

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

Інститут інженерної механіки і робототехніки  
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Лепетчук Руслан Васильович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.9  
(індекс)

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

Технологія виготовлення деталі “Стакан Б76 М/120.005-01”

(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 Пангчук В.Г.  
(посада) (підпис) (дата) (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-2024 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**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

року

**ЗАВДАННЯ**

**НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Лепетчуку Руслану Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія виготовлення деталі “Стакан Б76 М/120.005-01”

керівник роботи доцент кафедри КМВ Борушак Л.О.

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи 10 червня 2024 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 маршруту виготовлення, розрахунок припусків, режимів різання та нормування техпроцесу). Конструкторська частина (проекування верстатного пристрою) Розробка операції на верстат з ЧПК та складання керуючої програми

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

Креслення деталі та заготовки, 3D модель деталі, складальне креслення

верстатного пристрою для п'ятикоординатного верстата, креслення різального інструмента, карти налагодження на операцію з ЧПК, алгоритм автоматизованого проектування технології на верстат з ЧПК та керуюча програма

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	15.06. 2024	

Студент \_\_\_\_\_

Лепетчук Р.В.

Керівник \_\_\_\_\_

Борушак Л.О.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної бакалаврської роботи: Технологія виготовлення деталі  
“Стакан Б 76М/120.005-01”

Розрахунково-пояснювальна записка: 53 сторінки, 24 рисунки, 10 таблиць, 10 посилань, 6 аркушів формату А4 додатків.

Графічна частина: 4 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “ Стакан Б 76М/120.005-01”.

Мета роботи – розробити технологічний процес механічної обробки стакану Б 76М/120.005-01, який дозволить виготовити деталь в умовах середньосерійного виробництва з мінімальними затратами а також розробити конструкції механізованих верстатних пристроїв та керуючі програми для верстатів з ЧПК.

Відповідно поставленій задачі у роботі проведений детальний аналіз конструкції деталі, методу отримання заготовки та маршруту механічної обробки. По висновках проведеного аналізу та рекомендаціях літературних джерел розроблено оптимальний маршрут механічної обробки даної деталі для заданого типу виробництва, відповідно якому пораховано припуски, розраховано режими різання та нормування операцій. Для встановлення і закріплення деталі на фрезерному п'ятикоординатному верстаті з ЧПК спроектовано спеціальний верстатний пристрій з пневмоприводом, працездатність якого підтверджено розрахунками, наведеними в 2-му розділі пояснювальної записки. В додатках наведена уся необхідна технологічна документація.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

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

Студент: Лепетчук Р.В..

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	
<b>1. Технологічний розділ</b> .....	
1.1 Опис призначення та конструкції деталі .....	
1.2 Аналіз конструкції стакана на технологічність обробки .....	
1.3 Річна програма випуску та розмір партії деталей .....	
1.4 Обґрунтування вибору типу заготовки .....	
1.5 Технологія механічної обробки деталі на базовому заводі .....	
1.6 Розробка технології обробки деталі .....	
1.7 Розрахунок припусків на механічну обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 122_{-0,14}$ .....	
1.8 Визначення режимів різання і норм часу .....	
1.9 Комп'ютерне проектування свердлильних переходів обробки стакана та генерація керуючої програми .....	
<b>2. Конструкторський розділ</b> .....	
2.1 Проектування верстатного пристрою для операції 015 .....	
2.2 Розрахунок силового пневмоприводу пристрою .....	
2.3 Розрахунок на міцність елементів пристрою .....	
Висновок .....	
Перелік використаних джерел .....	
Додатки .....	

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>		Лепетчук Р.В.			<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Борушак Л.О.				2		
<i>Реценз.</i>						<b>ІФНТУНГ ПМ-22-1К</b>		
<i>Н. Контр.</i>		Борушак Л.О.						
<i>Затверд.</i>		Панчук В.Г.						

## ВСТУП

Одним з показників, які визначають політичний і економічний статус України як європейської держави, не в останню чергу є рівень розвитку промисловості, в першу чергу машинобудування. Війна в Україні суттєво похитнула стан промисловості, енергетики і економіки взагалі. Тисячі фахівців галузі зараз воюють з агресором, захищаючи нашу країну.

Першочерговим завданням на сьогоднішній день є налагодження виробництва та ремонту зброї, військової техніки та боєприпасів. Можливість відновлення зруйнованих і створення нових машинобудівних підприємств визначатиметься рівнем підготовки інженерів.

Рівень підготовки фахівців машинобудування залежить від теоретичних знань і практичних навичок.

Основними напрямками підготовки за нашим фахом є вивчення комп'ютерних технологій підготовки виробництва, інструментального забезпечення та верстатного обладнання підприємств галузі. Реалізація сучасних технологій базується на високопродуктивному і точному обладнанні, оснащеному системами числового програмного керування. Фахівець з прикладної механіки повинен вміти підібрати верстати та найбільш раціонально їх застосувати. Це також важливий момент фахової підготовки.

Моя бакалаврська робота містить технологічні і конструкторські пропозиції, спрямовані на покращення ефективності серійного виробництва,

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1.1 Опис призначення та конструкції деталі

За ознаками класифікації Ф. С. Дем'янюка деталь «Стакан Б76/120.005-001» відноситься до деталей типу втулок. Стакан є деталлю для з'єднання в один вузол тягового циліндра і радіально розташованих вкладишів.

Заготовкою стакана служить круглий прокат нормальної точності, оскільки вимоги до точності поверхонь не є високими. Для дрібносерійного та індивідуального виробництва це найбільш раціональний спосіб.

Стакан має форму циліндричної втулки з конічним торцевим пояском і трьома косими лисками (під кутом  $30^\circ$  до цього ж торця).

Ескіз стакана з номерами поверхонь показаний на рис. 1.1.

Деталь має внутрішні ступінчасті поверхні циліндричної форми діаметрами  $\varnothing 63$  та  $\varnothing 101$  мм та внутрішню різбову поверхню М105х3-7Н. Для запобігання пошкодженню різбової поверхні отвір має фаску  $2\pm 0,2 \times 45^\circ$ . З боку верхнього (за ескізом) торця деталі під кутом  $30^\circ$  до останнього у тілі стакана зроблено три радіальні пази Т-подібного перерізу для розміщення фіксаторів.

Перпендикулярно до осі на відстані  $67\pm 0,3$  мм від верхнього торця зроблено чотири радіальні отвори  $\varnothing 40$  мм для нагвинчування стакана на тяговий циліндр.

Зробимо аналіз поверхонь по точності та шорсткості.

Поверхні з найвищою точністю і шорсткістю:

- поверхня циліндричного отвору  $\varnothing 100^{+0,12}$  мм - 10 квалітет, – Ra 2,5 мкм;
- поверхні радіальних пазів – Rz 10, 11 квалітет;
- різбова поверхня М105х3 – сьомий клас точності, Rz 20.

решта поверхонь деталі - 14 квалітет Rz 40 мкм.

Габаритні розміри деталі:  $\varnothing 122 \times 120$  мм. Маса – 3,76 кг.

Хімічний склад сталі 45 вказаний у таблиці 1.1.

Механічні властивості сталі 45 вказані у табл. 1.2.

Основні характеристики поверхонь деталі наведені в таблиці 1.3.

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



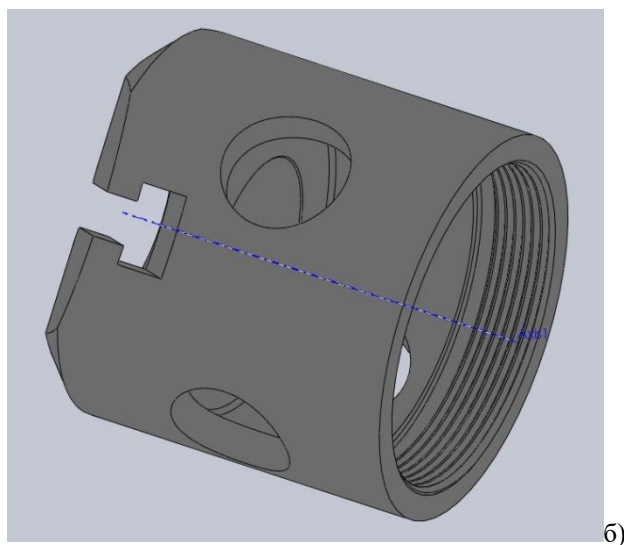
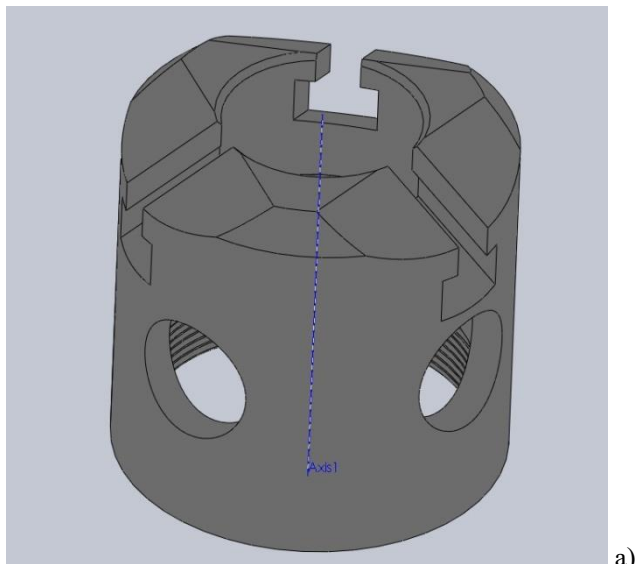


Рис. 1.2 – Зовнішній вигляд деталі «Стакан Б76М/120.005-01»

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050 – 74

C	Cr	Si	Mn	S	P	Cu	Ni
				не більше			
0,42 – 0,5	≤0,25	0,17 – 0,37	0,5 – 0,80	0,035	0,035	0,3	0,3

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050 – 74

$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\Delta s. \%$	$\Psi. \%$	ан, Дж/см <sup>2</sup>
не менше				
360	610	16	40	5

**Таблиця 1.3 – Характеристика поверхонь деталі «Стакан Б76М/120.005-01»**

№ 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. Конструкторська база, технологічна база	Ø122x120 мм	14	14	Rz40
2	Плоский торець. Технологічна, конструкторська база. Виконавча поверхня	Ø122 мм	14	14	Rz40
3	Круглий циліндричний отвір Виконавча поверхня.	Ø40 мм	14	14	Rz40
4	Внутрішня циліндрична поверхня. Приєднувальна поверхня. Технологічна база	Ø100 <sup>+0,12</sup>	10	10	Ra 2,5
5	Плоский торець. Технологічна, конструкторська база. Приєднувальна поверхня	Ø122 мм	14	14	Rz40
6	Плоска поверхня. Конструкторська база. Вільна поверхня.	Ø122 мм	14	14	Rz40
7	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня	Ø63 мм	14	14	Rz40
8	Зовнішня конічна поверхня. Вільна поверхня	Ø122 мм	14	14	Rz40
9	Фаска внутрішня. Вільна поверхня.	2,0x45°	12	12	Rz 40
10	Торцева поверхня. Конструкторська база. Вільна поверхня.	Ø100 мм	14	14	Rz 40
11	Різьбова поверхня. Виконавча поверхня	M105x3,0	7	7	Rz20
12	Циліндрична поверхня канавки. Вільна поверхня.	Ø55,6	9	9	Ra 1,6
13	Фаска внутрішня. Вільна поверхня.	2,0x45°	12	12	Rz 40
14	Внутрішня фасонна поверхня. Виконавча поверхня	26x22 мм	14	10	Ra 2,5
15	Радіусна поверхня. Вільна поверхня	Ø12	14	12	Ra 12,5

## 1.2 Аналіз конструкції стакана на технологічність обробки.

Основними вимогами до деталей сучасних машин і механізмів є:

- Максимальна відповідність службовому призначенню;
- Мінімальні затрати на виготовлення;
- Технологічність у виготовленні.

Практика показує, що перша вимога в значній мірі забезпечується виконанням третьої вимоги, що потребує кропіткої роботи технологів і конструкторів..

Деталь прийнято називати технологічною, якщо в процесі виготовлення у максимальній мірі використані можливості обладнання, інструментів та інтелектуальний потенціал фахівців.

