця порівняно нескладна, поверхонь складної конфігурації і таких, що потребують мірного фасонного інструменту, немає за винятком різбових.



										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР.ПМ-050.00.000 ПЗ					

Рис. 1.1 – Ескіз кільця з номерами поверхонь

Зовнішній вигляд моделі кільця показаний на рис. 1. 2.

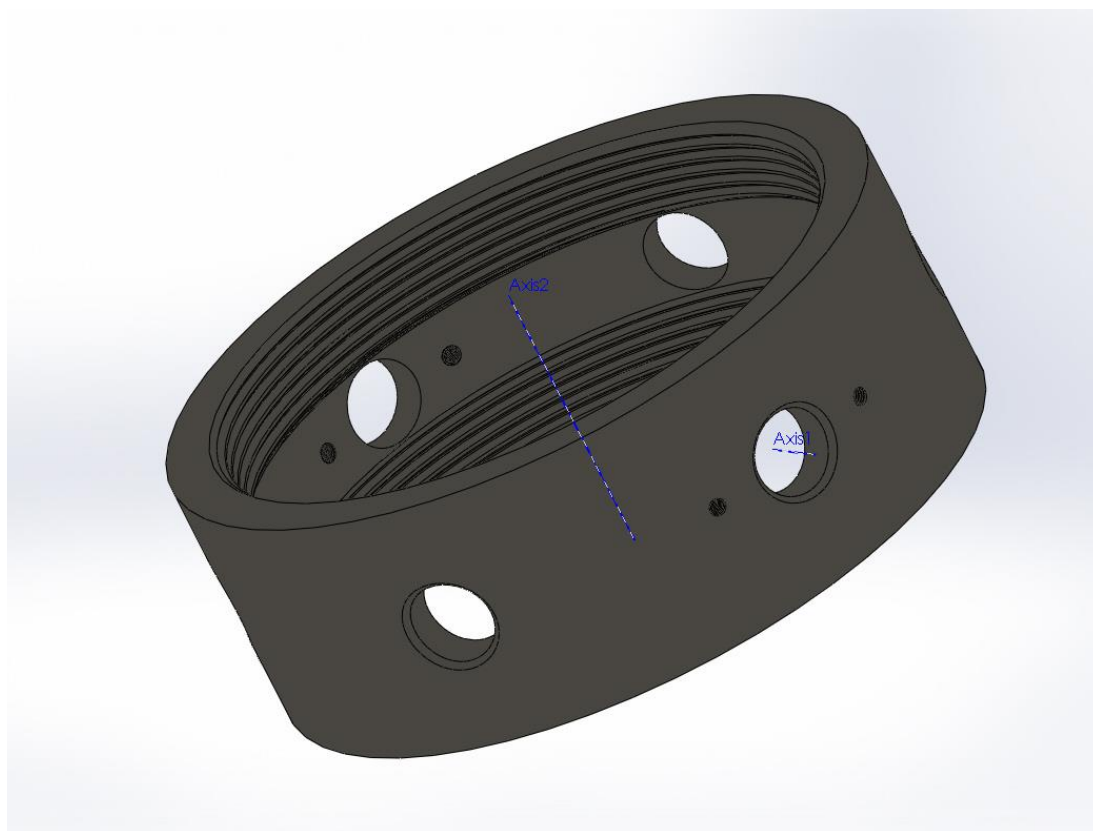


Рис.1. 2 – 3Dмодель кільця різбового ФБ 8.249.002

					<i>БР.ПМ-050.00.000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі кільця Фб 8.249.002

Заготовкою кільця різьбового Ø155 мм за базовою технологією служить трубний прокат нормальної точності Ø159 мм.

Форма поверхонь деталі нескладна – в основному зовнішні та внутрішній циліндри, зовнішні та внутрішні плоскі торці і внутрішні різьбові поверхні. Деталь відносно жорстка за рахунок своєї форми і товщини стінки. Згідно базової технології поверхні обертання кільця (1, 4, 5, 6, 8, 9, 10) і центральну різьбу М135х3 обробляють на універсальних токарно-гвинторізних верстатах – 1М63, радіальні циліндричні отвори Ø17,9 мм– на радіально-свердлильному 2МА55 та отвори з різьбою М4 на настільно-свердлильному верстаті 2Н55.

Доступ інструментів до всіх оброблюваних поверхонь хороший.

Обробку поверхонь можна виконати нормалізованим та стандартним мірним інструментом (мітчиком). Отже, деталь в цілому технологічна.

Згідно ГОСТ 14.202-73 проводимо кількісний аналіз технологічності по - коефіцієнту уніфікації K_y .

Загальна кількість поверхонь – 35

з них механічну обробку проходять – 35

уніфікованих поверхонь – 35.

Поверхонь за 14-м квалітетом точності – 30

Поверхонь за 7-му квалітетом точності – 1

Визначаємо коефіцієнт уніфікації за формулою

$$K_{y_{\Sigma}} = \frac{Q_{y_{\Sigma}}}{Q_{\Sigma}}$$

де Q_{Σ} - загальна кількість оброблюваних поверхонь

$Q_{y_{\Sigma}}$ - кількість уніфікованих поверхонь

$$K_y = 35/35 = 1,0$$

За коефіцієнтом уніфікації деталь вважається технологічна, оскільки, K_y більший від допустимого 0,6.

Конструкція деталі і тип виробництва дають підстави для застосування в механічній обробці токарний та фрезерно-свердлильний верстати з ЧПК

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.3 Річна програма випуску та розмір партії деталей

Заданий тип виробництва – середньоосерійний.

Режим роботи підприємства 2 зміни на добу.

Основна інформація про заводську технологію подається в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Трудоемкість операцій.

№ операції	Назва операції	Модель верстату	
1	2	3	4
005	Токарна з ЧПК	HAAS ST-25	14,58
010	Горизонтально фрезерна з ЧПК	KITAMURA MYCENTER HX250IG	11,4

Число операцій $n = 2$; (без врахування заготівельної операції 005)

сумарний штучний час $\sum T_{ум} = 25,98$ хв.

Середній штучний час:

$$T_{ум.сер} = \frac{\sum T_{ум}}{n} = \frac{25,98}{2} = 12,99 \text{ хв.}$$

Такт випуску деталей:

$$t_6 = k_3 \cdot T_{ум.сер} = 20 \cdot 12,99 = 259,8 \text{ хв,}$$

де k_3 – коефіцієнт закріплення операцій для заданого типу виробництва:

$$20 < k_3 < 40. \text{ Приймаємо } k_3 = 20.$$

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{F_0 \cdot 60}{t_6} = \frac{3900 \cdot 60}{259,8} = 900 \text{ шт,}$$

Приймаємо $N=900$ шт.

де F_0 – дійсний річний фонд робочого часу устаткування.

$$F_0 = 3900 \text{ год.}$$

Розрахункова кількість деталей у партії:

$$n_{\partial} = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{900 \cdot 12}{252} = 43 \text{ шт.},$$

де a – періодичність запуску виробів, $a = 12$ днів ([1], с.23);

F – кількість робочих днів у році, 2 дні.

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{ум.сер} \cdot n_{\partial}}{480 \cdot 0,8} = \frac{12,99 \cdot 43}{480 \cdot 0,8} = 1,455 \text{ зміни},$$

де 480 – дійсний фонд часу роботи устаткування за зміну, хв.

0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів у серійному

виробництві.

Прийнята кількість змін $C_{np} = 2$ зміни.

Прийнята кількість деталей в партії:

$$n_{\partial} = \frac{C_{np} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{ум.сер}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{12,99} = 59,12 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_{\partial} = 60$ шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

$$\text{Число запусків } i = \frac{N}{n_{\partial}} = \frac{900}{60} = 15.$$

Приймаємо $i = 15$;

тоді $N = i \cdot n_{\partial} = 15 \cdot 60 = 900$ шт.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

БР.ПМ-050.00.000 ПЗ

1.4 Аналіз базової технології і розробка маршрутної технології

1.4.1 Обґрунтування вибору заготовки

За базовою технологією як заготовку використовують трубний прокат розмірами $\text{Ø}159 \times 16$ мм.

Виходячи з конструкції нашої деталі і типу виробництва – середньо серійне, така заготовка є оптимальною, бо забезпечує мінімальний відсоток відходів матеріалу.

Отже, залишаємо спосіб отримання заготовки такий самий, як у базовій технології.

					<i>БР.ПМ-050.00.000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу

Операції та переходи базової технології виготовлення кільця покажемо у формі таблиці 1.5

Таблиця 1.5 – Послідовність механічної обробки поверхонь за базовим технологічним процесом

№ операції	Обр. Поверхн і деталі	Назва та зміст операції,	Верстат, пристрій, оснастка
005		Заготівельна	Фрезерновідрізний верстат 8В66
010	1, 2, 6, 9	Токарно-гвинторізна 1. Підрізати торець 2 в р-р 57,5 мм. 2. Точити пов-ню 1 в Ø155 мм 3. Точити фаску 6 4. Розточити фаску 9	Токарно-гвинторізний 1М63
015	3, 5, 7, 11, 4, 8, 10	Токарно-гвинторізна 1. Підрізати торець 3 в р-р 55 мм 2. Точити фаску 5 3. Розточити фаску 7 4. Розточити отвір Ø127 мм до Ø132 мм начисто. 5. Розточити отвір Ø135, начисто. 6. Нарізати різьбу М135х3,0	Токарно-гвинторізний 1М63
020		Слюсарна 1. Розмітити 6 центрів отворів Ø17,9 2. Розмітити 4 центри отворів Ø3,3 мм	Верстак слюсарний, лещата слюсарні
020	12, 13	Радіально-свердлильна 1. Свердлити отвір Ø17,9 напрохід по розмітці 2. Зенкувати фаску 1,5х45° 3. Повторити переходи 1, 2 п'ять разів	2М55 Лещата верстатні
025	14, 15, 16	Настільно-сверлильна 1. Свердлити отвір Ø3,3 мм під різьбу М4 2. Зенкувати фаску 1х45° 3. Нарізати різьбу М4 на глибину 6,0 мм 4. Повторити переходи 1, 2, 3 тричі	2Н55 Лещата верстатні

Загальним зауваженням до описаної технології є використання універсальних токарних та свердлильних верстатів, а також слюсарної операції для розмітки отворів і різьбонарізання в умовах серійного виробництва. Використання верстата з ЧПК об'єднає чорнову і чистову обробку поверхонь обертання та різьбо нарізання, обробку можна провести на одному верстаті з двох установів. Застосувавши горизонтальний фрезерно-свердлильний верстат з ЧПК і верстатний пристрій з пневмозатиском, уникнемо розміточних операцій, перевстановлення і перезакріплення деталі, що в рази підвищить продуктивність обробки деталі.

Отже, застарілість базової технології полягає у використанні виключно універсальних неавтоматизованих верстатів та слюсарно-розміточних операцій.

В нашому випадку всю токарну обробку поверхонь обертання та нарізання внутрішньої різьби можна об'єднати на одному HAAS ST-25. Обробку здійснимо за два установи заготовки.

Обробку радіальних отворів та різьбових отворів М4 виконаємо на горизонтальному фрезерно-свердлильному верстаті з ЧПК мод. KITAMURA MYCENTER HX250IG із системою ЧПК Siemens Sinumetrik 828D.

Принцип об'єднання чорнових і чистових переходів забезпечить отримання вищої якості поверхонь. Режими різання за новою технологією необхідно скоригувати згідно до можливостей сучасних інструментів та верстатів.

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.4.3 Проектний варіант технологічного процесу обробки кільця

Операції та переходи нової технології виготовлення кільця покажемо у формі таблиці 1.6

Таблиця 1.6 – Проектна технологія виготовлення кільця Фб 8.249. 002

№ операції	Обр. Поверхні і деталі	Назва та зміст операції,	Верстат, пристрій, оснастка
005		Заготівельна	Фрезерновідрізний верстат 8В66
010		Токарна з ЧПК	Горизонтально-токарний зЧПК мод НААС ST-25, патрон трикулачковий з гідрозатиском
	1, 2, 6, 9	Установ 1 1.Підрізати торець 2 в р-р 57,5 мм. 2. Точити пов-ню 1 в Ø155 мм 3. Точити фаску 6 4. Розточити фаску 9	
	3, 5, 7, 11, 4, 8, 10	Установ 2 1. Підрізати торець 3 в р-р 55 мм 2. Точити фаску 5 3. Розточити фаску 7 4. Розточити отвір Ø127 мм до Ø132 мм начисто. 5. Розточити отвір Ø135, начисто. 6. Нарізати різьбу М135х3,0	
015	12, 13, 14, 15	Горизонтально-фрезерна з ЧПК	КІТАMURA MYCENTER HX250IG Пристрій верстатний з пневмозатиском
		Позиція 1 1.Свердлити отвір Ø17,9 напрохід по програмі 2. Зенкувати фаску 1,5х45° 3. Свердлити 2 отвіри Ø3,3 мм під різьбу М4 4. Зенкувати 2 фаски 1х45° 5. Нарізати 2 різьби М4 на глибину 6,0 мм	
		Позиція 2 1.Свердлити отвір Ø17,9 напрохід по програмі і 2. Зенкувати фаску 1,5х45°	
		Позиція 3 1.Свердлити отвір Ø17,9 напрохід по програмі і 2. Зенкувати фаску 1,5х45°	
		Позиція 4 1.Свердлити отвір Ø17,9 напрохід по програмі	