Точність майже всіх поверхонь деталі «стакан» невисока - IT14, H12, H14, h12, h14, за винятком внутрішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 100H10$ . Порівняно точною задана співвісність вказаної поверхні та різьби M105x3,3. Аналогічна ситуація з шорсткістю – Ra2,5 для вказаної поверхні та Rz 10 і Rz40 для решти. Таким чином, майже всі поверхні обробляються без особливих затрат продуктивними методами на верстатах із звичайною точністю та жорсткістю.

Загалом стакан має форму тіла обертання, в якості технологічних баз можна вибрати зовнішню та внутрішню циліндричні поверхні, що зумовлено їхньою точністю.

На токарних операціях застосуємо трикулачковий самоцентруючий патрон для одробки внутрішніх поверхонь, та розтискну цангову оправку для зовнішніх поверхонь.

Токарну обробку бажано виконати на двох верстатах з ЧПК, щоб не знімати розтискну оправку.

Фрезерування трьох лисок, трьох фасонних T – подібних пазів і свердління чотирьох T – подібних отворів доцільно виконати на багатоопераційному верстаті з одного встановлення деталі. Такі верстати задовольняють умовам серійного виробництва.

Базувати і закріплювати деталь не складно, хоча й не забезпечується дотримання принципу постійності баз при обробці.

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розміри на креслені проставлені грамотно.

Так як деталь в цілому є тілом обертання, то основним методом її обробки є точіння на верстатах токарної групи з ЧПК. Поверхні обробляємо за дві операції.

Радіальні пази та отвори можна обробити з нормальними режимами різання, бо деталь жорстка.

В умовах дрібносерійного виробництва як заготовку стакану доцільно прийняти прокат круглий нормальної точності.

Деталь коротка і відносно товстостінна, тому потреби в особливих заходах по забезпеченню точності немає..

До всіх оброблюваних поверхонь є вільний доступ різального і вимірного інструменту.

Всі оброблювані поверхні (за винятком фасок) досить зручно розміщені.

Функціональність деталі та організаційна форма виробництва не потребують заміни матеріалу.

Таким чином, в цілому деталь є технологічною для механічної обробки.

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 1.3 Річна програма випуску та розмір партії деталей

Заданий тип виробництва – дрібносерійний.

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	$T_{шт}$ , хв
1	2	3	4
005	Пило-відрізна	8Г662	3,35
010	Токарно-револьверна	1М365	21,14
015	Токарно-револьверна	1М365	2,59
020	Токарна з ЧПК	16К20Ф3Р232	19,04
025	Токарна з ЧПК	16К20Ф3Р232	13,73
030	Універсально-фрезерна	ФУ 251	13,82
035	Універсально-фрезерна	ФУ 251	10,11
040	Універсально-фрезерна	ФУ 251	8,78
045	Вертикально-свердлильна	WKA 40	10,15
	Разом		102,71

Число операцій  $n = 8$ ; (без врахування заготівельної операції 005) сумарний штучний час  $\sum T_{ум} = 99,36$  хв.

Середній штучний час:

$$T_{ум.сер} = \frac{\sum T_{ум}}{n} = \frac{99,36}{8} = 12,42 \text{ хв.}$$

Такт випуску деталей:

$$t_g = k_z \cdot T_{ум.сер} = 20 \cdot 12,42 = 248,4 \text{ хв,}$$

де  $k_z$  – коефіцієнт закріплення операцій для заданого типу виробництва:

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

Річна програма випуску деталей:

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$N = \frac{F_{\partial} \cdot 60}{t_{\partial}} = \frac{3900 \cdot 60}{248,4} = 942 \text{ шт.},$$

Приймаємо  $N=940$  шт.

де  $F_{\partial}$  – дійсний річний фонд робочого часу устаткування.

$$F_{\partial} = 3900 \text{ год.}$$

Розрахункова кількість деталей у партії:

$$n_{\partial} = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{940 \cdot 12}{252} = 45 \text{ шт.},$$

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:

$$C = \frac{T_{\text{шт.сер}} \cdot n_{\partial}}{480 \cdot 0,8} = \frac{12,42 \cdot 45}{480 \cdot 0,8} = 1,46 \text{ зміни},$$

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:

$$n_{\partial} = \frac{C_{np} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{шт.сер}}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{12,42} = 61,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n_{\partial} = 60$  шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

$$\text{Число запусків } i = \frac{N}{n_{\partial}} = \frac{940}{60} = 15,7.$$

Приймаємо  $i = 16$ ;

тоді  $N = i \cdot n_{\partial} = 16 \cdot 60 = 960$  шт.

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1.4 Обґрунтування способу отримання заготовки

Тип виробництва – дрібносерійний.

Деталь – Стакан Б76М/120.005-01.

Матеріал деталі – Сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Габаритні розміри деталі – Ø122x120 мм.

Маса деталі – 3,65 кг.

На базовому підприємстві Калуський дослідний завод “Карпатнафтомаш” заготовкою для вала служить гарячекатаний прокат нормальної точності діаметром 130 мм. Зовнішні контури деталі циліндричні, хоча внутрішня порожнина має ступінчасту конфігурацію. Радіальні пази та ухили теж мають складну форму. Коефіцієнт використання матеріалу невисокий – 0,29. Але попри все робити заготовку литвом у оболонкові форми або штампуванням з утворенням центральної порожнини недоцільно з таких міркувань:

- усі поверхні деталі підлягатимуть обробці різанням, щоб отримати задану точність розмірів і форму;
- способи литва чи штампування створюють великі внутрішні напруження, газові раковини і ліквіацію металу, а після зняття припуску при обробці отримаємо незначну товщину стінок деталі, а при значному навантаженні є велика імовірність появи тріщин.

У заданому типі виробництва застосування верстатів з ЧПК є оптимальним, а це забезпечить високу продуктивність обробки і перекине затрати від переходу металу у стружку.

Отже, вибираємо прокат гарячекатаний нормальної точності для нашої заготовки.

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1.5 Технологія механічної обробки деталі на базовому заводі

Базову технологію механічної обробки стакану маємо в таблиці 1.5.

**Таблиця 1.4 – План механічної обробки поверхонь за базовим техпроцесом**

№ операції	Обр. Поверхні деталі	Назва та зміст операції, Операційний ескіз	Верстат, пристрій, оснастка
	2	3	4
005	--	Пило-відрізна 1.Різати заготовку $L = 128 \pm 1.25$ мм	Пило-відрізнний 8Г662, Лещата призматичні ГОСТ 3775-78
010		Токарно-револьверна 1.Свердлити отвір $\varnothing 30$ мм напрохід 2.Росвердлити отвір до $\varnothing 58 \pm 1$ мм напрохід	Токарно-револьверний 1М365 3х кул. Патрон 1100-0009 ГОСТ 2672-82
015		Токарно-револьверна 1. Підрізати торець $\varnothing 130$ в розмір $124_{-1,0}$ мм	Токарно-револьверний 1М365 3х кул. Патрон 1100-0009 ГОСТ 2672-82
020		Токарна з ЧПК 1.Підрізати торець $\varnothing 130$ в розмір $122 \pm 0,5$ мм 2.Розточити поверхню під різьбу і фаски, витримуючи р-ри $\varnothing 100^{+0,12}$ , $2 \times 45^\circ$ , $75 \pm 0,3$ , R 1.5, $45^\circ$ . 3.Нарізати різьбу, витримуючи р-ри M105x3,0 та $20 \pm 0,5$ мм	Токарний з ЧПК 16K20Ф3Р232 3х кул. Патрон 1100-0009 ГОСТ 2672-82
025		Токарна з ЧПК 1.Підрізати торець в розмір $120 \pm 0,3$ мм 2.Точити поверхню, витримуючи р-р $\varnothing 122_{-1,0}$ 3.Точити фаску, витримуючи р-р	Токарний з ЧПК 16K20Ф3Р232 3х кул. Патрон 1100-0009 ГОСТ 2672-82

		2x45° 4.Розточити отвір, витримуючи р-р . Ø62 <sup>+0,74</sup>	
030		Універсально-фрезерна 1.Фрезерувати 3 поверхні, витримуючи р-ри 30° і 92±0,3 мм. 2.Нанести мітку на зовнішній поверхні заготовки по установчій мітці пристрою	ФУ 251 Пристрій фрезерний
035		Універсально-фрезерна 1.Фрезерувати 3пази, витримуючи р-ри 14±0,2 та 21,5 ±0,2 мм.	ФУ 251 Пристрій фрезерний
040		Універсально-фрезерна 1.Фрезерувати 3пази, витримуючи р-ри 26±0,2, 10 ±0,2 та 22 ±0,2 мм.	ФУ 251 Пристрій фрезерний
045		Вертикально-свердлильна 1.Свердлити 4 отвори Ø40 мм, витримуючи р-р 67 ±0,3 мм	WKA 40 Кондуктор свердлильний

Зробимо аналіз базової технології виготовлення стакану.

Операції з обробки поверхонь обертання (зовнішніх і внутрішніх), а також нарізання різьби, виконуються на токарно-револьверних (свердління центрального отвору та підрізка торців) і токарних верстатах з ЧПК виробництва СРСР (решта поверхонь). Пази фрезерують на універсально-фрезерних верстатах, а отвори свердлять на вертикально-свердлильному верстаті.

Застосовують при цьому перехідні втулки, фрезерний пристрій та кондуктор свердлильний.

Оскільки сучасні верстати з ЧПК є достатньо жорсткими, точними і високопродуктивними, пропоную обробки поверхонь обертання (зовнішніх і внутрішніх), а також нарізання різьби, виконати за дві операції на токарних верстатах з ЧПК імпортного виробництва мод HAAS ST-15-1/12 Для обробки T-подібних пазів та свердління радіальних отворів застосувати п'ятикоординатний багатоопераційний верстат з ЧПК мод. KITAMURA MYCENTER 3XT з об'єднанням переходів у одну операцію.

На першій токарній операції заготовку базуємо у трикулачковому патроні по зовнішній циліндричній поверхні, а на другій – по внутрішній поверхні з використанням розтискної цангової оправки.

Для багатоопераційного верстата з ЧПК застосуємо пристрій, аналогічний базовому, але з пневмоприводом затискної ланки. Таким чином, чотири операції об'єднаємо в одну, і усунемо витрати часу на перевстановлення деталі.

Таким чином, механічну обробку стакану пропоную виконати за три операції, тоді як за базовою технологією їх було вісім (без врахуванням заготівельної).

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1.6 Розробка технології обробки деталі

Новий маршрут механічної обробки стакана покажемо у таблиці 1.6.

**Таблиця 1.5 – Проектний технологічний маршрут обробки стакана**

№ операції	Обр. Поверхні деталі	Назва та зміст операції, Операційний ескіз	Верстат, пристрій, оснащення
05		<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Свердлити отвір Ø30 мм напрохід</li> <li>2. Росвердлити отвір до Ø58±1 мм напрохід</li> <li>3. Підрізати торець Ø 130 в розмір 124<sup>-1,0</sup> мм</li> <li>4. Підрізати торець Ø 130 в розмір 122±0,5 мм</li> <li>5. Розточити поверхню під різьбу і фаски, витримуючи р-ри Ø 100<sup>+0,12</sup>, 2x45°, 75±0,3, R 1.5, 45°.</li> <li>6. Нарізати різьбу, витримуючи р-ри M105x3,0 та 20±0,5 мм</li> </ol>	<p>Токарний з ЧПК HAAS ST-15-1/12 трюхкулачковий патрон ГОСТ 65514-80</p>
10		<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Підрізати торець в розмір 120±0,3 мм</li> <li>2. Точити поверхню, витримуючи р-р Ø122<sup>-1,0</sup></li> <li>3. Точити фаску, витримуючи р-р 2x45°</li> <li>4. Розточити отвір, витримуючи р-р Ø62<sup>+0,74</sup></li> </ol>	<p>Токарний з ЧПК HAAS ST-15-1/12 трюхкулачковий патрон ГОСТ 65514-80, оправка цангова розтискна</p>
10	,4	Багатоопераційна з ЧПК	П'ятикоординатний оброблюючий центр

	<p>Позиції 1, 2, 3 1.Фрезерувати 3 поверхні, витримуючи р-ри 30° і 92±0,3 мм.</p> <p>Позиції 4, 5, 6 2. Фрезерувати 3пази, витримуючи р-ри 14±0,2 та 21,5 ±0,2 мм.</p> <p>Позиції 7, 8, 9 3.Фрезерувати 3пази, витримуючи р-ри 26±0,2, 10 ±0,2 та 22 ±0,2 мм.</p> <p>Позиції 10, 11, 12, 13 1.Свердлити 4 отвори Ø40 мм, витримуючи р-р 67 ±0,3 мм</p>	<p>KITAMURA MYCENTER ЗХТ, Пневмопрестрій спеціальний</p>
--	--	--

Технологічні ескізи обробки стакана за проектним маршрутом показані на рис. 1.3 – 1.6.

Аналізуючи новий технологічний процес можна сказати, що метод отримання заготовки для нашої організаційної форми виробництва є найбільш прийнятний, оскільки технологічна підготовка і витрати на отримання вилівка будуть невиправдано великі. Застосування прокату обумовлює також невисокий високий коефіцієнт використання матеріалу. Встановлена послідовність технологічних операцій забезпечить задану точність розмірів, форми і розміщення поверхонь деталі.

Оскільки виробництво стакана є дрібносерійним, то доцільно замінити токарно-револьверні та свердлильні верстати на верстати з ЧПК, що є технологічно і економічно виправдано. Оскільки фрезерування фасонних пазів і свердління отворів у стакані вимагає розміточних операцій або ж кондуктора, то доцільно використати на цих операціяхбагатоопераційний верстат з ЧПК та пристрій з пневмозатиском.

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

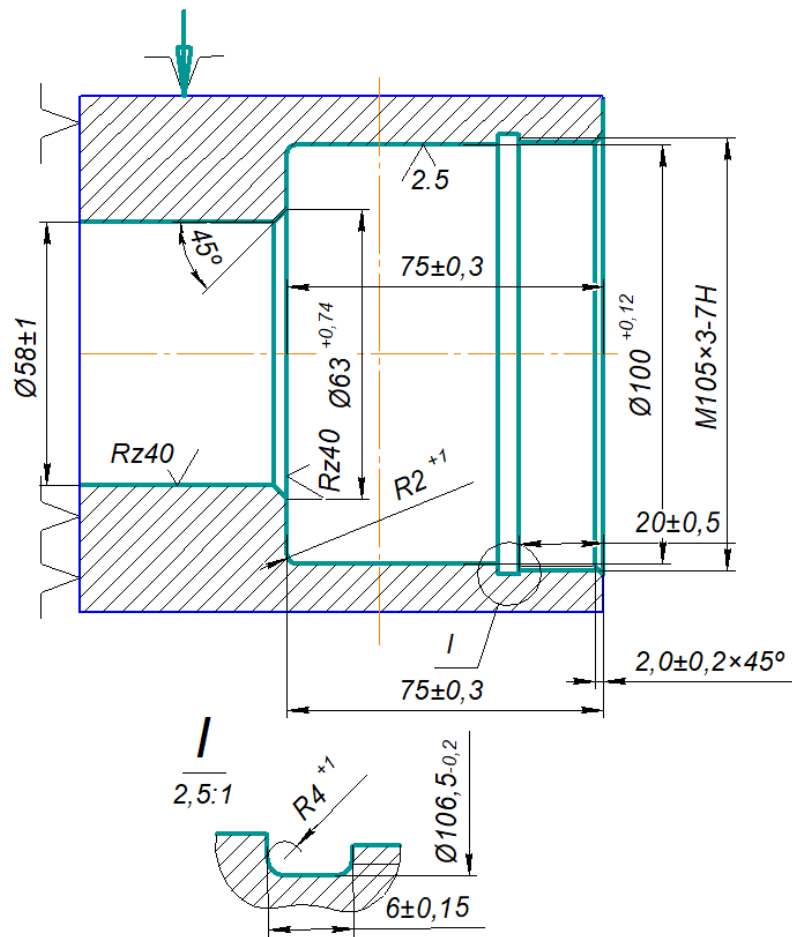


Рис.1.3 Ескіз обробки на операцію 005

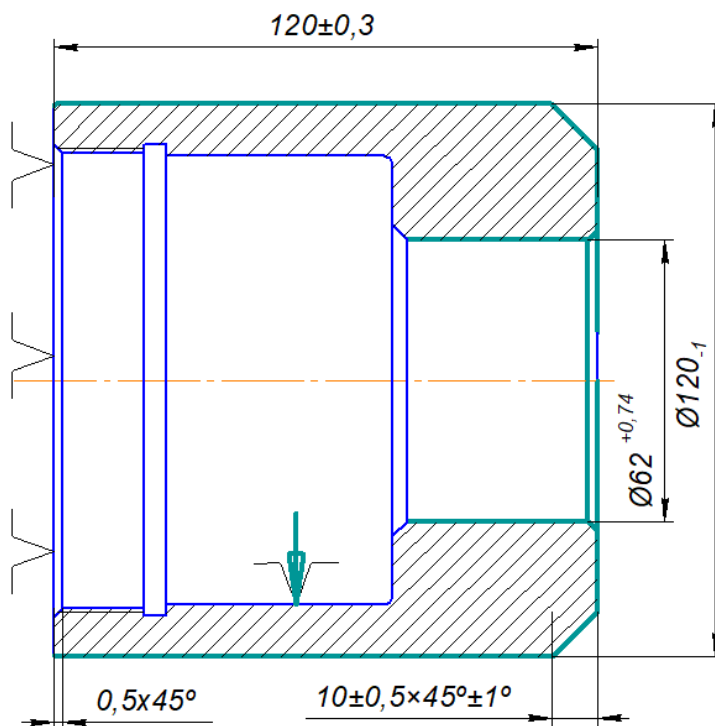


Рис.1.4 Ескіз обробки на операцію 010

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР.ПМ-307.00.000 ПЗ

Лист

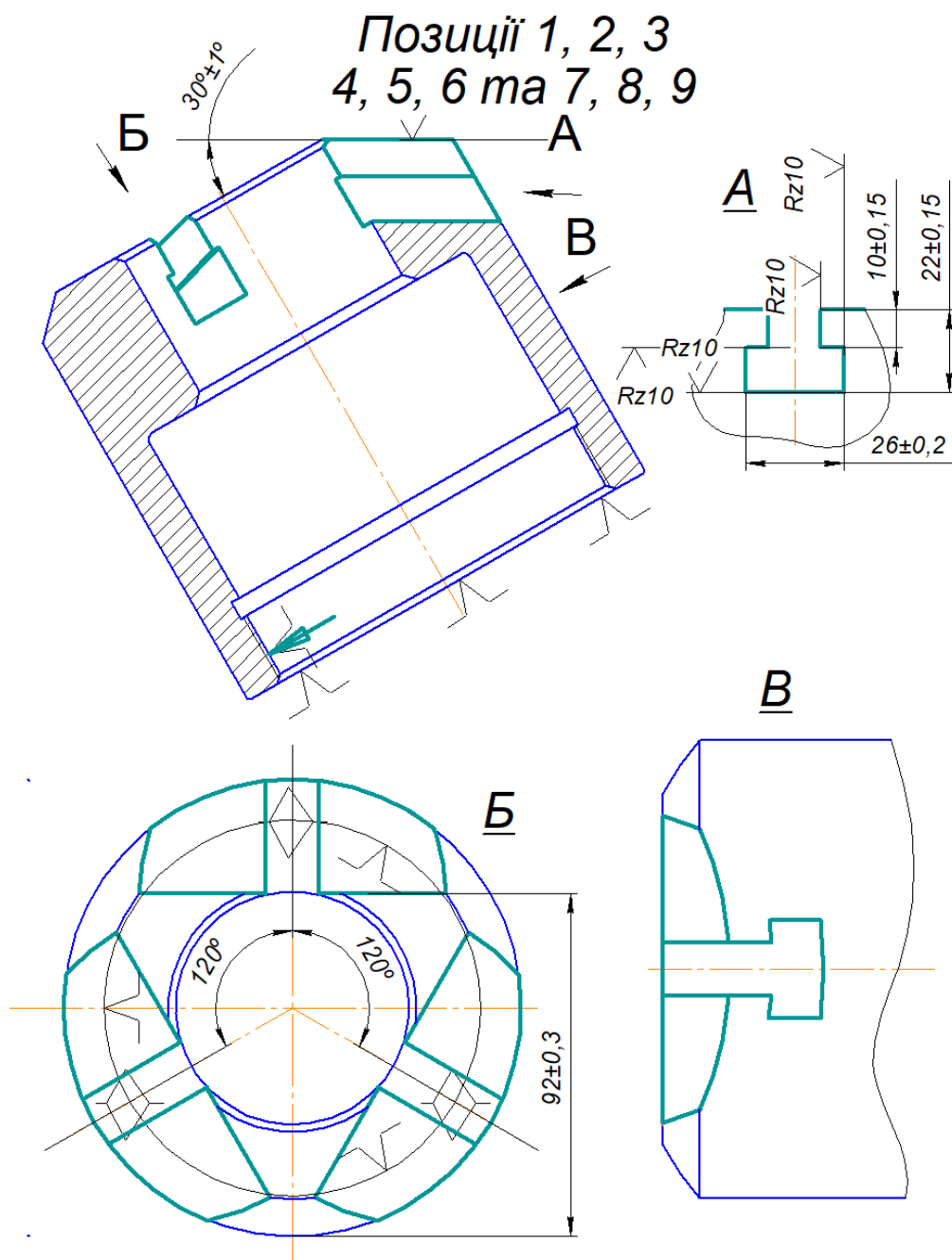


Рис.1.5 Ескіз обробки на операцію 015, позиції 1 -9.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР.ПМ-307.00.000 ПЗ

Лист

## Позиції 10, 11,12,13

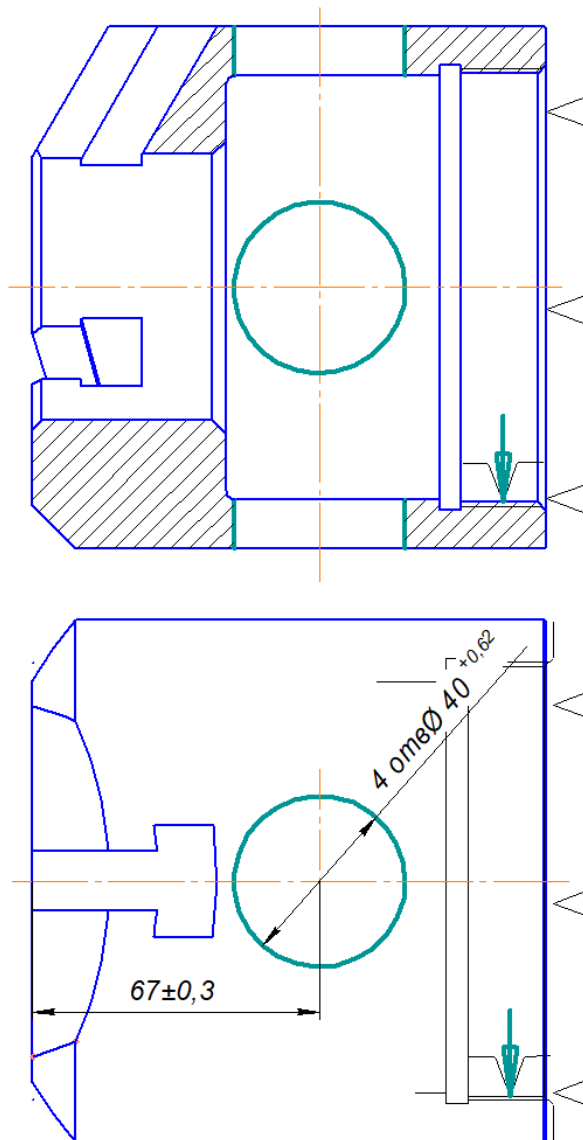


Рис.1.6 Ескіз обробки на операцію 015, позиції 11 – 13.

Зовнішній вигляд верстатів показано на рис. 1.7– 1.8.