БР.ПМ-050.00.000 ПЗ

Лист

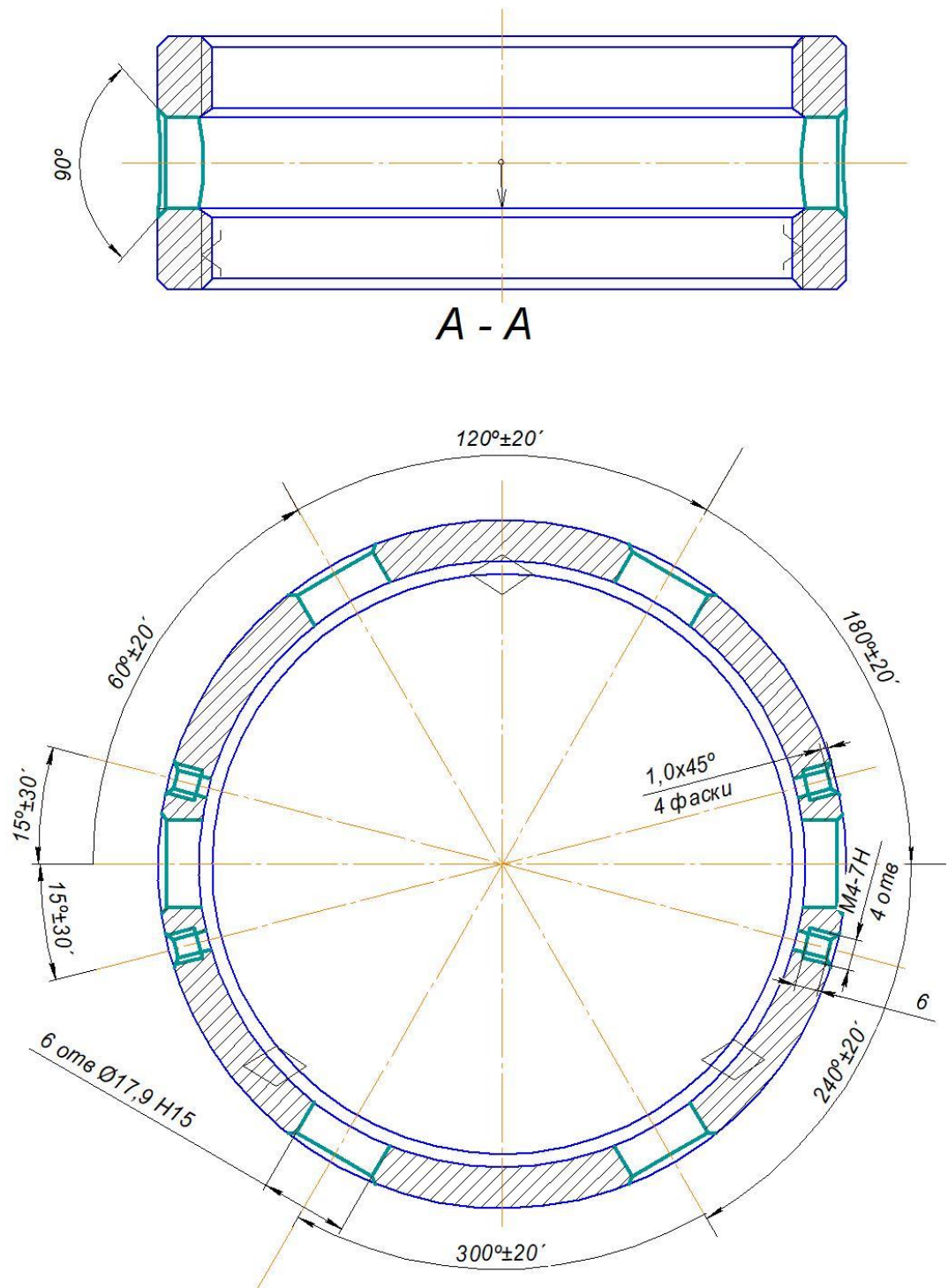


Рис. 1.5 – операційний ескіз, операція 015, установ 1, позиції 1 – 6

Зовнішній вигляд застосованих верстатів показаний на рис. 1.6 – 1.7, а технічні параметри – у таблицях 1.7 – 1.87.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР.ПМ-050.00.000 ПЗ					



Рис. 1.6 –Токарний верстат з ЧПК мод.НААС ST 25

Таблиця 1.7 – Параметри верстата НААС ST 25

	Параметри обробки	Числове значення
1	Діаметр патрона, мм	254
2	Найбільший діаметр прутка, мм	76
3	Максимальний діаметр деталі	533 мм
4	Максимальний діаметр обробки (з револьверною головкою кріпленні по стандарту VOT)	330 мм
5	Максимальний діаметр обробки (з револьверною головкою кріпленні по стандарту VMT65)	298 мм
	Шпиндель	
6	Максимальна швидкість	3400 об./хв
7	Максимальний крутний момент / зі швидкістю 500 об / хв /	407 Нм
8	Максимальна потужність	22,4 кВт
9	Торець шпинделя	A2-6
10	Максимальні оберти, хв. ⁻¹	5000
	Револьверна головка	
11	Кількість інструментів, шт	12

					Лист
<i>БР.ПМ-050.00.000 ПЗ</i>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	



Рис. 1.7 –Фрезерний верстат з ЧПК мод. КІТАМУРА MYCENTER HX250IG

Таблиця 1.8 – Параметри верстата КІТАМУРА MYCENTER HX250IG

	Характеристика верстата	Числове значення
1	ПАЛЄТА	
2	Розмір палети	254 x 254 мм
3	Крок палети	0,001°(4 постійна вісь)
4	Отвір з різьбою (розмір x шт)	M12 x 1,75 x 8
5	Макс. навантаження стола	100 кг
	Макс. діаметр деталі	350 мм
6	Макс. висота деталі	400 мм
	ПЕРЕМІЩЕННЯ	
8	Переміщення по осі X	305 мм
9	Переміщення по осі Y	305 мм
10	Переміщення по осі Z	330 мм
	Переміщення по осі B	від 0 до 360°, повна 4 вісь
11	Відстань від поверхні палети до осі шпинделя	60 - 365 мм
12	Відстань від центра палети до торця шпинделя	60 - 390 мм

Лист

БР.ПМ-050.00.000 ПЗ

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

	ШПИНДЕЛЬ	
14	Конус шпинделя	BT/ISO30 (як варіант: HSK-E40)
15	Швидкість шпинделя	15 000 об/хв (як варіант: 30 000 об/хв)
	Тип приводу	Система прямого приводу (як варіант: Built-in)
16	Двигун шпинделя	11 кВт (миттєва потужність)7.5 кВт (постійна потужність)
17	Макс. обертовий момент шпинделя	70 Нм
18	ШВИДКІСТЬ ПОЗИЦЮВАННЯ ОСІ	
19	Швидке переміщення X, Y, Z	60 м/хв
20	Робоче переміщення X, Y, Z	60 м/хв
	Оборот палети (вісь B)	108 000°/хв (300 об/хв)/ DD Motor
21	ПАЛЕТИЗАЦІЯ	
22	Кількість палет	2
23	Час заміни палети	7.9 с
	ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ МАГАЗИН	
	Розмір магазину	40 інструментів (як варіант 52, 102)
	Метод підбору інструменту	У двох напрямках, постійна кишеня
	Конус шпинделя	BT/ISO 30 (як варіант: HSK-E40)
	Макс. діаметр інструменту	50 мм / 75 мм
	Макс. довжина інструменту	200 мм
	Макс. маса інструменту	2 кг
	Час заміни інструмент – інструмент	1.2 с
	Час заміни стружка – стружка	2.8 с
	РОЗМІРИ ВЕРСТАТА	
	Ширина x глибина	2 330 x 2 948 мм
	Висота	2 470 мм
	Маса нетто	4 500 кг
	Керування	Arumatik-Mi
	ДОДАТКОВЕ ОБЛАДНАННЯ	

Лист

БР.ПМ-050.00.000 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

1.5 Розробка операційної технології

1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Визначення операційних припусків аналітичним методом на розточування внутрішньої циліндричної поверхні півмуфти $\text{Ø}135,5\text{H}7^{+0.040}$.

Прийнятий технологічний маршрут обробки

- 1) Розточування чорнове IT12 [9, с. 11, табл.. 5]
- 2) Розточування чистове IT9 [9, с. 11, табл.. 5]
- 3) Розточування тонке IT7 [9, с. 11, табл.. 5]

Для розрахунку припуску для обробки даної поверхні на операції 005 приймаємо як заготовку поверхню отвору в трубі $\text{Ø}127_{-1,0}^{+0.8}$ після прокатування. Сумарне відхилення розміщення поверхні визначаємо як для прокату. Це необхідно для призначення параметрів складових припуску на розточування.

Двосторонній мінімальний припуск при обробці:

$$2Z_{i\min} = 2\left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right], \text{ мкм},$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота мікронерівностей профілю на попередньому переході, мкм;

h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

$\rho_{0_{i-1}}$ – сумарне відхилення розміщення поверхні (від паралельності, перпендикулярності...);

ε_i – похибка установки деталі на операції, мкм.

Маршрут обробки, дані для розрахунків та результати розрахунків заносимо в таблицю 1.11.

Визначимо складові, потрібні для визначення припуску:

- для заготовки (прокат): $R_z + h = 600$ мкм ([9], табл.28, с. 190);
- для чорнового розточування: $R_z = 40$, $h = 40$
- для чистового розточування: $R_z = 20$ мкм, $h = 10$ (табл.6, ст..182);
- для тонкого розточування: $R_z = 2,5$ мкм, (табл.6, ст..182);

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки такого типу визначиться за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}$$

Короблення отвору треба врахувати в діаметральному і осьовому перерізі, тому

$$\rho_{зм} = \Delta_k \times L = 20 \times 19 = 380 \text{ мкм}$$

Де ρ_k – значення короблення заготовки з прокату на довжині 1 мм; L , = 19 мм – довжина поверхні, (за кресленням деталі).

Сумарне значення просторового відхилення заготовки

Оскільки вся механічна обробка ведеться з однієї установки, то залишкове просторове відхилення до уваги не приймаємо

Похибка установки при чорновому розточуванні для заданої схеми закріплення і базування буде рівна

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2} = \sqrt{125^2 + 120^2} = 180 \text{ мкм} .$$

Залишкова похибка установки після кожного переходу рівна:

Після чистового розточування:

$$\varepsilon_y = 0,05 \varepsilon_1 + \varepsilon_{інд} = 175 \text{ мкм}$$

Знаходимо мінімальні значення міжопераційних припусків

Для чорнового розточування

$$2Z_{i \min} = 2 \left[(600) + \sqrt{380^2 + 180^2} \right] = 2 \cdot 1020 \text{ мкм} .$$

Для чистового розточування

$$2Z_{i \min} = 2 \left[(40) + 40 + 175 \right] = 2 \cdot 255 \text{ мкм} .$$

Для тонкого розточування

$$2Z_{i \min} = 2 \left[(10) + 10 + 60 \right] = 2 \cdot 90 \text{ мкм}$$

Оскільки оброблювана поверхня отвір, то розрахунковий розмір буде максимальним розміром кожен перехід.

Тонке розточування

$$d_{p4} = 135,54 \text{ мм}$$

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Чистове розточування

$$d_{p3} = 135,36 \text{ мм}$$

Чорнове розточування

$$d_{p3} = 134,85 \text{ мм}$$

Для заготовки

$$d_{p1} = 132,81 \text{ мм.}$$

Допуск після кожного переходу визначаємо за табл.6 [1]

Тонке розточування

$$\delta_4 = 40 \text{ мкм}$$

Чистове розточування

$$\delta_3 = 100 \text{ мкм}$$

Чорнове розточування

$$\delta_2 = 400 \text{ мкм.}$$

Заготовка

$$\delta_1 = 1800 \text{ мкм}$$

Мінімальні розміри на переходи визначаємо за формулою

$$d_{\min} = d_{\max} - \delta$$

на тонке розточування

$$d_{\min 4} = 135,540 - 0,040 = 135,500 \text{ мм}$$

на чистове розточування

$$d_{\min 3} = 135,360 - 0,100 = 135,260 \text{ мм мм}$$

на чорнове розточування

$$d_{\min 2} = 134,850 - 0,40 = 134,450 \text{ мм}$$

для заготовки

$$d_{\min 0} = 132,810 - 1,8 = 131,010 \text{ мм}$$

Всі розраховані значення заносимо в табл. 1.9

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 1.9– Значення елементів припуску для отвору Ø48H7 ^{+0,027}

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск 2Zmin, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск δ, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	Rz	T	Δ	ε				dmin	dmax	2Zmin	2Zmax
Заготов ка	600		380			132,81	1800	131,01	132,81		
ваня: -	40	40	-	180	2040	134,85	400	134,45	134,85	20460	3440
Розточу ваня	20	10	-	60	510	135,36	100	135,26	135,36	510	810
Розточув ання	2,5	5	-	-	180	135,54	40	35,50	35,54	180	240

Будуємо розрахункову схему припусків на поверхню отвору

$S = 0.33 \text{ мм/}, C_v = 34,2, q = 0.45, y = 0.30, m = 0.20$ табл. 29, с. 279 [12]

Період стійкості свердла $T = 45 \text{ хв}$

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * d} = \frac{1000 * 17,04}{3.14 * 17.9} = 303 \text{ об/хв}$$

Визначимо крутний момент при свердлінні за формулою:

$$M = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_m = 10 \cdot 0,012 \cdot 17.9^{2.2} \cdot 0,33^{0.8} \cdot 0,854 = 24.06 \text{ Н / м}$$

$$K_m = \left(\frac{\sigma}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0.75} = 0,854$$

$C_m = 0,012, q = 2,2, y = 0,8$ табл. 32 с.281, т2

Осьова сила при свердлінні за формулою

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p = 10 \cdot 42 \cdot 17.9^{1.2} \cdot 0,33^{0.75} \cdot 0,854 = 4890 \text{ Н}$$

$C_p = 42, q = 1,2, y = 0,75$ табл. 32 с.281, т2

Розрахунок моменту різання і осьової сили при свердлінні потрібні, щоб визначити зусилля затиску заготовки у верстатному пристрої.

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{M_z \cdot n}{9750} = \frac{24.06 \cdot 303}{1020 \cdot 60} = 0.748 \text{ кВт}$$

					<i>БР.ПМ-050.00.000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Призначення режимів різання для нового маршруту

табличним методом

Для обробки решти поверхонь режими різання встановлюємо за рекомендаціями [10] і заносимо в табл. 1.10

Табл. 1.10 – Режими різання для обробки кільця (встановлені табличним методом)

Назва операції та номер переходу	i	t мм	S			n <u>об</u> <u>хв</u>	V <u>м</u> <u>хв</u>	N кВт
			<u>мм</u> <u>об</u>	<u>мм</u> <u>зуб</u>	<u>мм</u> <u>хв</u>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарна з ЧПК								
Установ 1								
1	1	2,5	0,9			365	73	2,535
2	1	0,6	0,42			760	185	0,85
3								
Установ 2								
1	1	2,5	0,9			365	73	2,535
2	1	0,6	0,42			760	185	0,85
3	1	0,6	0,32			860	165	0,92
4	1	2,5	0,9			365	73	2,535
5	1	0,6	0,42			760	185	0,85
6	1	2,55	0,25		320	560	114	0,72
Фрезерна з ЧПК								
1	4	4,5	0,16		118	1029	29,09	0,35
2	4	7,5	0,18		690	520	17,5	0,62
3	2	3,35	0,14		72	600	9,2	0,27
4	2	0,57	1,25		300,8	217	6,2	0,35

1.6 Розробка керуючих програм на токарну та фрезерну операції з ЧПК

Токарна з ЧПК, установ 1

G40 G54 G99

G28U0W0
T0101
G50 S1000
G96 S100 M03

G0 X162 Z0
M08
G1 X130 F0.2
G0 Z1
G0 X150
G1 Z0 F0.2
G1 Z-2.6 X155 F0.2
G1 Z-57.5 F0.2
M09
G0 X160
M05

G28U0W0

T0202

G50 S1000
G96 S80 M03

G0 X128 Z2
M08
G1 Z0 F0.2
G1 Z-2 X132 F0.1
M09
M05
G0 Z2

G28U0W0
M30

Токарна з ЧПК, установ 2

G40 G54 G99

G28U0W0
T0101
G50 S1000

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

G50 S1000
G96 S80 M03

G0 X130 Z2
G0 Z-18
M08
G1 X135 F0.07
G1 Z-37 F0.09
M09
G0 X130
G0 Z2
M05
G28U0W0

T0303
G97 S350 M03

G0 X130 Z5
M08
G92 X132.5 Z-55 F3
X133
X133.5
X134
X134.5
X135
X135.1
M09

G28U0W0

M30
Фрезерна з ЧПК_

%
O0100 (KITAMURA HX250iG – M4 + Ø17.9)

G21 (MM)
G17 G90 G40 G49 G80
G54
M6

(=== ФАСКА ПІД М4 ===)

T1 M6
S3000 M3
G0 X140. Y0 Z100.
G43 H01 Z5. M8
G1 Z-1.0 F100.
G0 Z5.

G0 X0. Y140.
G1 Z-1.0 F100.
G0 Z5.

					<i>БР.ПМ-050.00.000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

G0 X-140. Y0
G1 Z-1.0 F100.
G0 Z5.

G0 X0. Y-140.
G1 Z-1.0 F100.
G0 Z100.

M9

(=== СВЕРДЛІННЯ ПІД М4 ===)

T2 M6
S2500 M3
G0 X140. Y0 Z100.
G43 H02 Z5. M8
G1 Z-10. F100.
G0 Z5.

G0 X0. Y140.
G1 Z-10. F100.
G0 Z5.

G0 X-140. Y0
G1 Z-10. F100.
G0 Z5.

G0 X0. Y-140.
G1 Z-10. F100.
G0 Z100.

M9

(=== РІЗЬБА М4 ===)

T3 M6
S800 M3
G0 X140. Y0 Z100.
G43 H03 Z5. M8
G84 Z-10. R2. F0.7
G80

G0 X0. Y140.
G84 Z-10. R2. F0.7
G80

G0 X-140. Y0
G84 Z-10. R2. F0.7
G80

G0 X0. Y-140.
G84 Z-10. R2. F0.7
G80

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

G0 Z100.
M9

(=== СВЕРДЛІННЯ Ø17.9 – 6 ОТВОРІВ ===)

T4 M6
S1800 M3
G0 G90 G54 X150. Y0 Z100.
G43 H04 Z5. M8
G1 Z-20. F150.
G0 Z5.

G0 X75. Y129.9
G1 Z-20. F150.
G0 Z5.

G0 X-75. Y129.9
G1 Z-20. F150.
G0 Z5.

G0 X-150. Y0
G1 Z-20. F150.
G0 Z5.

G0 X-75. Y-129.9
G1 Z-20. F150.
G0 Z5.

G0 X75. Y-129.9
G1 Z-20. F150.
G0 Z100.

M9

(=== ЗАВЕРШЕННЯ ===)

G91 G28 Z0
G91 G28 X0 Y0
M30
%

					<i>БР.ПМ-050.00.000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Конструкторська частина

2.1. Проектування верстатного пристрою для операції 015

Конструкція та застосування пристрою

Пристрій призначений для встановлення кільця Фб 8.249.002 при свердлінні шести отворів $\varnothing 17,9$ мм, зенкування в них шести фасок під кутом 90° , свердління чотирьох отворів під різьбу М4, зенкування фасок $1,5 \times 45^\circ$ та нарізання чотирьох різьб М4 на горизонтальному фрезерно-свердлильному верстаті з ЧПК моделі KITAMURA MYCENTER HX250IG.

Конструкція пристрою зображена на арк.4 графічної частини роботи.

Корпус пристрою зібраний з листових пластин товщиною 22 мм. коробчастої форми. На горизонтальній основі 1 болтами 23 притягнуті бокові стійки 3, на яких закріплена до торців стійок такими ж болтами верхня панель 2. На панелі 2 за допомогою болтів 9 змонтований опорний диск 4. До верхнього торця гвинтами 27 закріплені стандартні опорні пластини для базування заготовки кільця. У западину диска вкладена амортизаційна еластична прокладка 8. З прокладкою нижнім торцем контактує різьбова пробка 5. Вертикальне переміщення пробки 5 забезпечується призматичною шпонкою 6, яка не дає можливості провертатись пробці. в опорному диску 4. У вільному стані пробка відтиснена вгору циліндричною пружиною 7. Через центральний отвір пробки проходить циліндрична тяга 21, яка зв'язана з пробкою болтом 17 і шайбою 16. До нижнього різьбового кінця тяги нагвинчена рамка 20. Надійність фіксації з'єднання забезпечується пружинною шайбою 22.

Знизу до верхньої панелі 2 болтами 23 кріпиться пневмокамера 11. Між кришкою 10 пневмокамери і корпусом знаходиться тарільчаста мембрана 12, на яку опирається тарілка 13. Остання через вісь 14 передає зусилля на двоплечий важіль 16, що обертається на пальці 15. Палець зафіксований у корпусі шплінтом 19. Стиснене повітря до пневмокамери подають штуцером 26.

Правий коротший кінець важеля нижньою поверхнею контактує з тяговою рамкою 20.

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Базування пристрою на столі верстата здійснюється двома призматичними шпонками 24. Вони кріпляться до основи болтами 25.

Працює пристрій наступним чином. У вільному стані пробка 5 знаходиться у верхньому крайньому положенні. Заготовка стакану накручується на різьбовий кінець пробки 5 – 5,5 витків. Пневморозподільником (на кресленні не показаний) стиснене повітря подається у нижню порожнину пневмокамери. Тарілка 13 підіймається і підіймає лівий кінець важеля 16. Правий коротший кінець важеля тисне на рамку 20, тяга 21 через болт 17 і шайбу 16 опускає пробку вниз до контакту нижнього торця заготовки з кільцевою виточкою опорного диска. Точного встановлення заготовки шляхом її провертання не потрібно, тому що взаємна координація поверхонь скосів, пазів та отворів Ø40 мм здійснюється під час обробки програмою верстата.

2.2 Розрахунок силового пневмоприводу пристрою

Для складання рівняння рівноваги прикладемо всі сили і зв'язки, які діють на заготовку під час обробки, що показано на рисунку 2.1.

На заготовку під час виконання різних переходів діють наступні силові фактори:

- похило спрямована осьова сила і крутний момент при фрезеруванні похилих Т-подібних пазів;
- осьова сила, перпендикулярна до осі заготовки та крутний момент у площині, нормальній до осі свердла при свердлінні та розсвердлюванні чотирьох отворів Ø40 мм.

Оскільки осьова сила та крутний момент при фрезеруванні пазів і свердлінні отворів Ø20 мм порівняно незначні, то крутний момент при розсвердлюванні чотирьох отворів Ø40 мм досить значний і становить 165 Нм.

Конструкція затискного вузла не потребує великого ходу різьбової пробки, тому отримання потрібного зусилля застосуємо пневмокамеру, яка вона забезпечує велике осьове зусилля на тяговому елементі при його

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

незначних осьових переміщеннях.

Силовий розрахунок приводу зводиться до визначення зусилля притискання заготовки кільця до опорних пластин 27 на диску 4 через різьбове з'єднання пари пробка 5 – заготовка.

Зусилля затиску передається від тарілки пневмокамери через двоплечий важіль на рамку 20, тягу 21, болт 17 і шайбу 18.

Затискний механізм відноситься до конструкцій, які не само заклинюються з прикладанням зусилля.

З попередніх розрахунків (п1.ЧЧЧ) маємо крутний момент при свердлінні $M_{св} = 24,06$ Нм.

Запишемо розрахункову формулу з умови рівноваги моменту від тангенційної сили різання при свердлінні та моментів сил тертя між поверхнями різьбової пари ті поверхнями торця кільця і опорних пластин.

$$W \times (f_1 \cdot 0.133 + f_2 \cdot 0.14) = \frac{M_{св}}{D_{св}} \times 0,07 \times K_1 \times K_2$$

де :

- коефіцієнти запасу $K_1 = 1,5$, $K_2 = 1,6$;
- 0,133 і 0,140 – середні діаметри дії моментів тертя по різьбі та по опорних пластинах відповідно;
- $M_{св} = 24,06$ Нм – момент сверління;
- $f_1 = 0.16$, $f_2 = 0,18$ – коефіцієнти тертя до опор і затискаючого органу до заготовки (по різьбі);
- W – тягове зусилля на штоці пристрою.

$$\text{Тоді } K = K_1 \times K_2 = 1,5 \times 1,6 = 2,4$$

З попередньої формули

.

$$W = \frac{\frac{M_{св}}{D_{св}} \times 0,07 \times K_1 \times K_2}{(f_1 \cdot 0.133 + f_2 \cdot 0.14)}$$

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Підставимо значення і отримаємо

$$W = \frac{24,06}{0,018} \times 0,07 \times 1,5 \times 1,6 = 5102H$$

Зусилля Q на виході пневмокамери визначимо з рівняння рівноваги важеля:

$$Q = \frac{W \times 0,035}{(0,102)} = 1750H$$

З конструктивних міркувань приймемо активний діаметр діафрагми рівним 100 мм.

Тоді тягове зусилля на тарілці пневмокамери буде рівне

$$Q = 0,785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta = 0,785 \cdot 0,10^2 \cdot 6300 \cdot 0,9 = 2722H ,$$

Де D – активний діаметр діафрагми,

$p = 6300 Pa$ – тиск в пневмомережі,

$\eta = 0,9$ – к.к.д. пневмоциліндра.

Очевидно, що цього зусилля достатньо для забезпечення надійного затиску заготовки навіть без підсилювальної ланки – двоплечого важеля.

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР.ПМ-050.00.000 ПЗ					

2.1.3 Розрахунок на міцність елементів пристрою

Слабкою ланкою механізму затиску є вісь двоплечого важеля у з'єднанні між тарілкою 12 і рамкою 20 діаметром 15 мм.

Перевіримо умову міцності вісі на зріз за формулою:

$$\sigma = \frac{Q1}{F} = \frac{4Q1}{\pi d_p^2} \leq [\sigma]$$

де F – площа перерізу вісі;

$$Q1\text{-поперечна сила, рівна } Q1 = \frac{Q \times (0.102 + 0.035)}{0.035} = \frac{2722 \times 0.137}{0.035} = 10654 \text{ H}$$

$[\sigma]$ - допустима границя міцності на зріз. Приймаємо 180 МПа.

Тоді:

$$\sigma = \frac{Q1}{F} = \frac{4 \times 10654}{\pi \times 0,015^2} = 54,28 \text{ МПа} \leq [\sigma]$$

Отже, умова міцності дотримується.

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2 Контрольний пристрій

Пристрій призначений для контролю торцьового биття поверхонь 2, 3 відносно базової різьбової поверхні М135х3,0. За технічними умовами воно не повинно перевищувати 0,15 мм (150 мкм).

Пристрій складається з плити 1, до якої гвинтами 11 кріпиться опора 2. В опорі змонтовані два підшипники 10 високої точності, у яких запресований стакан 3. До стакана 3 чотирма гвинтами 12 кріпиться розтискна різьбова цанга 4, у яку вкладений розтискний конус 6. У стакан 3 вгвинчена стяжка 7. На стяжку одягнені розпірна втулка 5 та пружина 15. Остання відтискає вгору конус 4. Зверху конус фіксується гайкою 13 через шайбу 8.

На плиті встановлена стійка 9 з індикаторною головкою 14.

Працює пристрій таким чином.

Поверхні пристрою очищують від пилу і стружки стисненим повітрям. Гайку 13 відгвинчують до легкого ковзання конуса 6 у цанзі 4. Очищене кільце Фб 8.249.002 нагвинчують на різьбову поверхню цанги по всій довжині різьби і затягують гайку 13 до надійної фіксації кільця на цанзі. Індикатор встановлюють так, щоб його наконечник торкався з невеликим натягом торця кільця і виставляють його шкалу на нульову поділку. Цангу разом з кільцем обертають у пристрої кілька обертів і фіксують покази індикатора, Останні не повинні перевищувати 0,15 мм. У разі більшого значення деталь бракують.

Повторюють вказані дії для контролю протилежного торця деталі.

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Висновок

В бакалаврській роботі я вивчив існуючу технологію обробки деталі “Кільце Фб 8.249.002” та встановив основні недоліки для умов середньо серійного виробництва.

Запропонував новий, з моєї точки зору, більш сучасний технологічний процес обробки деталі з використанням токарного, та горизонтально-фрезерного верстатів з ЧПК.

Написав керуючі програми на токарну та фрезерну обробки деталі.