Параметри верстатів наводимо в табл.. 1.6 та 1.7

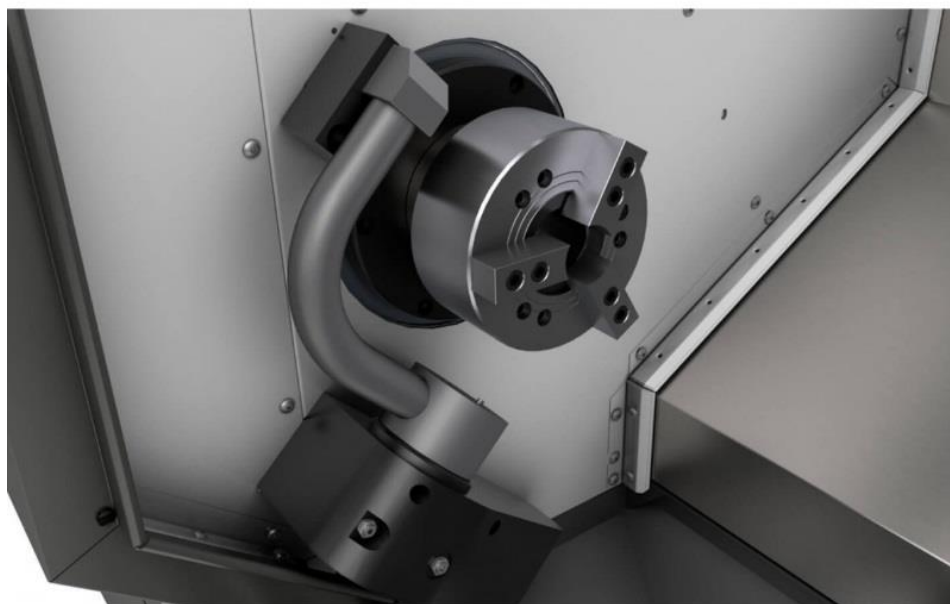
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР.ПМ-307.00.000 ПЗ

Лист



а)



б)

Рис. 1.7 – Зовнішній вигляд токарного верстата з ЧПК HAAS ST-15-1/12 (а)  
та його робоча зона (б)

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Таблиця 1.6 – Параметри токарного верстата з ЧПК HAAS ST-15-1/12**

№	Параметр	Значення
1	Переміщення по осі X	200 мм
2	Переміщення по осі Z	406 мм
3	Розмір патрона	165 мм
4	Найбільший діаметр прутка	44 мм
5	Максимальний діаметр деталі, що встановлюється	419 мм
6	Максимальний діаметр обробки (в залежності від поворотної головки)	356 мм
7	Прискорені переміщення по осях X і Z	30,5 м/хв
8	Максимальне навантаження по осях X і Z	14,679 кН
9	ГОЛОВНИЙ ШПИНДЕЛЬ Максимальна швидкість	50 - 6 000 об./хв
10	Максимальний крутний момент / n= 500 об / хв	102 Нм
11	Максимальна потужність	14,2 кВт
12	Торець шпинделя	A2-5
13	РЕВОЛЬВЕРНА ГОЛОВКА Кількість інструментів	12шт
14	. Тип головки	40VDI
15	Час індексації голови / інструм/ до інструм/	1сек
16	Точність позиціонування	+/-0,005мм
17	Точність повторного позиціонування	+/-0,003мм
18	Вага нетто	2750 кг
19	Контроль	HAAS
20	Переміщення по осі X	200 мм
21	Переміщення по осі Z	406 мм
22	Розмір патрона	165 мм



12	Ємність інструментального магазину	40
13	Конус шпинделя	MAS CT (BT) 40 (HSK-A63 Варіант вибору)
14	Тип шпинделя	HSK A-63/HSK A-100
15	Двигун шпинделя	22 кВт (15 хв.)18, кВт (30 хв.)15 кВт (постійна робота)
16	Макс. діаметр інструменту	150 мм
17	Макс. довжина інструменту	200 мм
18	Макс. маса інструменту	7 кг
19	Час заміни інструмент – інструмент	2.3 с
21	Час заміни стружка – стружка	8 с, мінімум
21	Споживана потужність	35 кВа, 400 В
	Стиснене повітря	0,6 МПа, 300 л/хв.
	Габарити верстата в плані	3724 x 5320 мм
	Висота верстата	4169 мм
	Маса нетто	33 00
	<b>ДОДАТКОВЕ ОБЛАДНАННЯ</b>	
	Охолодження крізь шпиндель	30-70 бар
	Зонд заміру деталі	Renishaw OMP400
	Зонд заміру інструменту	Renishaw RP3 або Renishaw TS- 27R
	Лазерний зонд заміру інструменту	Renishaw NC-4
	Збільшення пам'яті контролера	1Мб/2Мб

					<i>БР.ПМ-307.00.000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1.7 Розрахунок припусків на механічну обробку зовнішньої циліндричної поверхні Ø122-0,14.

Для отримання потрібного розміру та якості поверхні з прокату шляхом механічної обробки знімається шар металу – припуск.

Припуски повинні, з одного боку, забезпечити мінімальну витрату матеріалу, та забезпечити необхідні характеристики поверхневого шару матеріалу деталі, з іншого.

Розрахунок припусків аналітичним методом проведемо на механічну обробку зовнішнім чорновим і чистовим точінням зовнішньої циліндричної поверхні Ø122-0,14.

Спосіб отримання заготовки – круглий гарячекатаний прокат нормальної точності.

Точність оброблюваної поверхні h10.

Габарити оброблюваної поверхні Ø122x120 мм.

Схема встановлення та закріплення деталі при точінні показана в операційному ескізі (див. рис. 1.ЧЧЧ).

Технологічний маршрут обробки:

- Чорнове точіння (h12);
- Чистове точіння(h10)

Двосторонній мінімальний припуск при обробці:

$$2Z_{i\min} = 2 \left[ (R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\rho_{0i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \text{ мкм}$$

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Де  $R_{zi-1}$  – висота мікро нерівностей профілю на попередньому переході, мкм

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

$\rho_{0i-1}$  – сумарне відхилення розміщення поверхні ( від паралельності, соосності, симетричності, позиційне...), мкм.

$\varepsilon_i$  – похибка установки деталі на операції, мкм.

Маршрут обробки, дані для розрахунків з довідкових таблиць та результати розрахунків заносимо в таблицю 1.XXX

Заготовка: круглий прокат.

$R_z + T = 200$  мкм;  $h = 300$  мкм ([5], табл. 1 с.180);

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}, \text{ мкм}$$

Короблення заготовки в місці обробки:

$\rho_{кор} = L \times \Delta k$ , мкм;

де  $L = 120$  мм розмір заготовки;;

$\Delta k$ - питома кривизна, мкм/м;

$\Delta k = 1$  мкм/мм ( [5], табл. 4 с.180);

$$\rho_{кор} = 120 \times 0,002 = 0,24 \text{ мм.}$$

Похибка встановлення в патроні:

- на першому переході  $\varepsilon = 296$  мкм;

наступні похибки рівні 0, бо обробка ведеться з однієї установки.

На послідуєчих переходах механічної обробки, після:

- чорнового точіння  $R_z = 63$  мкм;  $h = 60$  мкм ([5], табл. 5 с.181);

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- чистового точіння:  $R_z=10\text{мкм}$ ;  $h=30\text{мкм}$  ([5],табл. 5 с.181).

Для визначення  $\Delta \rho_i$  та  $\epsilon_i$  використовуємо довідкові дані і результати

записуємо в таблицю.

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{1\min} = 2[200 + 300 + \sqrt{512^2 + 296^2}] = 2 \cdot 1091 = 2182 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\min} = 2[(63 + 60)] = 2 \cdot 123 = 246 \text{ мкм};$$

Розрахункові припуски:

$$2Z_1 = 3110 + 1600 + 890 = 5600 \text{ мкм};$$

$$2Z_2 = 1006 + 890 + 360 = 2256 \text{ мкм};$$

$$2Z_3 = 129 + 360 + 89 = 578 \text{ мкм}$$

Максимальні припуски на обробку:

$$2Z_{\max}^{cp} = D_{\max_{i-1}} - D_{\max_i}, \text{ мм};$$

$$2Z_{1\max} = 125.59 - 122.54 = 0.275 \text{ мм};$$

$$2Z_{2\max} = 122.54 - 102.02 = 0.52 \text{ мм};$$

Значення граничних розмірів та припусків наводимо в таблиці 1.8

**Табл. 1.8 – Припуски, допуски та розміри**

					$2Z_{\text{розр}}$	$d_p$	$\Delta$ мкм	Граничні розміри		Граничні припуски	
	Rz	T	$\rho$	$\epsilon$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	200	300	512	-		124,288	1000	124,29	125.29		
Точіння											
Чорнове	63	60	-	296	2182	122,106	400	122,11	122.54	2186	2750
Чистове	10	30	-	-	246	121,86	160	121,86	122.02	246	520

Схема графічного розташування припусків на обробку поверхні приведена на рисунку 1.5.

					<i>БР.ПМ-307.00.000 ПЗ</i>					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

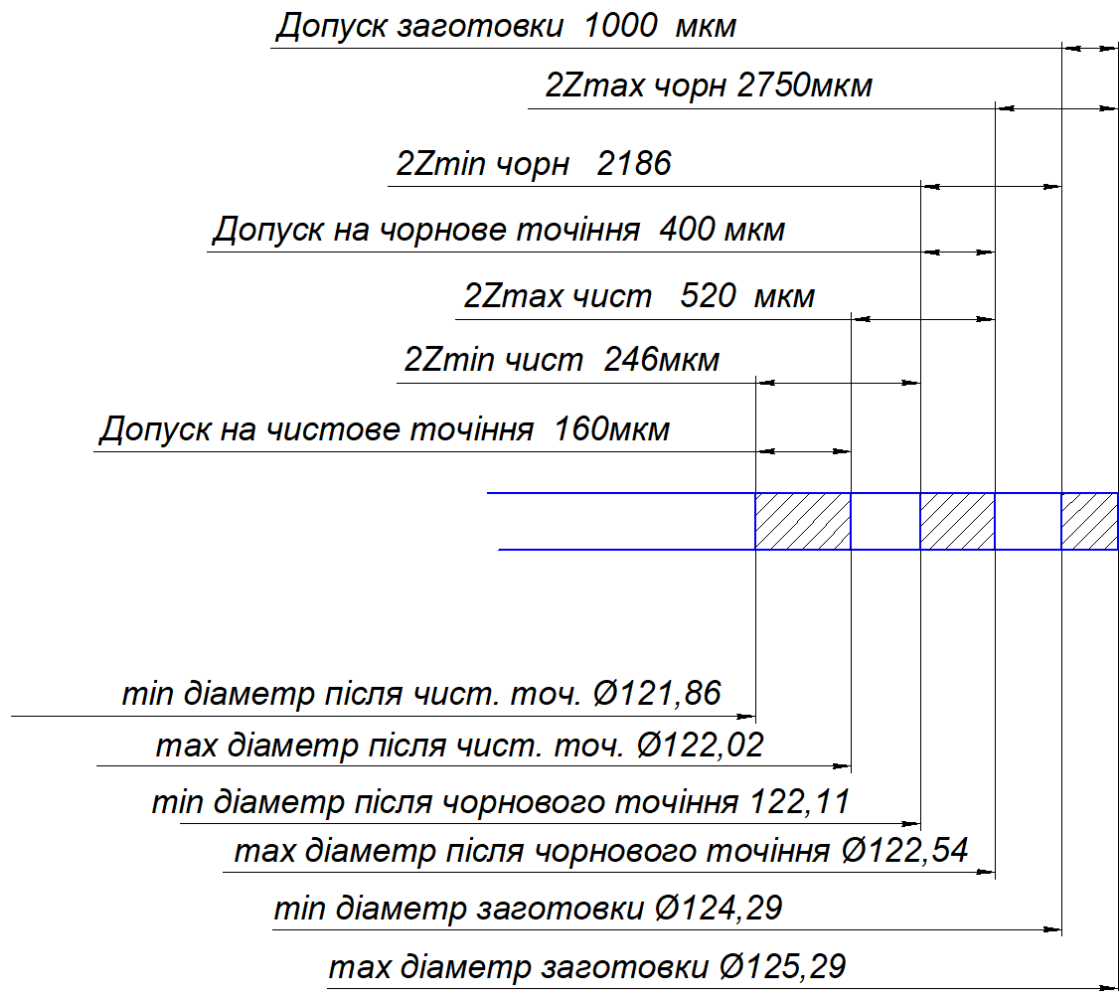


Рисунок 1.9 – Схема розміщення між операційних припусків та розмірів на поверхню  $\varnothing 122_{-0.14}$

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Швидкість різання розрахункова:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S_z^y \cdot t^x} \cdot K_v$$