Для фрезерної операції операції розробив верстатний пристрій з пневмоприводом, основою якого є базуючи різьбова оправка.

Спроектований також контрольний пристрій для визначення биття торця відносно базової різьбової поверхні.

Сподіваюсь, моя робота буде принесе користь на машинобудівному підприємстві.

					БР.ПМ-050.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Перелік літературних джерел

1. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Врюкало В.В., Одосій З.М. Бакалаврська робота: Методичні вказівки. Для студентів спеціальності 131 – «Прикладна механіка» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021
2. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Технологія машинобудування” для спеціальності 7.090202 - технологія машинобудування МВ 02070855-701-2000
3. Руденко П.О.Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: - Навчальний посібник. – К., Вища школа, 1993. – 414 с.
4. Сторож Б.Д., Карпик Р.Т. Розрахунок пристроїв на точність: навч. Посібник/Під ред.. Карпика Р.Т. - Івано-Франківськ: «Факел», 1999. 216 с., іл..
5. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М.Малафеев; КПІ ім.. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
6. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування:навчальний посібник / С.Г.Бондаренко. – Львів : Магнолія 2006,2007. – 500 с.
7. Григурко І.О. Технологія машинобудування :дипломне проектування :навчальний посібник для студ. Вищ. Навч. Закл./ І.О. Григурко, М.Ф.Брендуля, С.М.Доценко. – Львів : Новий світ - - 2000, 2007. – 768 с.
8. Паливода Ю.Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
9. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навчальний посібник. – Київ: ІСДО, 1996. – 300 с.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

БР.ПМ-050.00.000 ПЗ

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
*			БР.ПМ-579.06.00.000 СК	Складальне креслення		A1
				<u>Складальні одиниці</u>		
		9	БР.ПМ-579.06.00.009	Стійка	1	
		14	БР.ПМ-579.06.00.014	Індикатор МИГ-2 ГОСТ 577-88	1	
				<u>Деталі</u>		
					1	
		1	БР.ПМ-579.06.00.001	Плита	1	
		2	БР.ПМ-579.06.00.002	Опора	1	
		3	БР.ПМ-579.06.00.003	Стакан	1	
		4	БР.ПМ-579.06.00.004	Цанга	1	
		5	БР.ПМ-579.06.00.005	Втулка розпірна	1	
		6	БР.ПМ-579.06.00.006	Конус розпірний	1	
		7	БР.ПМ-579.06.00.007	Стяжка	1	
		8	БР.ПМ-579.06.00.008	Шайба	1	
		15	БР.ПМ-579.06.00.015	Пружина		
				<u>Стандартні вироби</u>		
		10		Підшипник 4-7000108 ДСТУ ГОСТ 520: 2014	2	
			БР.ПМ-579.06.00.000			
Зм.	Арк	Недокум	Підпис	Дата		
Розробив		Іванків В.В			Літ.	Арк
Перевір.		Борушак Л.О.			Н	1
Реценз.						2
Н.контр.		Борушак Л.О.			ІФНТУНГ ПМ-23-1К	
Затв.		Панчук В.Г.				
Пристрій контрольний						

Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

													1	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--

				ІФНТУНГ	ПМ-21-1									

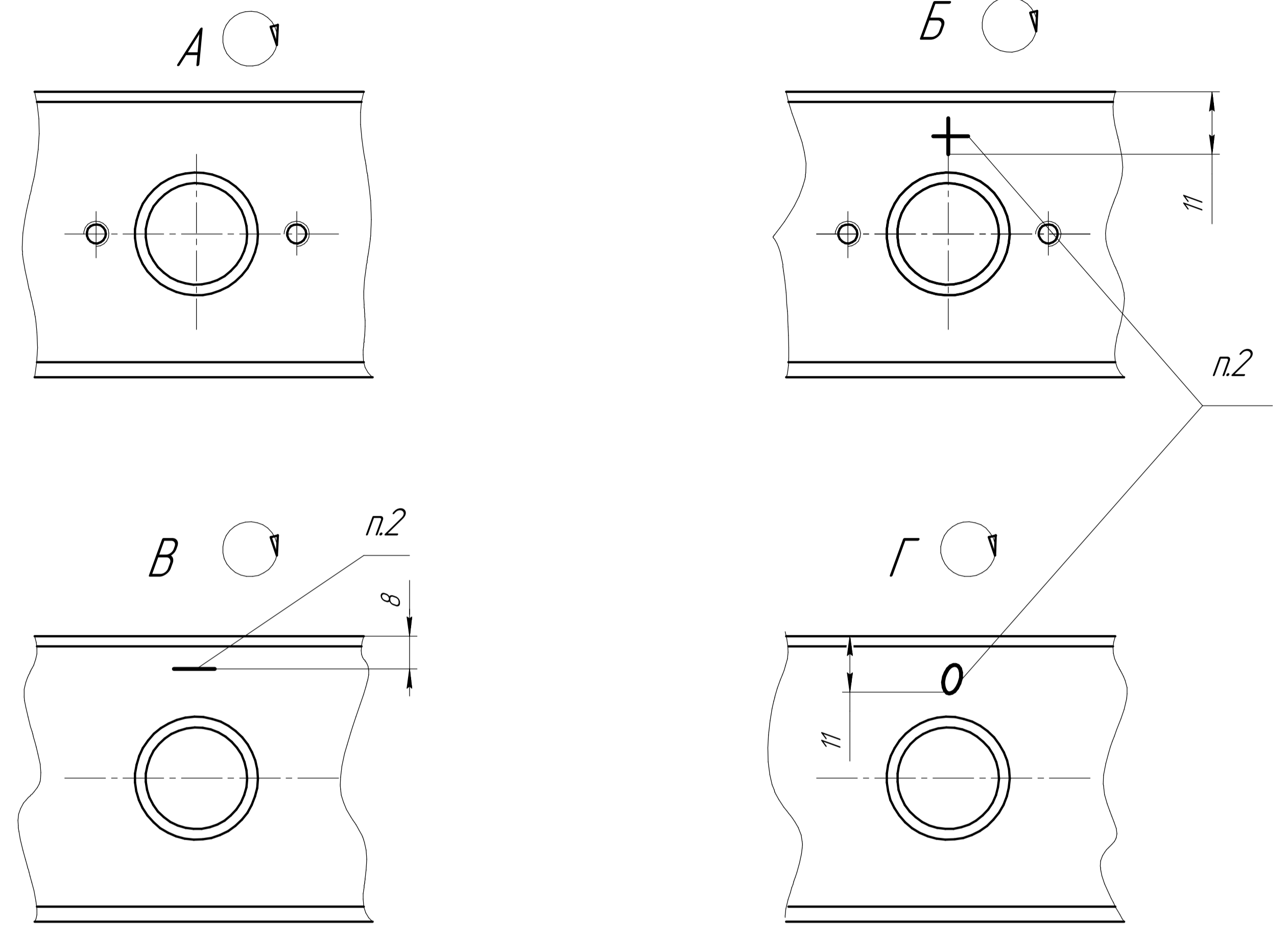
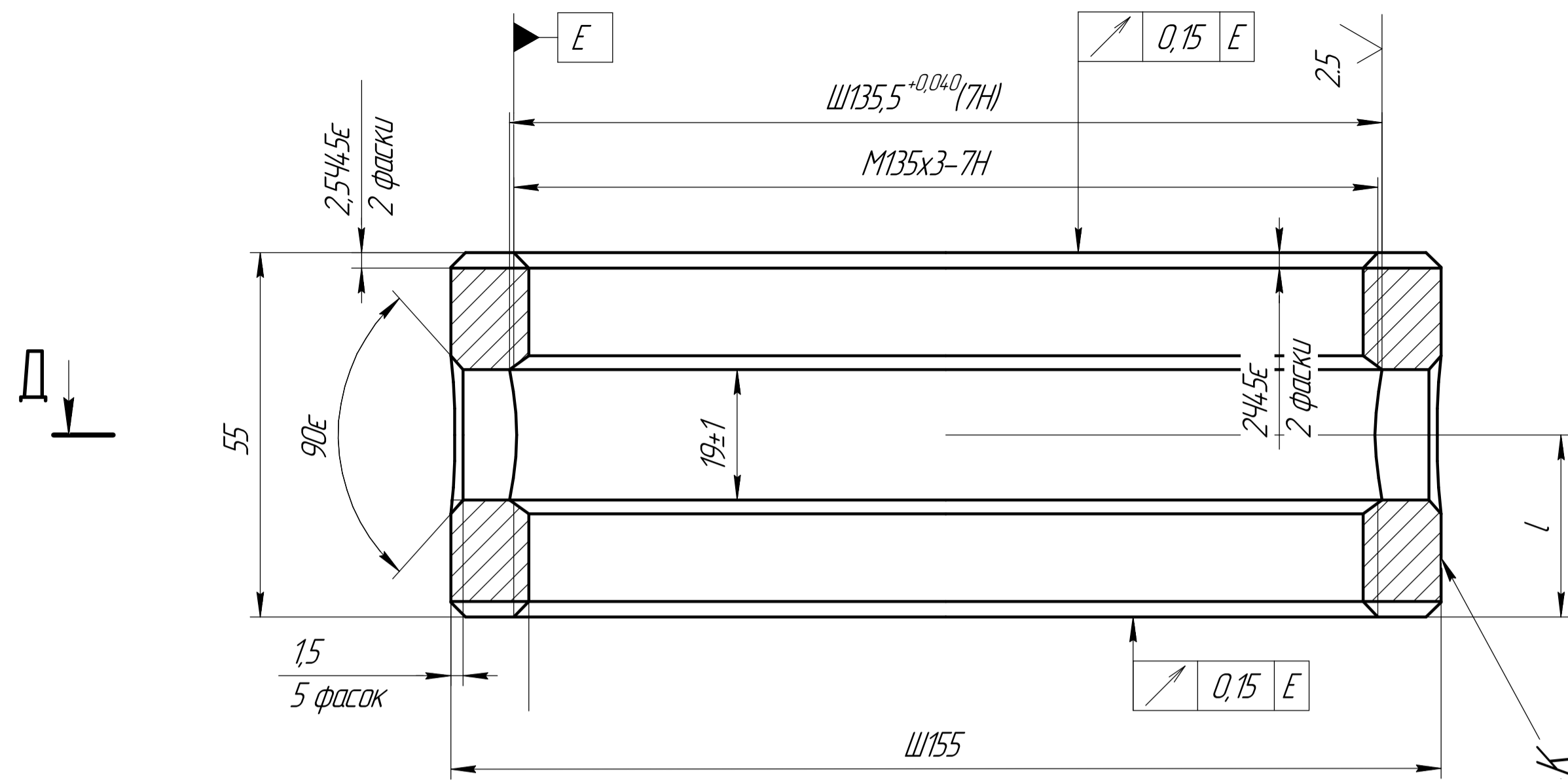
**КОМПЛЕКТ
технологічної
документації**

*Технологічний процес
механічної обробки деталі:
Кільце Фб 8.249.002*

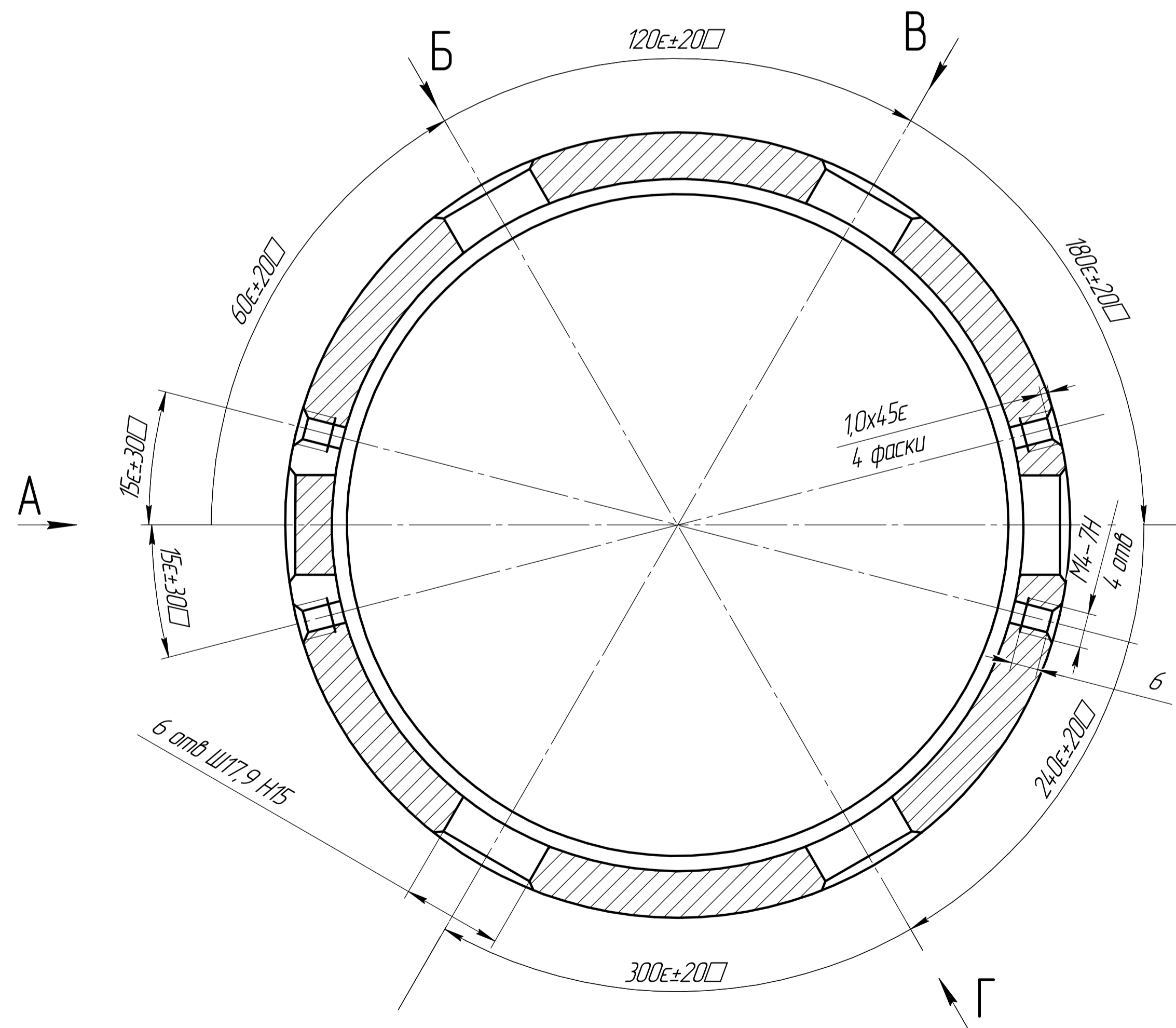
Розробив: ст. гр. ПМ-21-1
Іванків В.В.
Перевірів: **Боруцак Л.О.**

--	--

Дубл.																			
Взамін																			
Підпис																			
Розробив	Іванків В.В.																		
Перевірів	Борушак Л.О.																		
Н. контр.	Борушак Л.О.																		
Назва операції		Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	Конд							
010 Токарна з ЧПК		Сталь 45 ДСТУ 7809: 2015		190НВ			1,97	Ø159x60			7,46								
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми		То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР											
Фрезерний з ЧПК HAAS ST 25				18,6	0,44	25,3	19,2	-											
			ПН	D або B		L	t	i	s	n	v								
P 01				мм		мм	мм	—	мм/хв	об/хв	м/хв								
002	А Установити, закріпити заготовку																		
T03	ПР: Патрон трикулачковий																		
04	PI: Різець прохідний S 50 W MWLNR 12 φ=95°, 20x25 мм Неха Cut 60°																		
P05	Підрізати торець пов.2 в розмір 57,2 мм																		
06																			
007	Б Точити пов-ню 1в розмір Ø155 мм																		
08	PI: Різець прохідний S 50 W MWLNR 08 φ=95°, 20x25 мм																		
P09																			
OK	Обробка різанням																		



Д - Д



- Невказані граничні відхилення розмірів: H14, h14, ±IT14/2.
- Маркувати знаки "+", "-" шрифтом M8, знак "0" - ПО-5 за ГОСТ 2930-62 глибиною не менше 0,15 мм.
- На поверхні K допускається слід від зворотнього ходу різця глибиною не більше 0,2 мм.
- Покриття: Ц12хр

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

БР.ПМ-579.01.000				Лист	Масса	Масштаб
Кільце різьбове						1:1
Фд 8.24.9.002				Лист	Листов	1
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.	Листов В.В.					
Проб.	Барышак Л.О.					
Т.контр.	Барышак Л.О.					
Исполн.	Барышак Л.О.					
Утв.	Ланчук В.Г.					
159x16 ГОСТ 18732-78				Труда 845 ГОСТ 8731-74		
Копирайт				Формат А1		

БР.ПМ-579.02.000

Перв. примен.

Справ. №

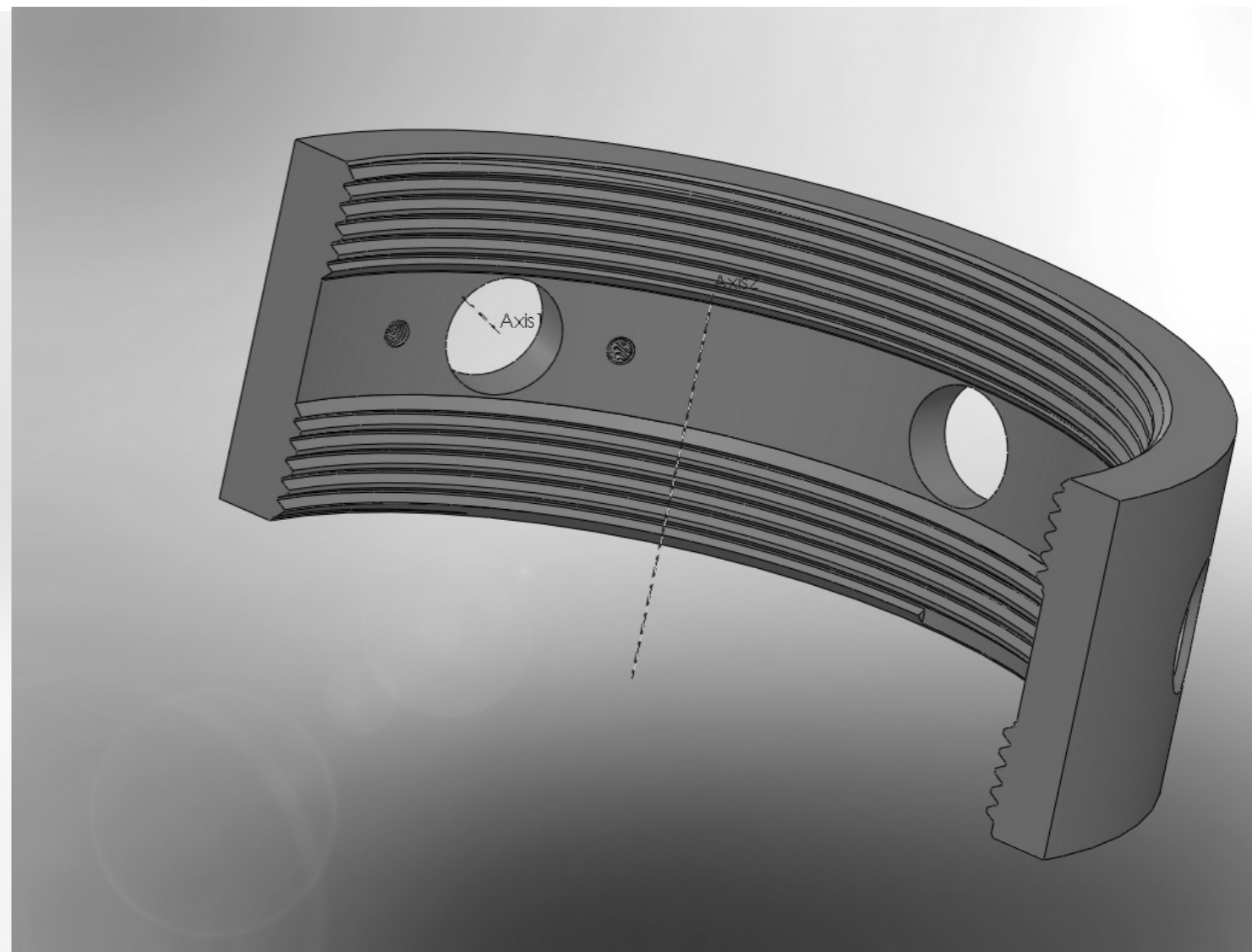
Подп. и дата

Изм. № дораб.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

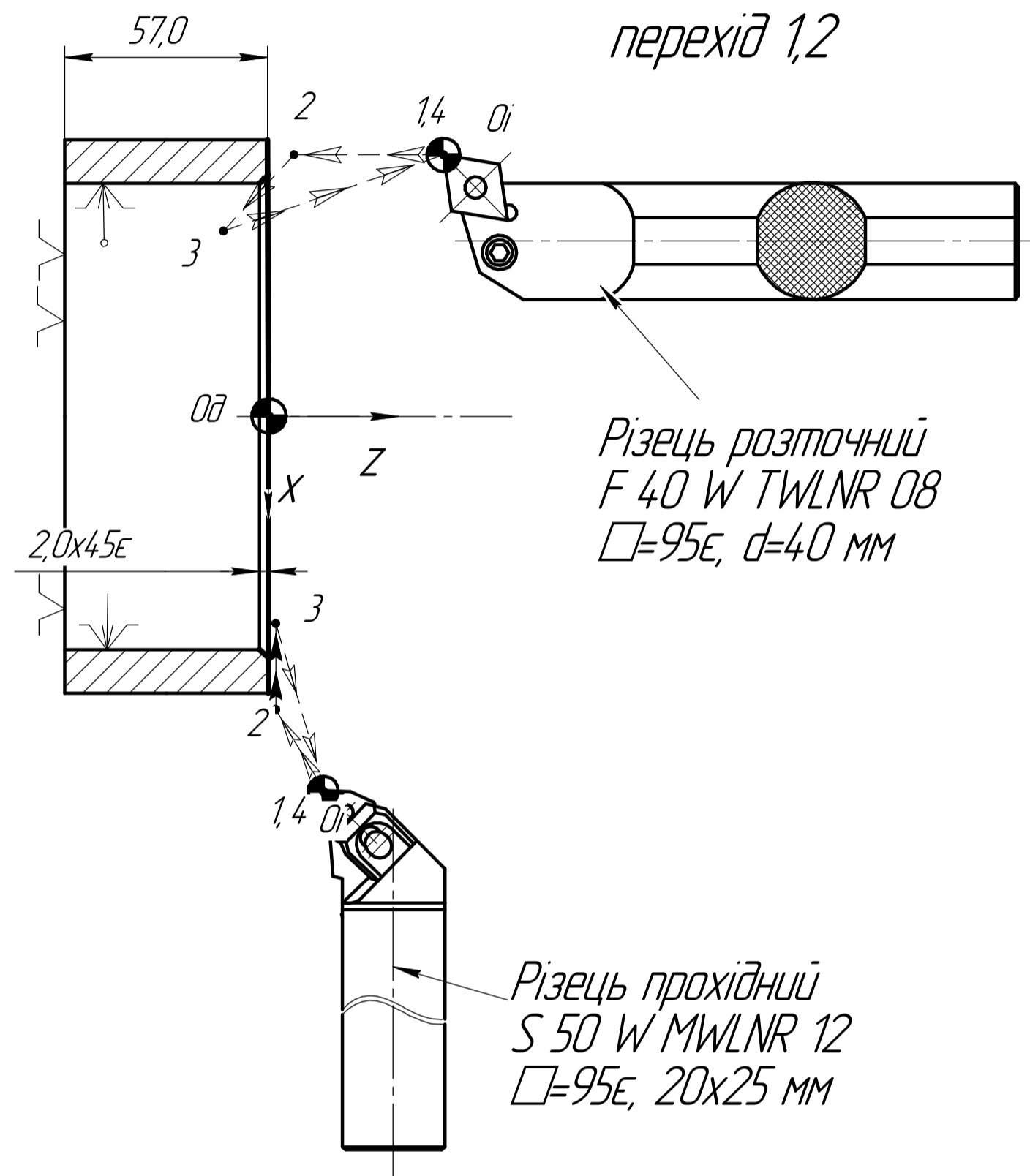


					БР.ПМ-579.02.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Тривимірна параметрична модель кільця ФД 8.249.002	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Іванків В.В.						1:1
Пров.		Борущак Л.О.				Лист	Листов	1
Т.контр.		Борущак Л.О.						
Н.контр.		Борущак Л.О.			Autodesk Inventor 2020			ПМ-23-1К
Утв.		Панчук В.Г.						ІФНТУНГ

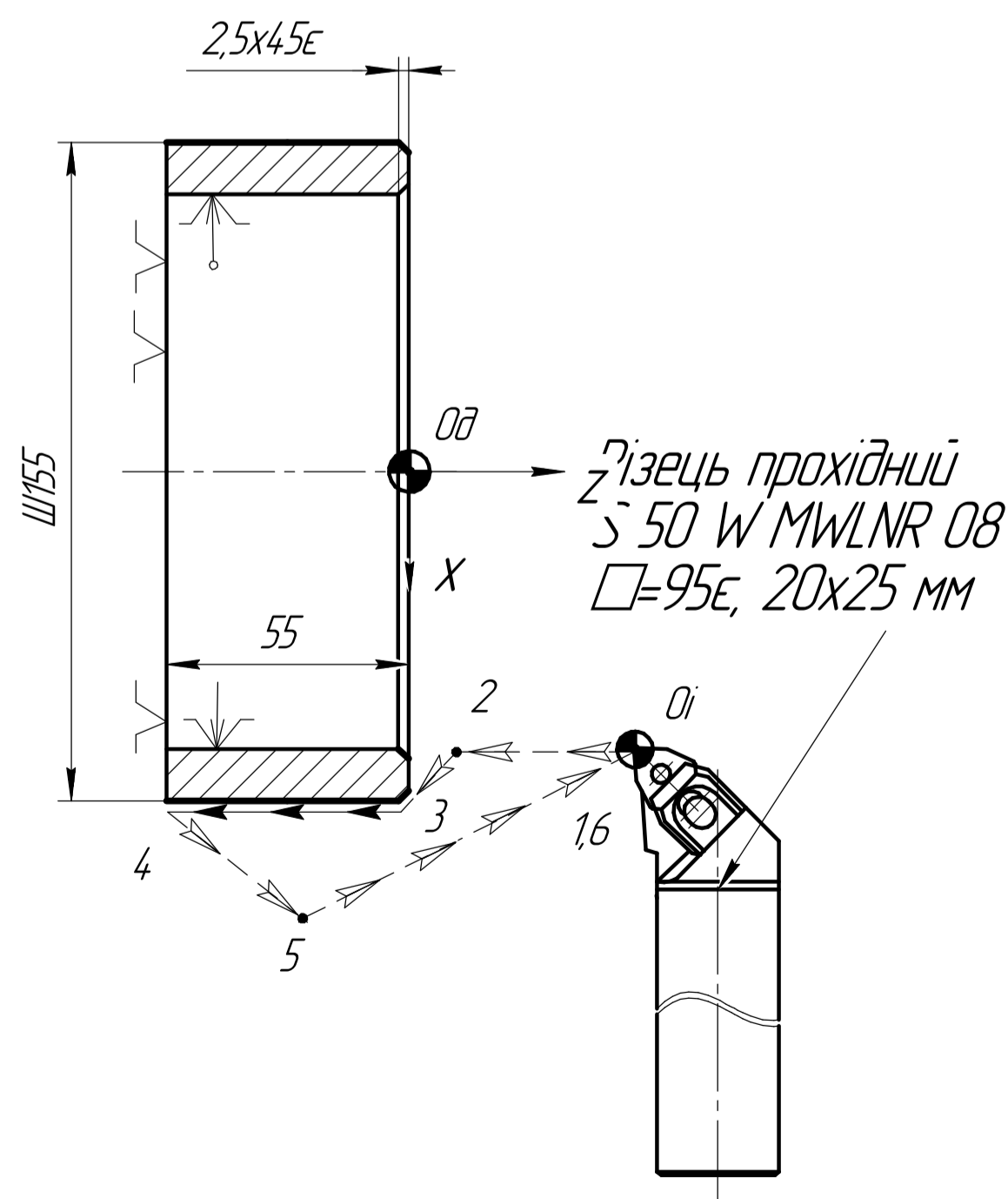
Копировал

Формат А3

Карта налагодження системи ЧПК операція 010, установ 1, переходи 1,2,3 верстат горизонтально-токарний HAAS ST25