Де  $C_v = 420$ ,  $x = 0.15$ ,  $y = 0.20$ ,  $m = 0.20$

$K_{\mu v} = 1.0$ ,  $K_{\phi v} = 0.7$

$$K_{lv} = \left( \frac{750}{\sigma_8} \right)^n = \left( \frac{750}{610} \right)^{0.3} = 1.3$$

$K_v = 1.3$ ,

$$V_p = \frac{420}{50^{0.2} \cdot 0.32_z^{0.15} \cdot 0.12^{0.2}} \cdot 1.3 = 385 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 385}{\pi \cdot 100} = 1266 \text{ хв}^{-1};$$

Основний час:

$$T_0 = \frac{50 + 3.5}{0.12 \cdot 1266} = 0.352 \text{ хв.}$$

Тангенційну силу визначимо за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300$ ,  $x = 1.0$ ,  $y = 0.75$ ,  $n = -0.15$

$$K_{\mu p} = \left( \frac{\sigma_8}{750} \right)^{0.75} = 0.813$$

$K_{\phi p} = 1.0$

$K_{\gamma p} = 1.0$  табл.23 с.275,

$K_{r p} = 0.93$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.32^{1.0} \cdot 0.12^{0.75} \cdot 385^{-0.15} \cdot 0.813 \cdot 0.93 = 60.6 \text{ Н}$$

Потужність різання при точінні

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{60.6 \cdot 385}{1020 \cdot 60} = 0.382$$

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Операція 015 – П'ятикоординатний верстат з ЧПК мод Matsuura  
CUBLEX-42.**

**Перехід – свердлильний**

Розсвердлювання чотирьох отворів від Ø20 мм до Ø40 мм у стакані

Вибираємо свердло турецької фірми «Takimsas», оснащене двома трикутними пластинками твердого сплаву, діаметром  $d = 40$  мм, шорсткість обробки  $R_z 40,0$  мкм. Тип свердла 1.5DHB 400 32 R 10. Інструмент оснащений пластинками WCMX 06 T308

Обробка відбувається на прохід, довжина розсвердлювання 145 мм.

Число проходів  $i = 4$  Обробку виконуємо за чотири позиції заготовки.

Нормативна подача на один оберт свердла  $S_0 = 0,56$  мм/об ([6]табл. 25, с. 277).

Для свердла з твердого сплаву вводимо коефіцієнт  $K = 0,6$ . Тоді

$$S_0 = 0,56 \cdot 0,6 = 0,36 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання розрахункова:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S_z^y} \cdot K_v, \text{ м/хв.}$$

Період стійкості інструменту  $T = 25$  хв (табл. 40, с. 290):

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{i_v} \cdot K_{L_v}.$$

Поправочний коефіцієнт на:

– оброблюваний матеріал  $K_{M_v} = \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^n = \left(\frac{750}{610}\right)^{1,0} = 1,3$ ; (табл. 3, с. 262);

– на інструментальний матеріал  $K_{i_v} = 1,0$  (табл. 5, с. 263);

– на глибину свердління  $K_{L_v} = 1,0$  (табл. 6, с. 263).

$$K_v = 1,3.$$

Коефіцієнт і показники степенів (табл. 28, с. 278):

$$C_v = 10,8; q = 0,4; y = 0,3; x = 0,2; m = 0,25,$$

$$V_p = \frac{10,8 \cdot 40^{0,4}}{25^{0,25} \cdot 10^{0,2} \cdot 0,36^{0,3}} \cdot 0,732 = 25,45 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя:

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$V = 25,3 \text{ м/хв}; N_{\text{рз}} = 4.25 \text{ кВт}; M_{\text{кр}} = 208 \text{ Нм}; P_o = 4519 \text{ Н}; T_0 = 4,02 \text{ хв.}$$

**Призначення режимів різання для нового маршруту  
табличним методом**

Для обробки решти поверхонь режими різання встановлюємо за рекомендаціями [10] і заносимо в табл. 1.9

**Табл. 1.9** – Табличні режими різання для обробки стакана

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
005 Токарна з ЧПК								
1	1	15	0,28			220	19,3	2,84
2	1	14	0,42			160	16,5	3,85
3	1	2	0,35			297	116	
4	1	2	0,33			350	124	
5	1	4,0	0,28			330	109	1,53
6	7	0,52	3,0			260	185	0,97
7	2	0,65	0,28			860	132	1,82
010 Токарна з ЧПК								
1	1	2,0	0,0,3			250	107	141
2	1	0,50	0,12			270		108,5
3	1	2,0	0,28			382	78	2,535
015 Фрезерна пятикоординатна з ЧПК								
1	3	10			125	184	30,7	2,7
2	3	21,5			63	315	5,6	4,82
3	3	12			52	400	4,8	4,55
4	4	10,0	0,26			280	12,3	1,22
5	4	10,0	0,36			202	25,5	2,51

## 1.9 Комп'ютерне проектування свердлильних переходів обробки стакану та генерація керуючої програми

Автоматизоване проектування переходу свердління чотирьох радіальних отворів у стакані на п'ятикоординатному верстаті в програмі Sprut CAM виконуємо в наступному порядку.

Основними етапами нашої розробки буде:

- 1 Створення тривимірної віртуальної моделі стакану, що обробляється, в середовищі Solid Works.
- 2 Створення моделі заготовки для даної деталі з вказанням поверхонь для обробки.
- 3 Трансформування виконаних моделей у формат *igs*.
- 4 Імпорт моделі деталі у програму Sprut CAM 2007.
- 5 Вибір верстата, виду обробки, системи ЧПК, та різального інструменту.
- 6 Створення робочого завдання (завдання способом координат оброблюваних поверхонь).
- 7 Уточнення технології виконання переходу - вибір способу підводу-відводу інструмента, стратегії обробки.
- 8 Візуальний контроль спроектованої технології шляхом імітації.
- 9 Генерування керуючої програми у модулі постпроцесора.

Розробимо технологічний перехід розсвердлювання чотирьох радіальних отворів Ø40 мм на п'ятикоординатному верстаті мод. KITAMURA MYCENTER 3XT.

Модель деталі з готовими чотирма отворами Ø40 мм імпортували в Sprut CAM( рис. 1.10).

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		









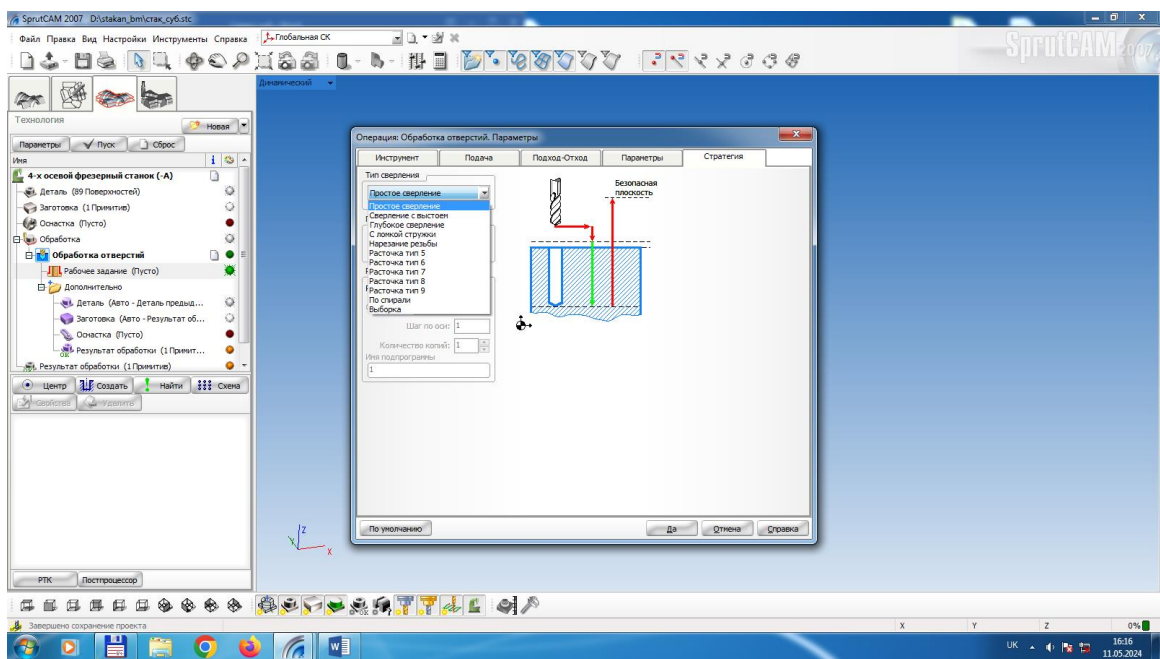


Рис. 1.18 – Задання загальної стратегії обробки

Призначаємо величину робочої подачі (рис.1.19).

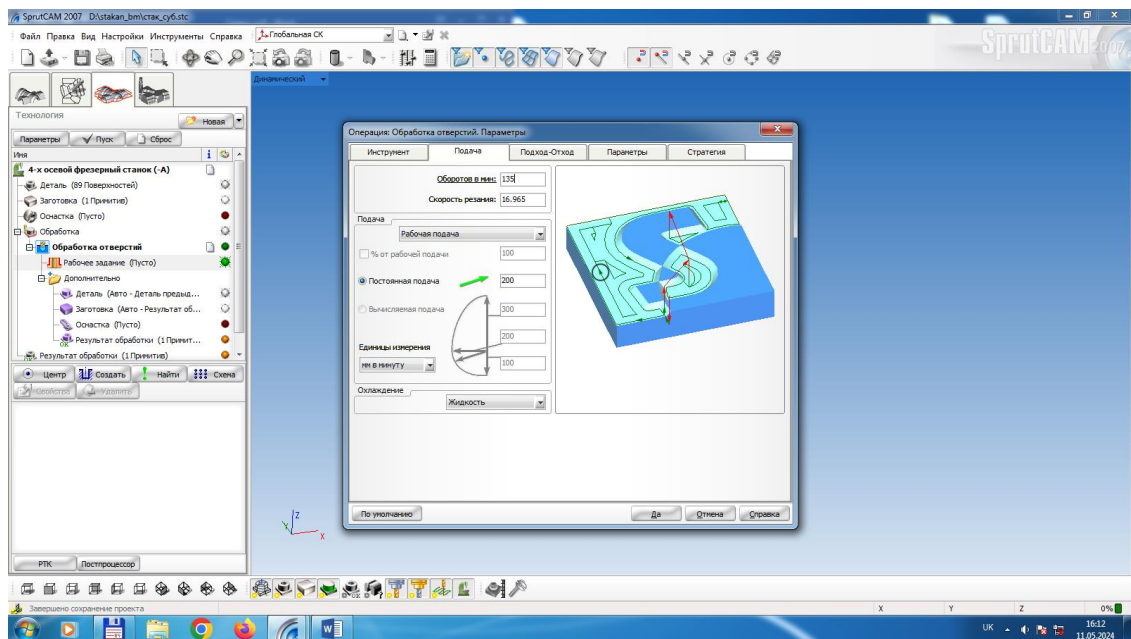


Рис. 1.19 – Призначення величини робочої подачі

Натискаємо на клавішу «Пуск» і отримуємо технологію свердління. Зелена галочка вказує, що всі попередні етапи виконані правильно і помилок немає. Інструмент і деталь після обробки показані на рис.1.20.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



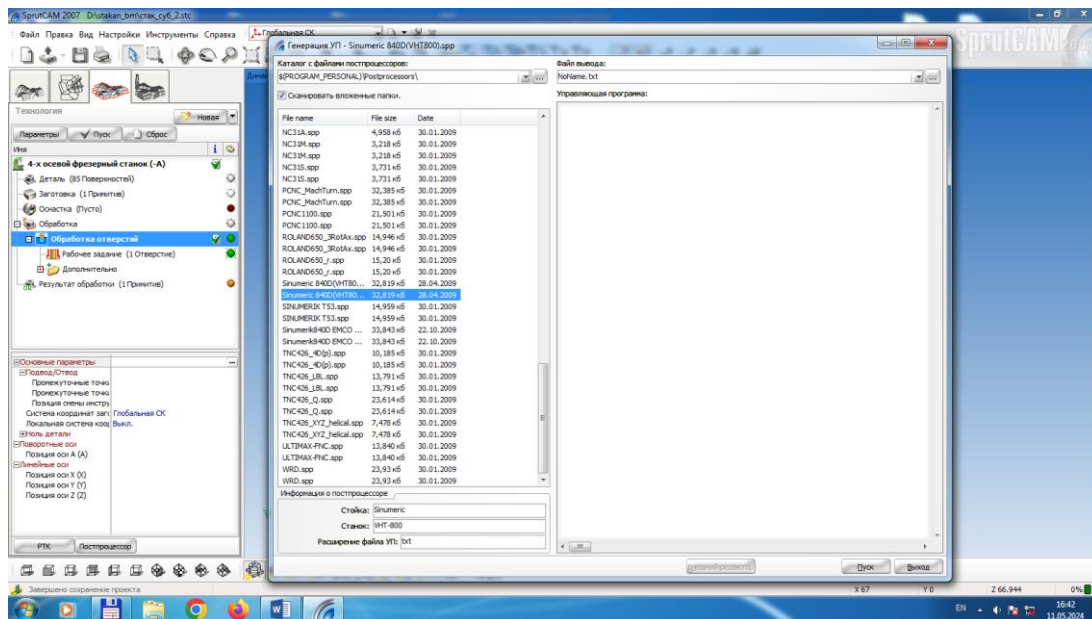


Рис. 1.22 – Вибір системи ЧПК

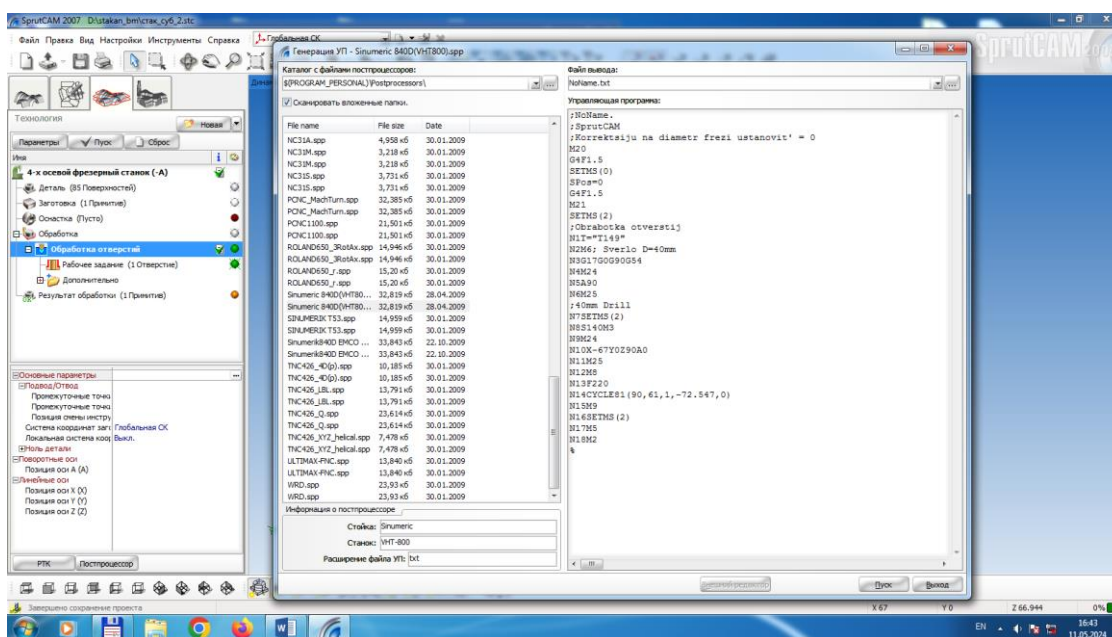


Рис. 1.23 – Вікно постпроцесора з програмою обробки

Текст програми наводимо нижче.

```

;NoName.
;SprutCAM
;Korreksiju na diametr frezi ustanovit' = 0
M20
G4F1.5
SETMS(0)

```

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

SPos=0  
G4F1.5  
M21  
SETMS(2)  
;Îbràbîtkà îtverstij  
N1T="T149"  
N2M6; Sverlo D=40mm  
N3G17G0G90G54  
N4M24  
N5A90  
N6M25  
;40mm Drill  
N7SETMS(2)  
N8S140M3  
N9M24  
N10X-67Y0Z90A0  
N11M25  
N12M8  
N13F220  
N14CYCLE81(90,61,1,-72.547,0)  
N15M9  
N16SETMS(2)  
N17M5  
N18M2  
%

					. БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



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.

Для отримання потрібного зусилля вибираємо пневмокамеру, тому що вона забезпечує велике осьове зусилля на штоці при незначних осьових переміщеннях тягового елемента.

Силовий розрахунок приводу зводиться до визначення зусилля притискання заготовки до кільцевої виточки в опорному диску 4 через різьбове з'єднання пари пробка 5 – заготовка.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР.ПМ-307.00.000 ПЗ					



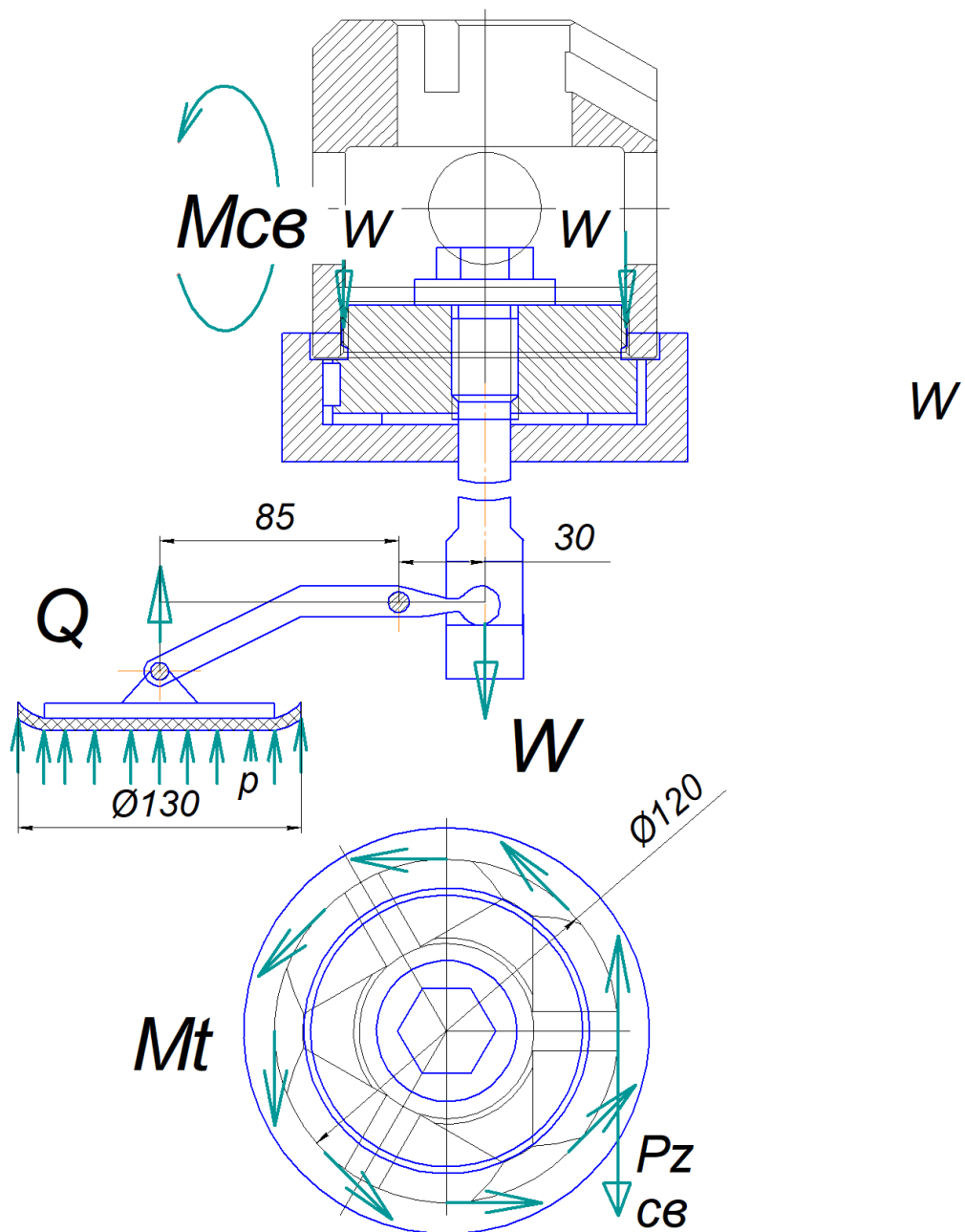


Рис. 2.1 - Розрахункова схема пристрою для п'ятикоординатного верстата

З конструктивних міркувань приймемо активний діаметр діафрагми за рекомендаціями [ХСХХ] рівним 130 мм.

Тоді тягове зусилля на тарілці пневмокамери буде рівне

$$Q = 0,785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta = 0,785 \cdot 0,130^2 \cdot 6300 \cdot 0,9 = 38773 \text{ Н},$$

Де  $D$  – активний діаметр діафрагми,

$p = 6300 \text{ Па}$  – тиск в пневмомережі,

$\eta = 0,9$  – к.к.д. пневмоциліндра.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР.ПМ-307.00.000 ПЗ

Лист

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

### 2.3 Розрахунок на міцність елементів пристрою

Слабкою ланкою механізму затиску є різьба M20x1,5 у з'єднанні тяги 21 і рамки 20.

Визначаємо діаметр різьби з умови міцності на розрив для закріплення заготовки:

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

де F – площа різьбової поверхні;

[ $\sigma$ ] - допустима границя міцності на розрив. Приймаємо 110 МПа.

Тоді діаметр різьби становитиме:

$$d_p = \sqrt{\frac{4Q}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 26670}{3,14 \cdot 110}} = 16,5 \text{ мм.}$$

Прийнятий діаметр різьби достатній для передачі зусилля затиску..

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Висновок

В бакалаврській роботі на підставі ґрунтового аналізу існуючої технології виготовлення стаканів виконано проект нового технологічного процесу, що передбачає застосування сучасного високопродуктивного обладнання з числовим програмним керуванням, та запропоновано конструкторську розробку – механізований верстатний пристрій з пневмоприводом.

Застосовано комп'ютерну програму для проектування переходів фрезерної операції з ЧПК.

Робота може бути корисною для проектування техпроцесів аналогічних деталей і впровадження їх у виробництво.

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Література:

1. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова. - Москва: "Машиностроение", 1985.
2. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2. Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова. - Москва: "Машиностроение", 1985.
3. Справочник инструментальщика под ред. И.А. Ординарцева – Ленинград «машиностроение» Ленинградское отделение 1987
- 4.Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть II. – Москва: "Машиностроение", 1974.
5. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть I. – Москва: "Машиностроение", 1974.
6. Дипломне проектування. Методичні вказівки до виконання конструкторської частини дипломних проектів спеціальності 1202. Проектування верстатних пристроїв. - Б.Д.Сторож, Я.Д.Цимбалістий, Ю.Д.Петрина. Івано-Франківськ, ІФІНГ, 1990 – 38с.
7. Медвідь М.В., Шабайкович В.А. Теоретичні основи технології машинобудування. – Львів: Вища школа, 1976. – 298с.
8. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. В.С.Корсаков. – М: Машиностроение 1971.
9. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів в машинобудуванні: навч. Посібник. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с.
10. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. – М.: Машиностроение, 1979, - 393 с.
- 9.Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Под. Ред. А. Ф. Горбачевича. – Минск: Высш. школа, 1976.
- 10.Анурьев В.Н. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3-х т. М.: Машиностроение, 1982.