перехід 3



Координати опорних точок операції 010

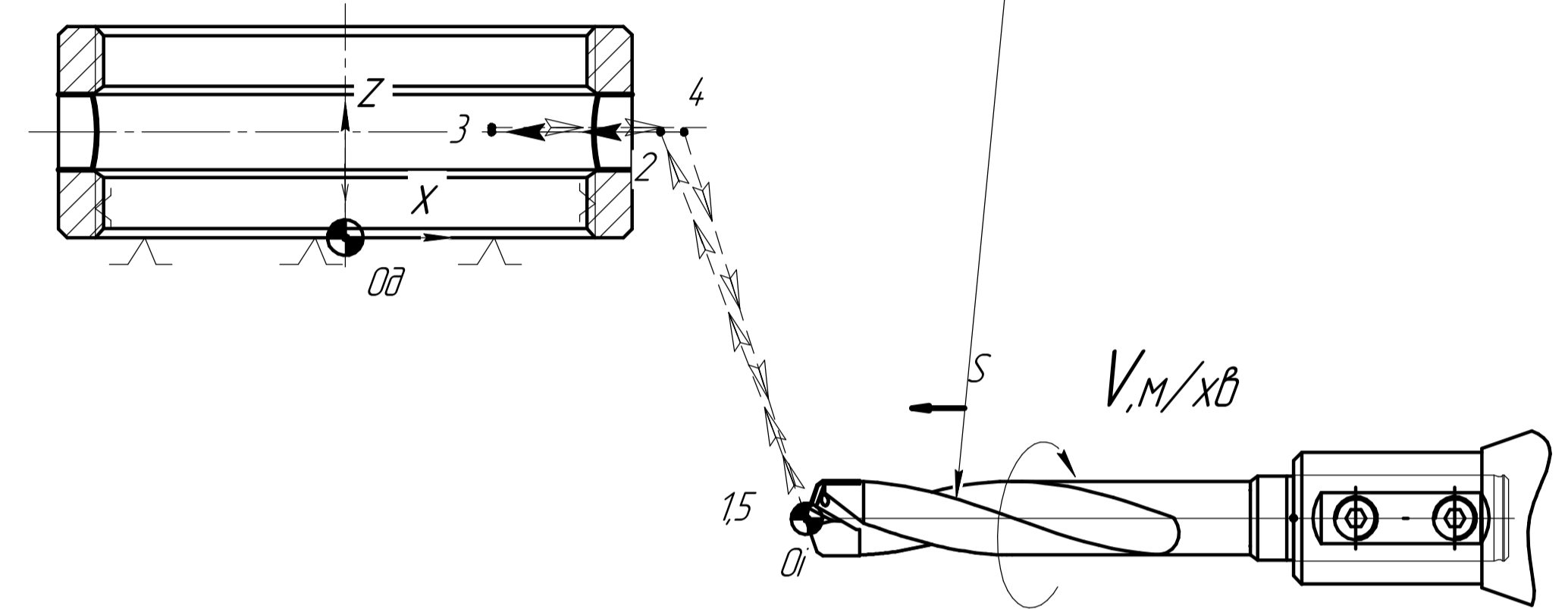
Операція									
Горизонтально-токарна з ЧПК									
Переходи									
	1			2			3		
№	X	Z	№	X	Z	№	X	Z	
1	-72	100	1	180	72	1	71,5	31	
2	-72	61	2	81	57	2	71,5	50,82	
3	-58	52	3	59	57	3	77,5	50,82	
4	-72	100	4	180	72	4	77,5	50,0	
						5	90	50,0	
						6	71,5	102	

Координати опорних точок операції 015

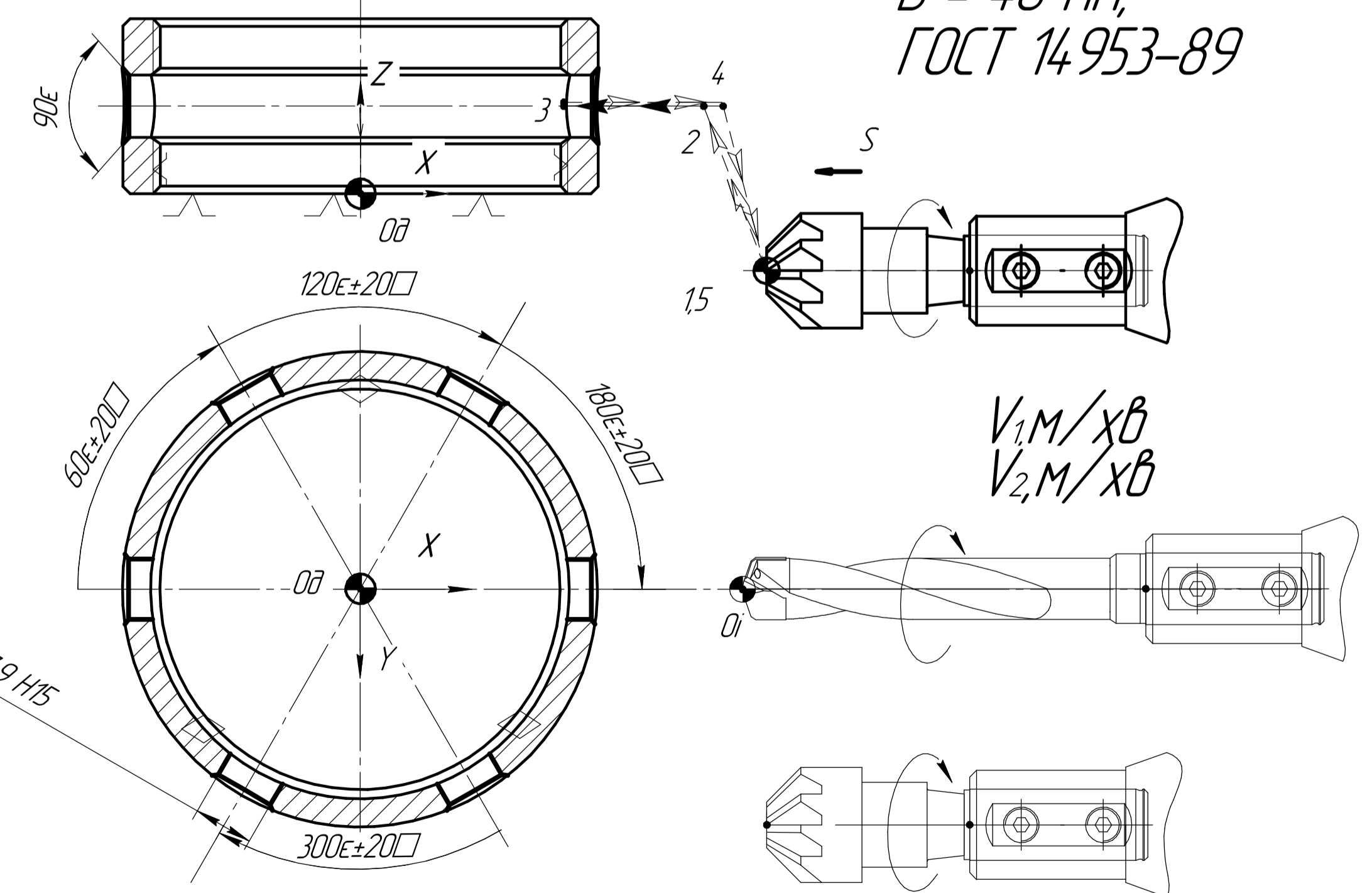
Операція								
Горизонтально-токарна з ЧПК								
Переходи								
	1				2			
№	X	Y	Z	№	X	Y	Z	
1	+87,5	0	-88	1	+92	0	-58,5	
2	+63	0	+27,5	2	+83,5	0	+27,5	
3	+41,5	0	+27,5	3	+70,2	0	+27,5	
4	+63	0	+27,5	4	+83,5	0	+27,5	
5	+87,5	0	-88	5	+92	0	-58,5	

Карта налагодження системи ЧПК операція 015, переходи 1,2 позиція 1 верстат горизонтально-фрезерний KITAMURA MYCENTER HX250IG

перехід 1

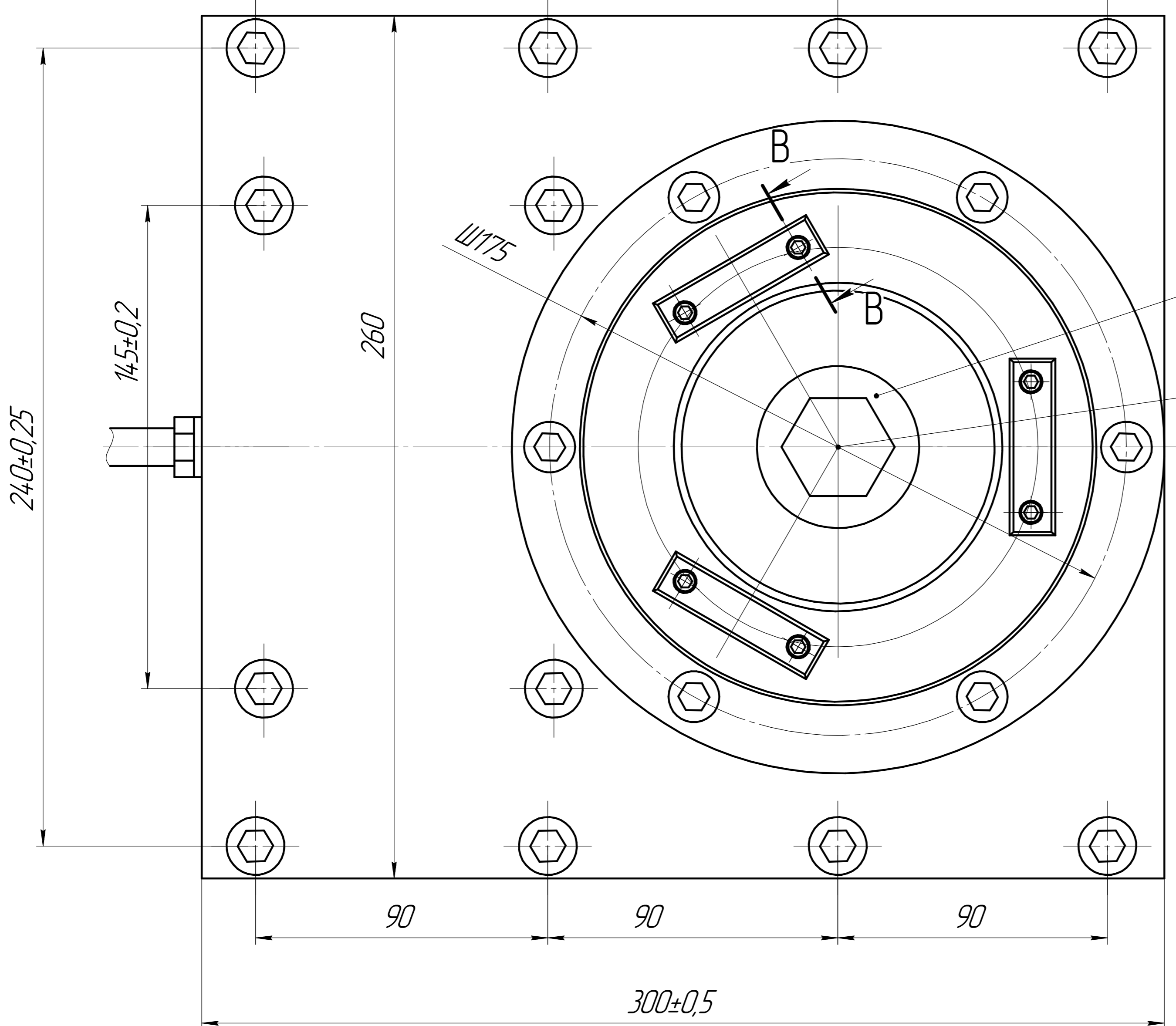
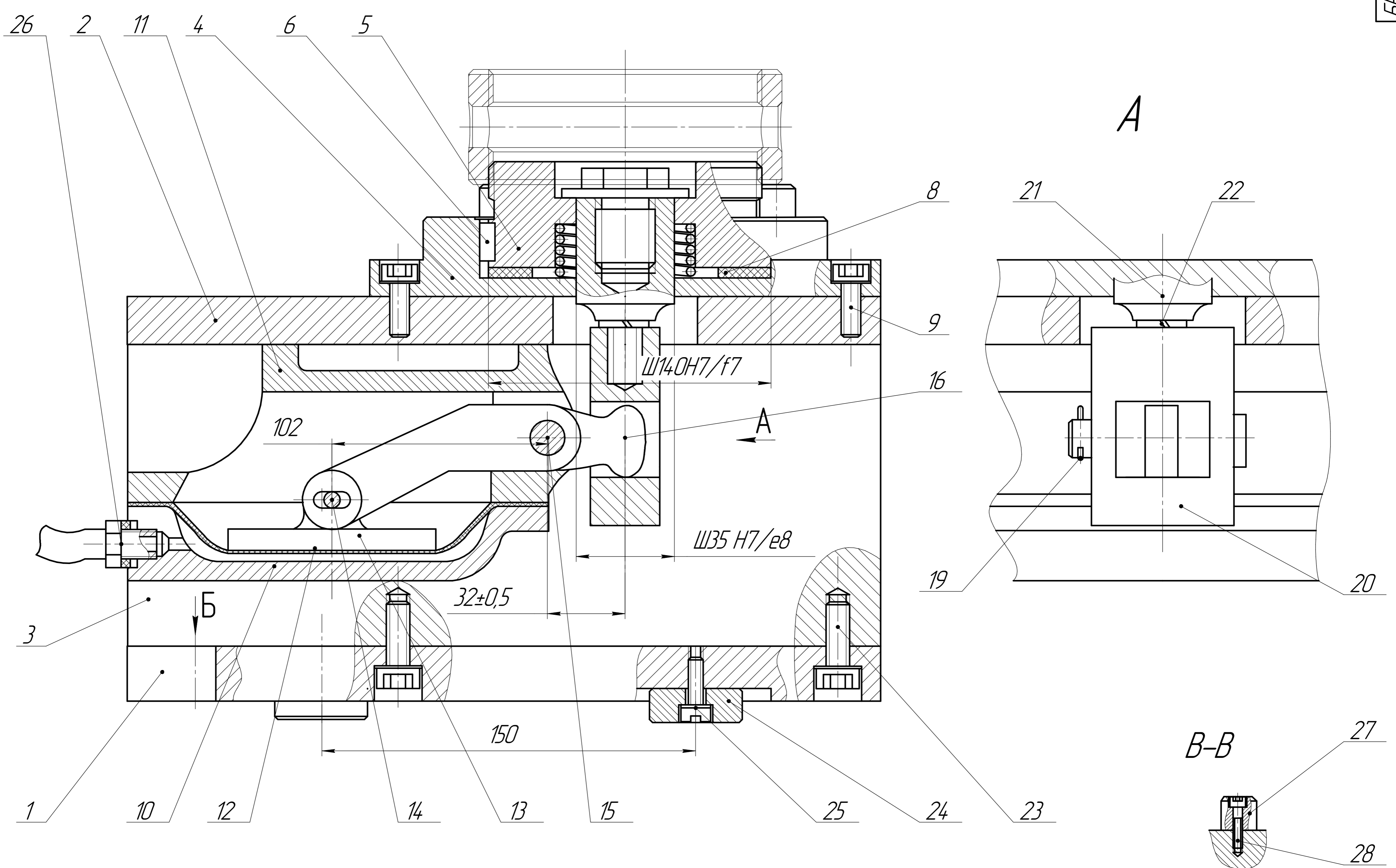