					БР.ПМ-307.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



<i>Дубл.</i>													
<i>Взамін.</i>													
<i>Підпис</i>									<i>Зм</i>	<i>Ар</i>	<i>№док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

*1*

<i>ІФНТУНГ</i>	<i>ПМ-22-1К</i>	

***КОМПЛЕКТ  
технологічної  
документації***

*Технологічний процес  
механічної обробки деталі:  
Стакан Б76М/120.005-01*

*Розробив: ст. гр. ПМ-22-1К  
Ленетчук Р.В.  
Перевірів: Борущак Л.О..*

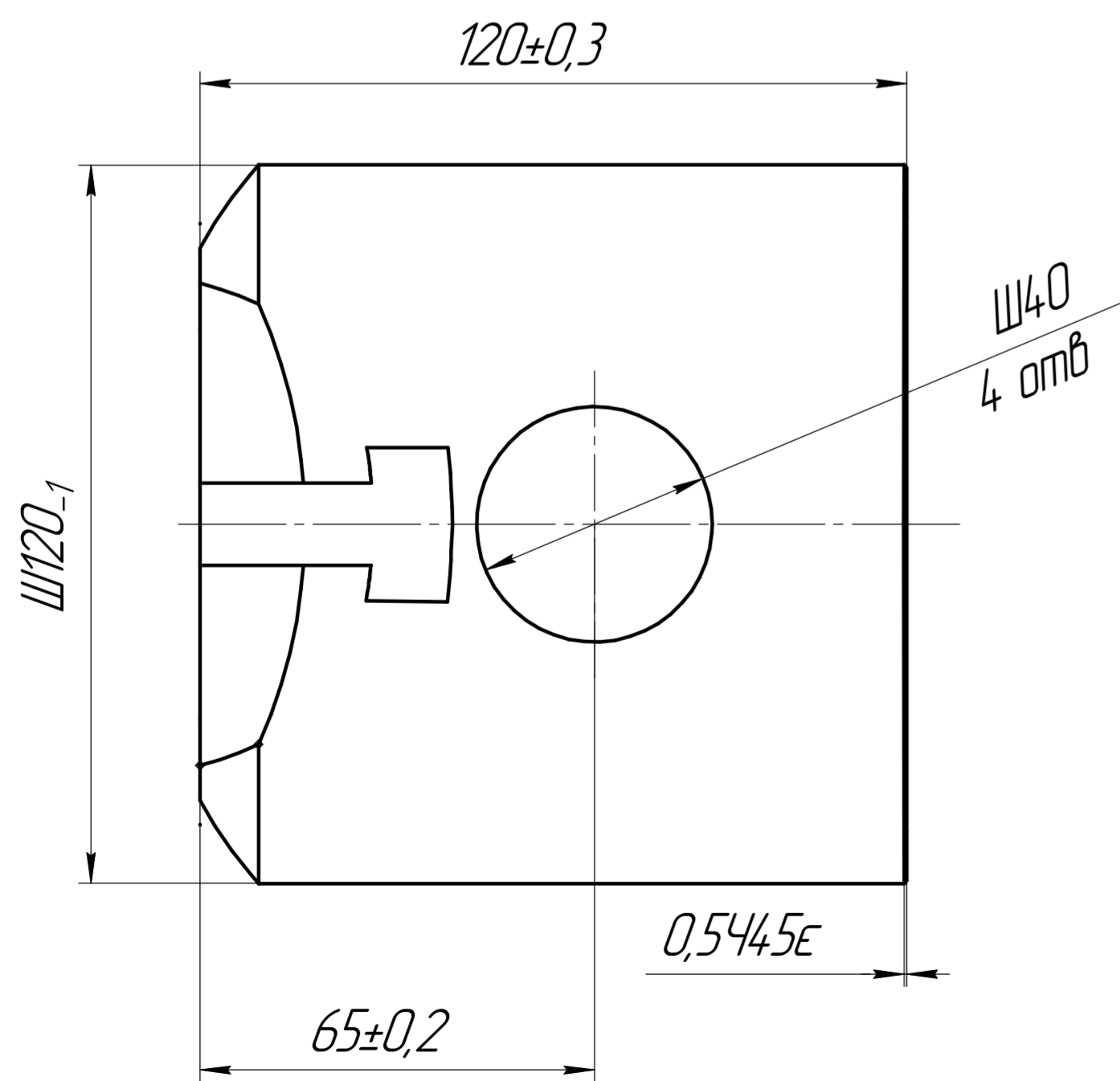
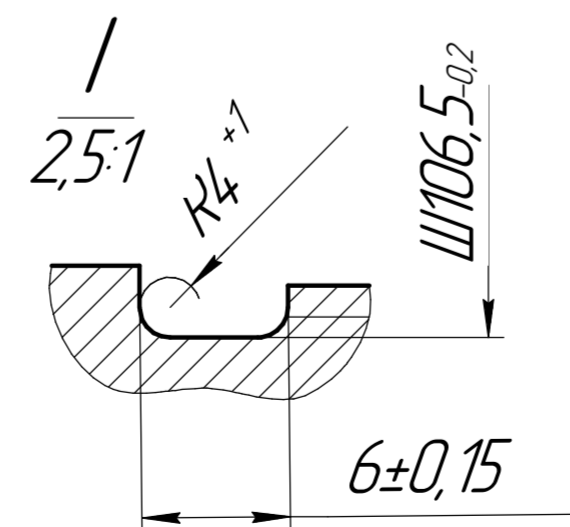
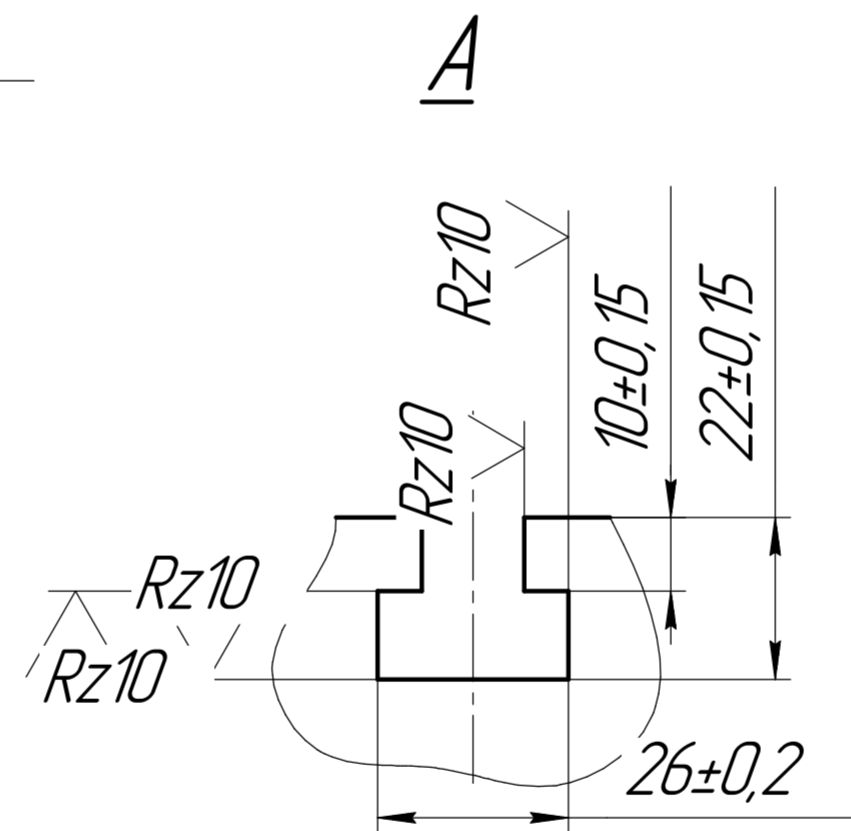
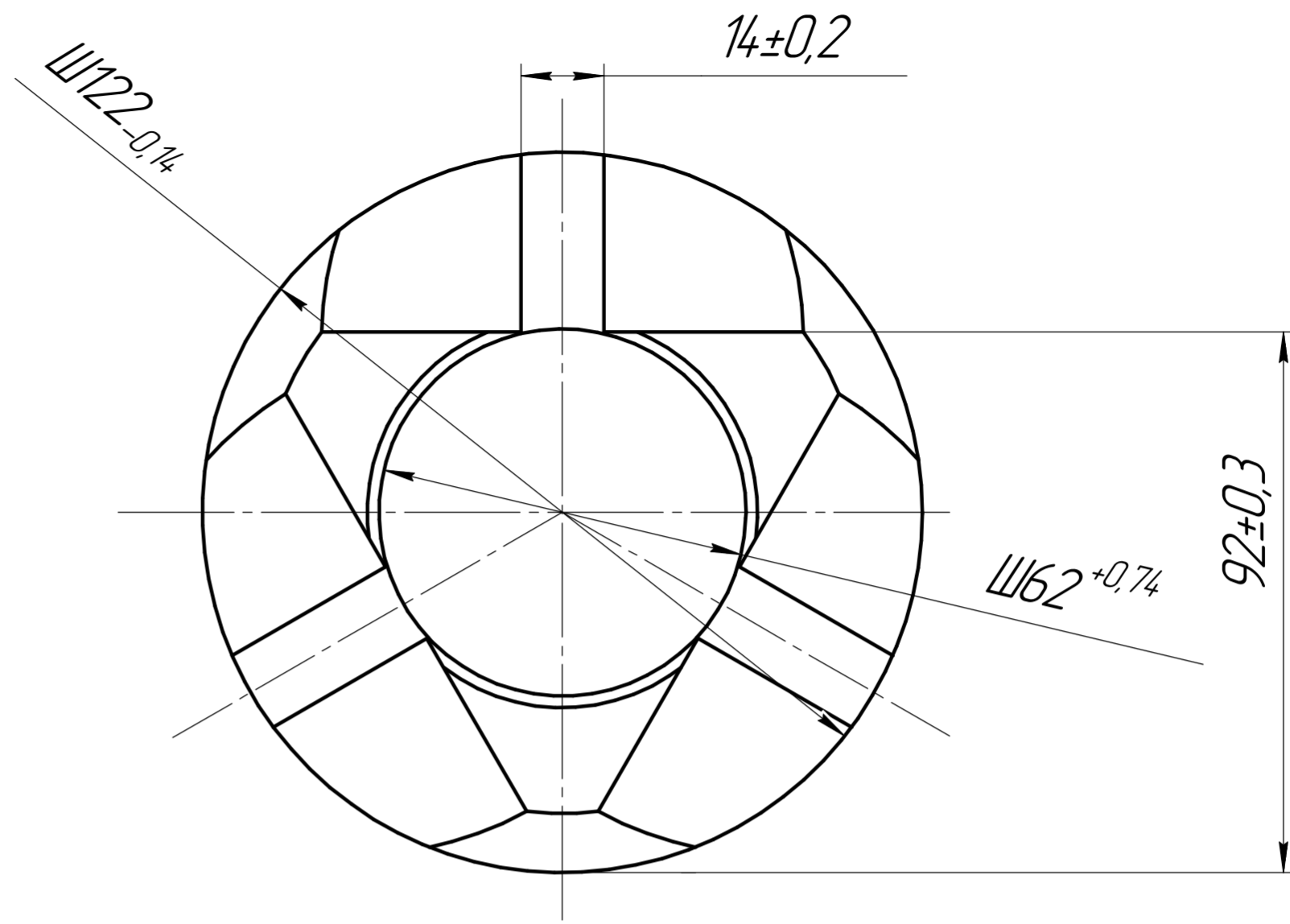
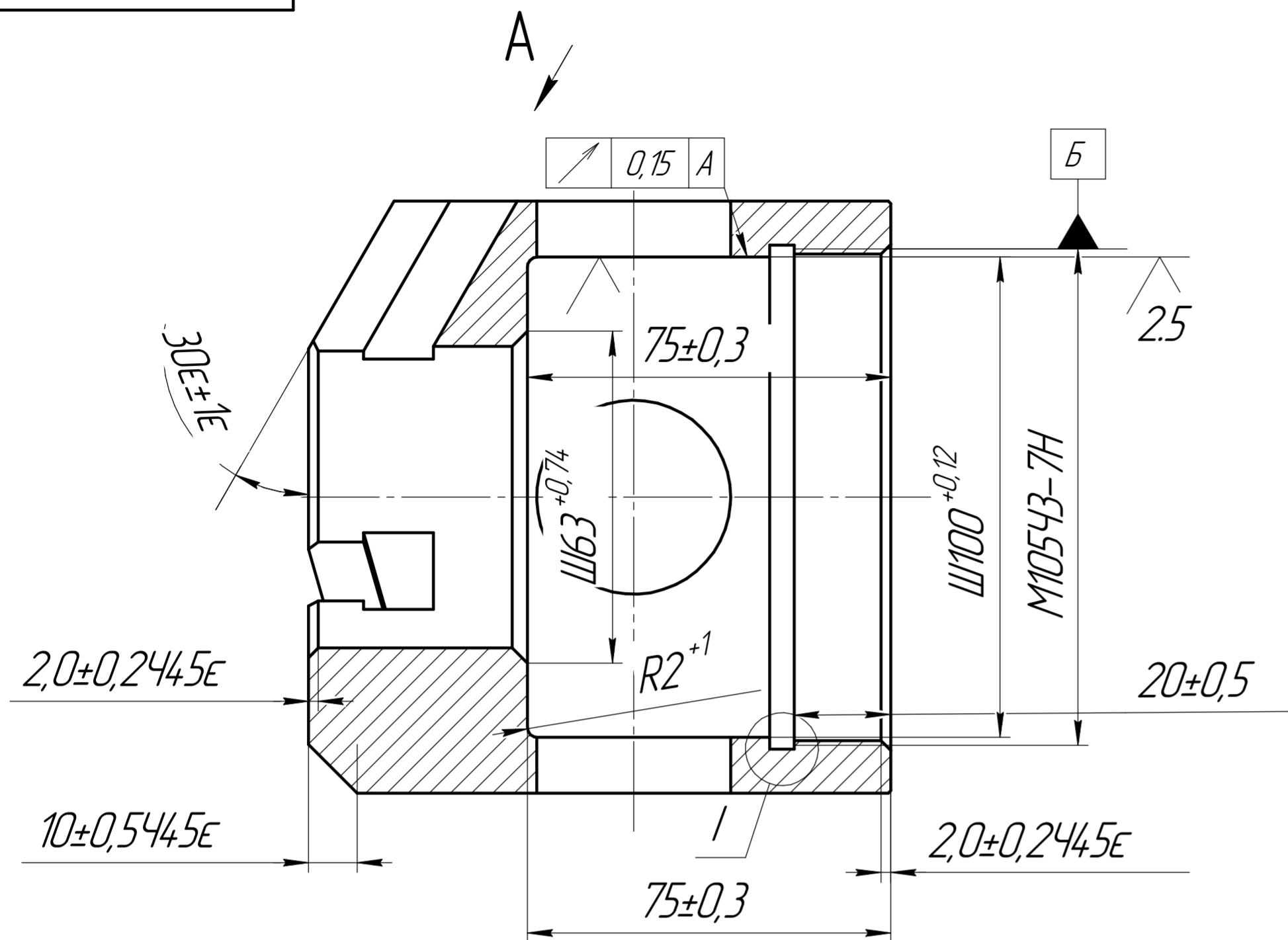
--	--