перехід 2

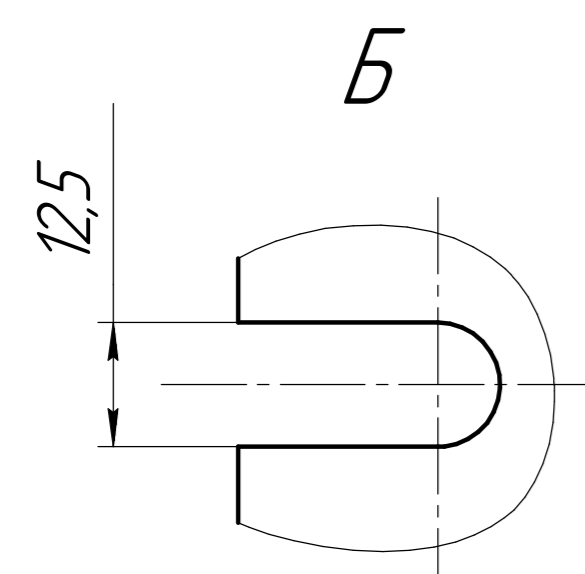


БР.ПМ-579.03.000КН				Лист	Масштаб
Карти налагоджень операції з ЧПК 010, 015				Лист	Масштаб 1:1
Верстати				ПМ-23-1К ІФНТУНГ	
Копірабол				Формат А1	

Перш. промен. Справ. № Точн. і дата. Взам. шифр. № Маш. № ввід. Точн. і дата. Маш. № ввід.

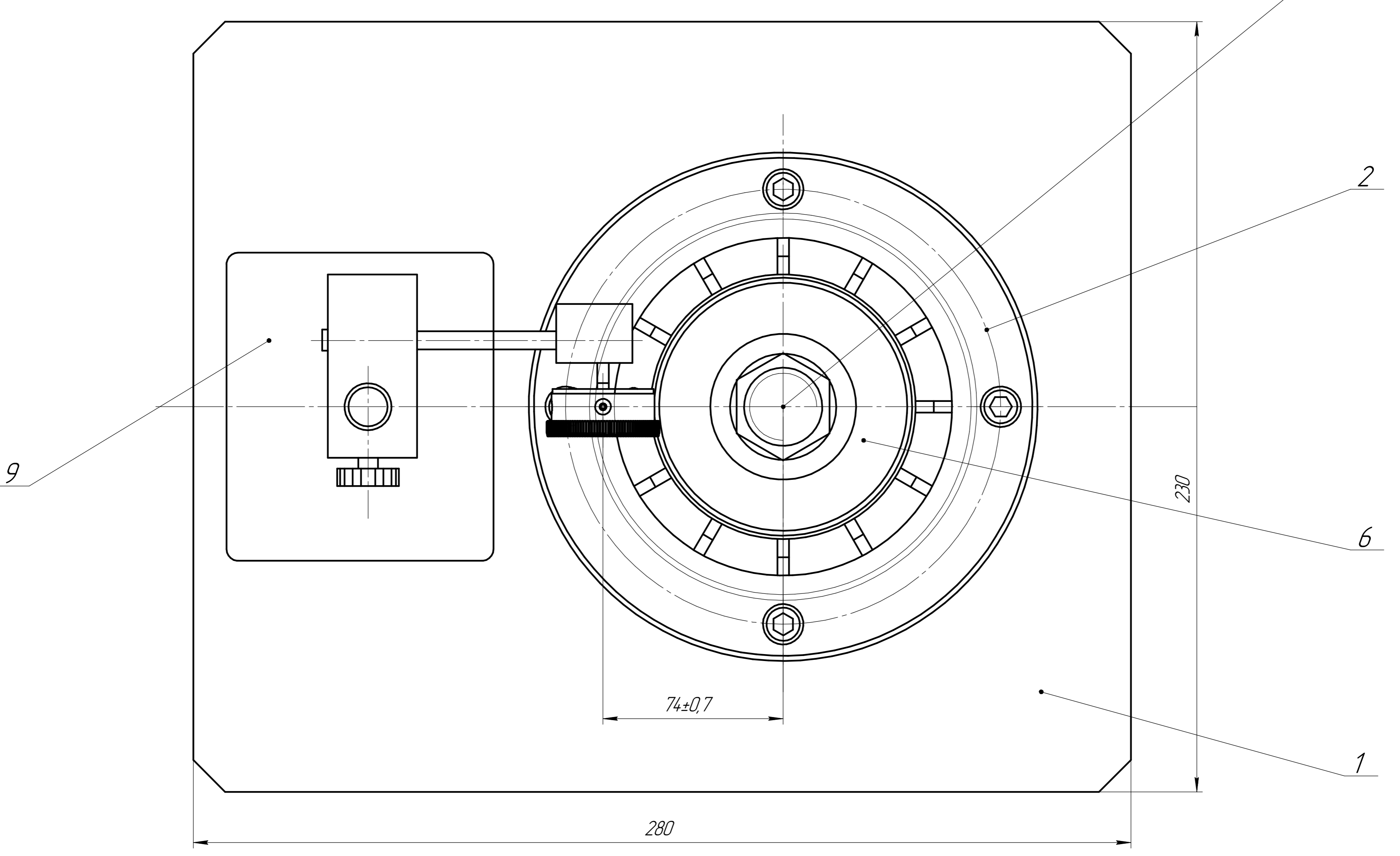
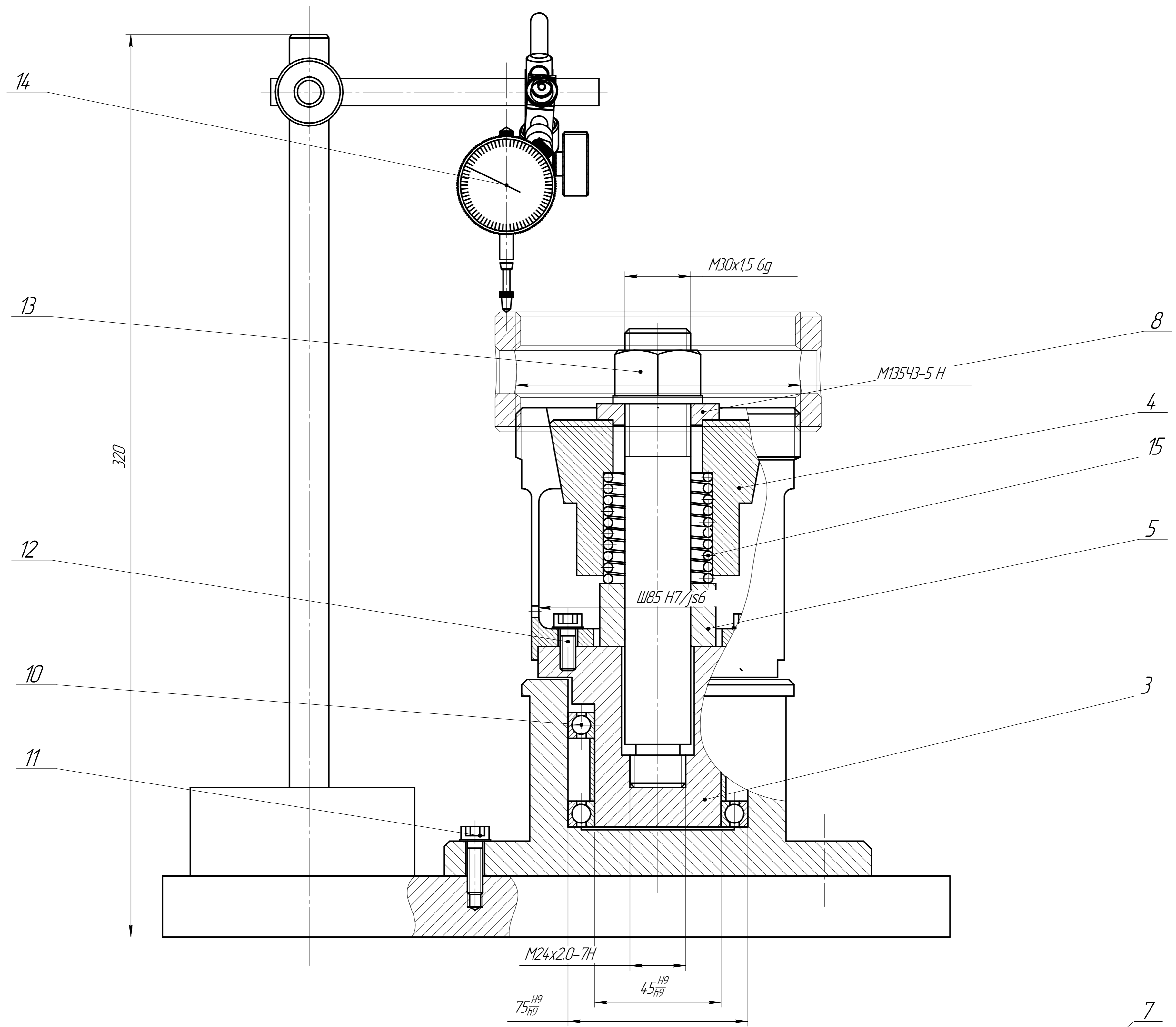


1. Пристрій призначений для свердління шести отворів Ш17,9 мм, зенкування шести фасок 90°, свердління чотирьох отворів Ш3,3 мм, зенкування чотирьох фасок 15x45° та нарізання чотирьох різьб М4 на глибину 6 мм.
2. Пристрій встановлюють на верстаті **KITAMURA MYCENTER HX250IG**
3. Тиск у пневмережі 0,63 МПа
4. Повний хід робочого кінця важеля 6,0 мм, робочий хід 1,2 мм
5. Осьове зусилля на шайбі 38,8 кН
6. Контроль працездатності проводити щомісяця.
7. Пристрій покрити емаллю ПФ-133 ГОСТ 926-86 сірого кольору по гліфталевому ґрунті методом пневморозпилення.



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

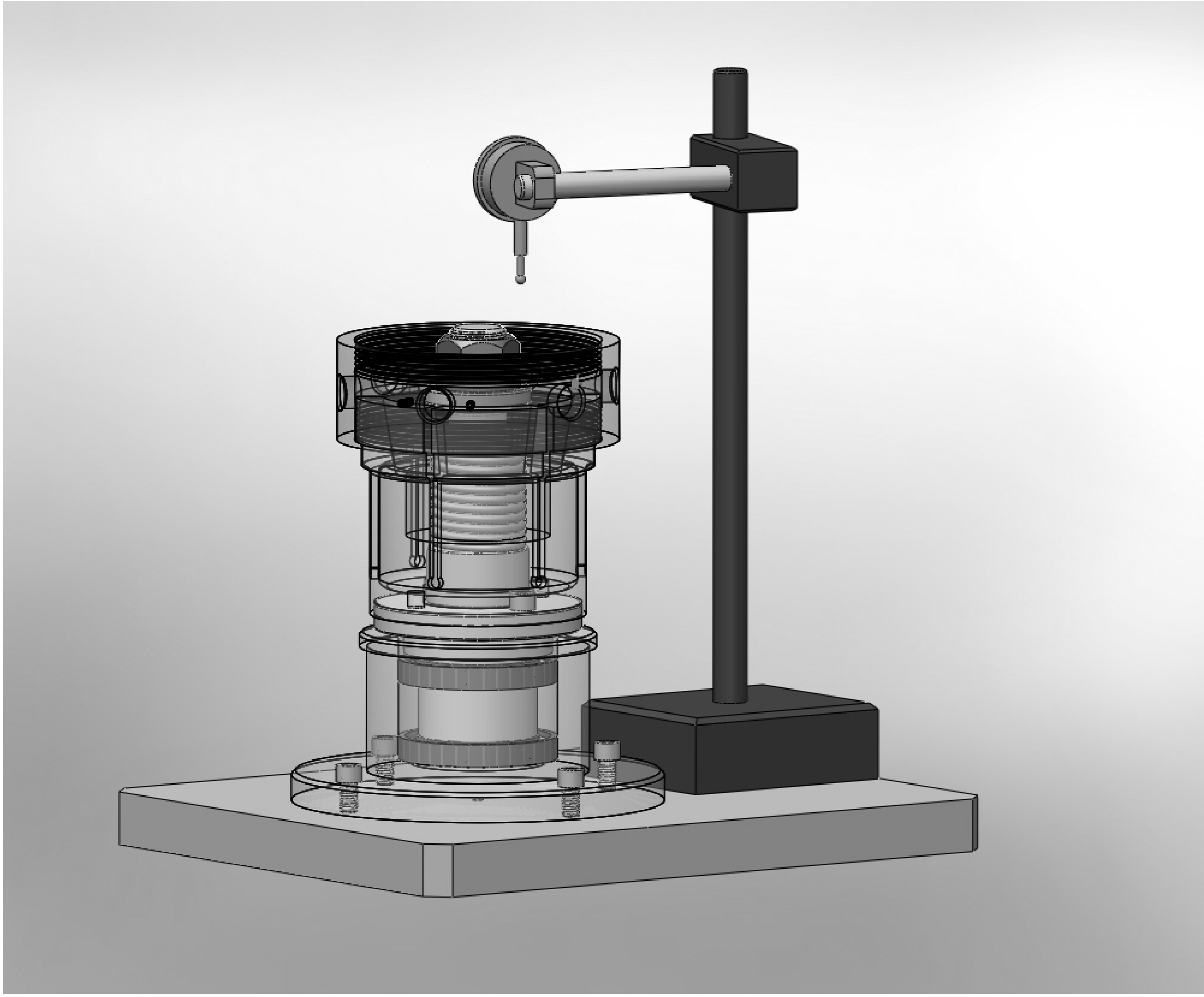
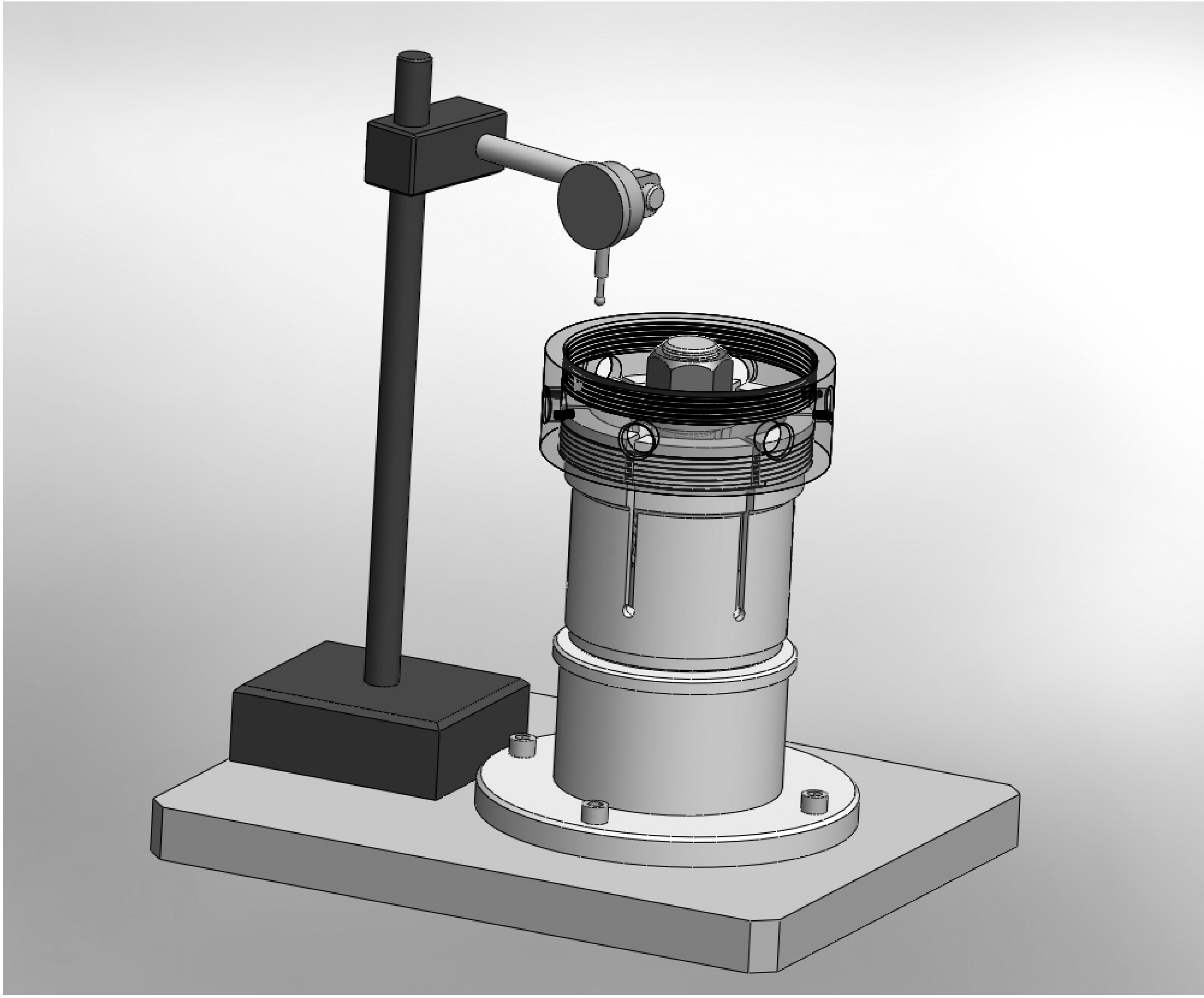
				БР.ПМ-579.05.000СК		
				Пристрій фрезерно-свердильний		
Лист	№ док.	Лист	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Разраб.	Важко В.В.				99,4	1:1
Проб.	Борщак Л.О.			Лист	Листов	1
Т.контр.	Борщак Л.О.			ПМ-23-1К ІФНТЧНГ		
Інконтр.	Борщак Л.О.					
Зліт.	Панчик В.Г.					



1. Пристрій призначений для контролю торцевого дітя деталі Кільце Фб 8.24.9.002
2. Контроль пристрою проводити кожні 3 місяці
3. Гайку поз. 13 затягувати моментом 10,5 Нм
4. В період здерігання непамальовані поверхні пристрою змастити солідолом синтетичеим марки С за ГОСТ 4.366-76 або солідолом жиродим марки Ж за ГОСТ 1033-79
5. Радіальне дітя поверхні різьбові поверхні цанги відносно осі пристрою не більше 0,05 мм.

Лист № докум.	Перш. промен.
Стор. №	
Лист № докум.	Лист № докум.
Взам. інв. №	Лист № докум.
Лист № докум.	Лист № докум.
Лист № докум.	Лист № докум.

БР.ПМ-579.09.000СК				Лист	Масса	Масштаб
Пристрій контрольний						1:1
Лист	Листов	1				
Інвентр. Уліт.	Борщак ЛО.	Панчук ВТ.				



Лист № 1
 Вид № 01
 Вид № 02
 Вид № 03
 Вид № 04
 Вид № 05
 Вид № 06
 Вид № 07
 Вид № 08
 Вид № 09
 Вид № 10
 Вид № 11
 Вид № 12
 Вид № 13
 Вид № 14
 Вид № 15
 Вид № 16
 Вид № 17
 Вид № 18
 Вид № 19
 Вид № 20
 Вид № 21
 Вид № 22
 Вид № 23
 Вид № 24
 Вид № 25
 Вид № 26
 Вид № 27
 Вид № 28
 Вид № 29
 Вид № 30
 Вид № 31
 Вид № 32
 Вид № 33
 Вид № 34
 Вид № 35
 Вид № 36
 Вид № 37
 Вид № 38
 Вид № 39
 Вид № 40
 Вид № 41
 Вид № 42
 Вид № 43
 Вид № 44
 Вид № 45
 Вид № 46
 Вид № 47
 Вид № 48
 Вид № 49
 Вид № 50
 Вид № 51
 Вид № 52
 Вид № 53
 Вид № 54
 Вид № 55
 Вид № 56
 Вид № 57
 Вид № 58
 Вид № 59
 Вид № 60
 Вид № 61
 Вид № 62
 Вид № 63
 Вид № 64
 Вид № 65
 Вид № 66
 Вид № 67
 Вид № 68
 Вид № 69
 Вид № 70
 Вид № 71
 Вид № 72
 Вид № 73
 Вид № 74
 Вид № 75
 Вид № 76
 Вид № 77
 Вид № 78
 Вид № 79
 Вид № 80
 Вид № 81
 Вид № 82
 Вид № 83
 Вид № 84
 Вид № 85
 Вид № 86
 Вид № 87
 Вид № 88
 Вид № 89
 Вид № 90
 Вид № 91
 Вид № 92
 Вид № 93
 Вид № 94
 Вид № 95
 Вид № 96
 Вид № 97
 Вид № 98
 Вид № 99
 Вид № 100

				БР.ПМ-579.09.000М		
Изм./Лист	№ док.	Подп.	Дата	Тривимірна модель пристрою для контролю торцевого діття		
Розроб.	Ванчик В.В.					
Проб.	Борщак Л.О.					
Т.контр.	Борщак Л.О.					
И.контр.	Борщак Л.О.			Лист	Листов	1
Утв.	Панчик В.Г.			ПМ-23-1К ІФНТУНГ		
				Копіював		
				Формат А1		

W00040675-WU'9

Токарна з ЧПК, установ 2

Токарна з ЧПК, установ 1

G40 G54 G99

M09
G0 X130
G0 Z-37
M08
G1 X135 F0.09
M09
G0 X130
G0 Z2

G40 G54 G99

G28U0W0
T0101
G50 S1000
G96 S100 M03

G28U0W0
T0202
G50 S1000
G96 S80 M03

G28U0W0

G0 X162 Z0
M08

G0 X130 Z2
G0 Z-18
M08
G1 X135 F0.07
G1 Z-37 F0.09
M09

T0101

G1 X130 F0.2
G0 Z1

G0 X130
G0 Z2
M05
G28U0W0

G50 S1000

G1 X150
G1 Z0 F0.2

T0303
G97 S350 M03

G96 S100 M03

G1 Z-2.6 X155 F0.2
G1 Z-57.5 F0.2

G0 X130 Z5
M08
G92 X132.5 Z-55 F3
X133
X133.5
X134
X134.5
X135
X135.1
M09

G0 X162 Z0

M09

G28U0W0

M08

G0 X160
M05

G1 X130 F0.2

G28U0W0

G0 Z1

T0202

G0 X150

G50 S1000
G96 S80 M03

G1 Z0 F0.2

G0 X128 Z2
M08

G1 Z-2.6 X155 F0.2

G1 Z0 F0.2
G1 Z-2 X132 F0.1

G1 Z-57.5 F0.2

G1 Z-55 F0.1
M09

M09

M05

G0 X160

G0 Z2

M05

G28U0W0

G28U0W0

T0303
G97 S500 M03

T0202

G0 X130 Z2
G0 Z-22
M08

G50 S1000

G1 X135 F0.09
M09

G96 S80 M03

G0 X128 Z2

M08

G1 Z0 F0.2

G1 Z-2 X132 F0.1

M09

M05

G0 Z2

G28U0W0

M30

T0303

G97 S500 M03

G0 X130 Z2

G0 Z-22

M08

G1 X135 F0.09

M09

Фрезерна з ЧПК

%O0100 (KITAMURA HX250iG M4 + Ш17.9)
G21 (MM)G17 G90 G40 G49 G80G54M6
(=== ФАСКА ПІД М4 ===)

T1 M6
S3000 M3
G0 X140. Y0 Z100.
G43 H01 Z5. M8
G1 Z-1.0 F100.
G0 Z5.
G0 X0. Y140.G1 Z-1.0 F100.
G0 Z5.

G0 X-140. Y0
G1 Z-1.0 F100.
G0 Z5.
G0 X0. Y-140.
G1 Z-1.0 F100.
G0 Z100.
M9
(=== СВЕРДЛІННЯ ПІД М4 ===)T2 M6

S2500 M3
G0 X140. Y0 Z100.
G43 H02 Z5. M8
G1 Z-10. F100.
G0 Z5.
G0 X0. Y140.
G1 Z-10. F100.

G0 Z5.
G0 X-140. Y0
G1 Z-10. F100.
G0 Z5.
G0 X0. Y-140.
G1 Z-10. F100.
G0 Z100.

M9
(=== РІЗЬБА М4 ===)T3 M6
S800 M3

G0 X140. Y0 Z100.

G43 H03 Z5. M8
G84 Z-10. R2. F0.7G80
G0 X0. Y140

.G84 Z-10. R2. F0.7G80
G0 X-140. Y0
G84 Z-10. R2. F0.7G80

G0 X0. Y-140.
G84 Z-10. R2. F0.7G80
G0 Z100.M9

(=== СВЕРДЛІННЯ Ш17.9 6 ОТВОРИВ ===)T4 M6
S1800 M3
G0 G90 G54 X150. Y0 Z100.

G43 H04 Z5. M8
G1 Z-20. F150.
G0 Z5.

G0 X75. Y129.9
G1 Z-20. F150.
G0 Z5.

G0 X-75. Y129.9
G1 Z-20. F150.
G0 Z5.

G0 X-150. Y0
G1 Z-20. F150.
G0 Z5.

G0 X-75. Y-129.9
G1 Z-20. F150.
G0 Z5.

G0 X75. Y-129.9
G1 Z-20. F150.
G0 Z100.

M9
(=== ЗАВЕРШЕННЯ ===)
G91 G28 Z0
G91 G28 X0 Y0
M30%

Перв. примеч.

Справ. №

Падн. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инд. №

Падн. и дата

Инд. № подл.

					<i>БР.ПМ-579.04.000М</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>Керуючі програми для верстатів з ЧПК</i>		
Разроб.	Іванків В.В.						
Проб.	Баруцак Л.О.				Лист	Листов	1
Т.контр.	Баруцак Л.О.				<i>ПМ-23-1К ІФНТУНГ</i>		
Н.контр.	Баруцак Л.О.						
Утв.	Панчук В.Г.						