Дубл.																			
Взамін																			
Підпис																			
Розробив	Лепетчук Р.В.																		
Перевірів	Боруцак Л.О.																		
Н. контр.	Боруцак Л.О.																		
Назва операції		Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	Конд							
015 Фрезерна з ЧПК		Сталь 45 ГОСТ 1050-74		190HV			3,58	Ø122x120			9,2								
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми		То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР											
Фрезерний з ЧПК Matsuura CUBLEX-42				12,1	0,6	17,3	12,7	Емульсія											
			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: Фрезерно-свердильний																		
04	Фреза кінцева ГОСТ 17026-71 D=30 мм																		
P05	Фрезерувати 3скоси під 30° в розмір 92±0,3 мм																		
06	Фреза кінцева Xtra-tec D1402.F612.6.03022R																		
P07	Фрезерувати три пази b=14 ±0,2 , h = 21,5±0,2 мм																		
08																			
OK	Обробка різанням																		



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.	Справ. №			Документація			
		A1		Складальне креслення			
					Деталі		
			1	БР.ПМ-307.07.001	Основа	1	
			2	БР.ПМ-307.07.002	Полиця	1	
			3	БР.ПМ-307.07.003	Стійка	1	
			4	БР.ПМ-307.07.004	Опорний диск	1	
			5	БР.ПМ-307.07.005	Пробка	1	
			8	БР.ПМ-307.07.008	Прокладка	2	
			10	БР.ПМ-307.07.010	Кришка пневмокамери	1	
			11	БР.ПМ-307.07.011	Корпус пневмокамери	1	
			12	БР.ПМ-307.07.012	Мембрана тарільчаста	1	
			13	БР.ПМ-307.07.013	Тарілка	1	
			14	БР.ПМ-307.07.014	Вісь		
			15	БР.ПМ-307.07.015	Палець		
			16	БР.ПМ-307.07.016	Важіль	1	
			20	БР.ПМ-307.07.020	Рамка		
			21	БР.ПМ-307.07.021	Тяга		
					Штуцер		
					Стандартні вироби		
			6		Шпонка призматична 10x8x25 ГОСТ8789-88	1	
	7		Пружина № 428 ГОСТ 13770-68	2			
			БР.ПМ-307.07.000.СК				
			Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Инв. № подл.	Разрад.	Лепетчук Р.В.					
	Пров.	Борущак Л.О.					
	Реценз.						
	Н.контр.	Борущак Л.О.					
Утв.	Панчук В.Г.						
Пристрій фрезерно-свердлильний			Лит.	Лист	Листов		
				1	1		
ІФНТУНГ ПМ-22-1К							



1. Невказані граничні відхилення розмірів: діаметрів по Н14, h14, решта Js14
2. Гострі кромки притупити

Rz40  
Rz40  
Rz40

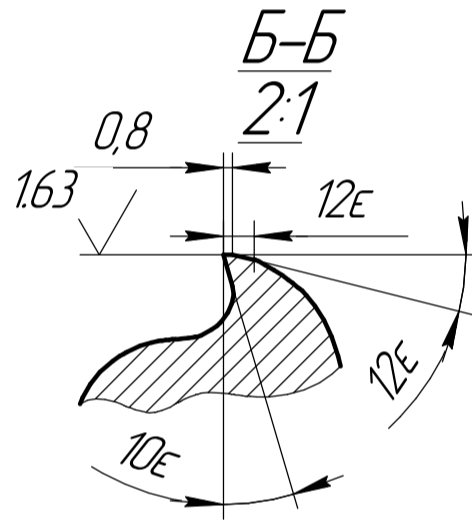
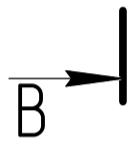
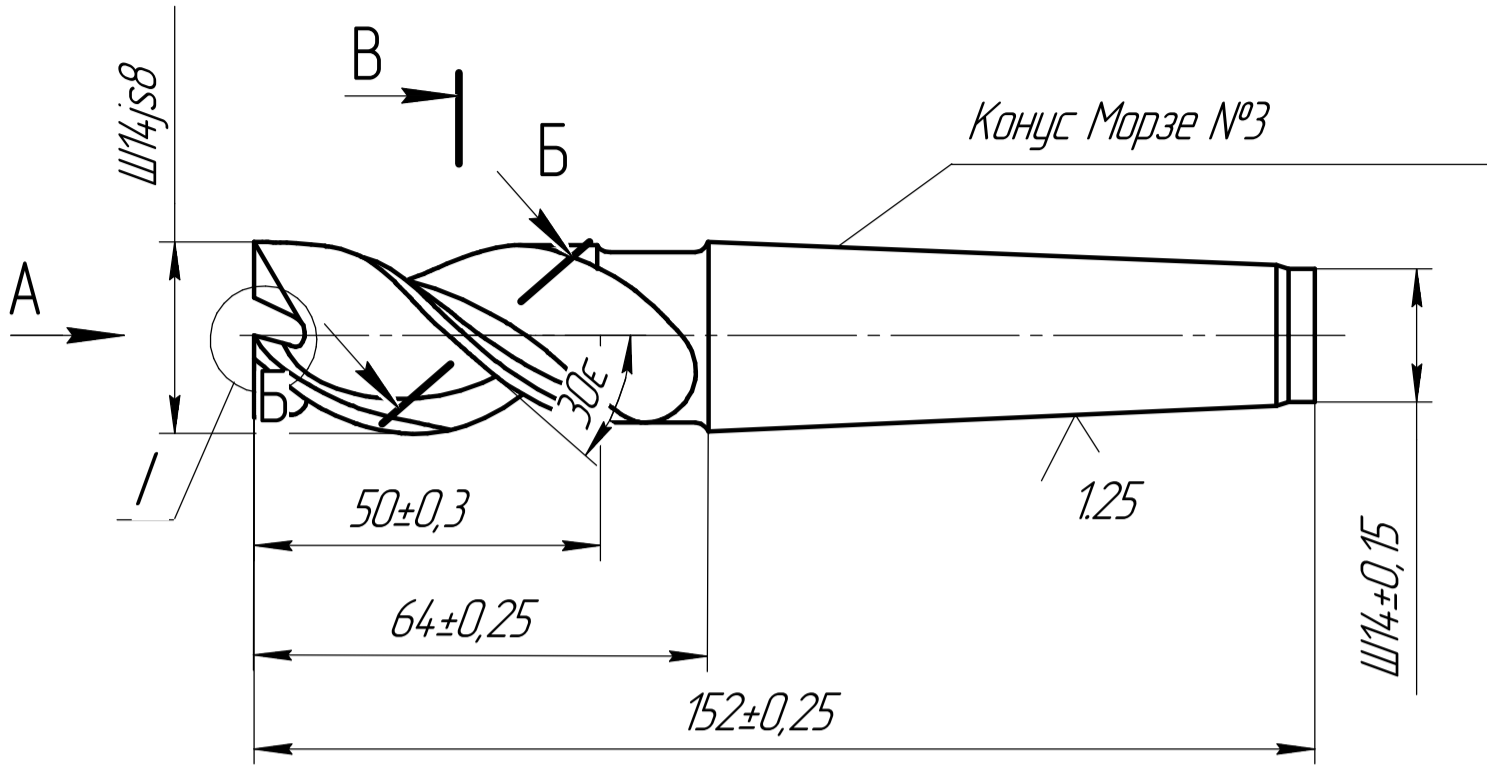
БР.ПМ-307.01.000				Лист	Масса	Масштаб
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата			1:1
Разраб.	Лепетчик Р.В.					
Проб.	Борущак Л.О.					
Т.контр.	Борущак Л.О.					
Н.контр.	Борущак Л.О.					
Утв.	Панчик В.Г.					
Стакан Б76М/120.005-01				Лист	Листов	1
Сталь 45 ДСТУ 7809 Круг В 130 ГОСТ 2590-71				ПМК-22-1К ІФНТУНГ		
Копиравал				Формат А2		

Перв. примеч.  
Справ. №  
Взам. инв. №  
Инд. № докл.  
Подп. и дата  
Инд. № подл.

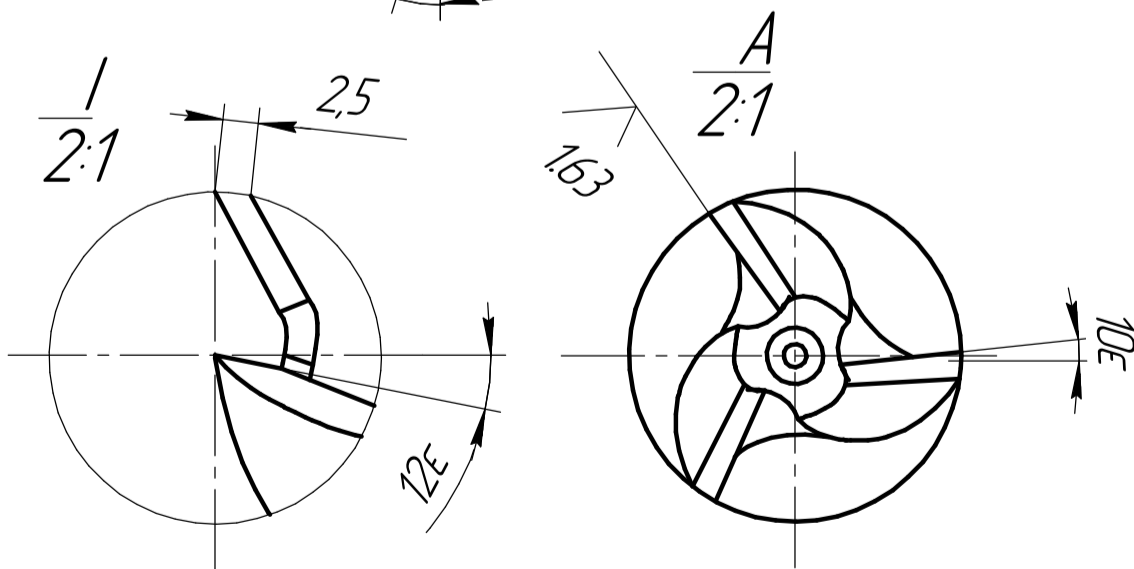
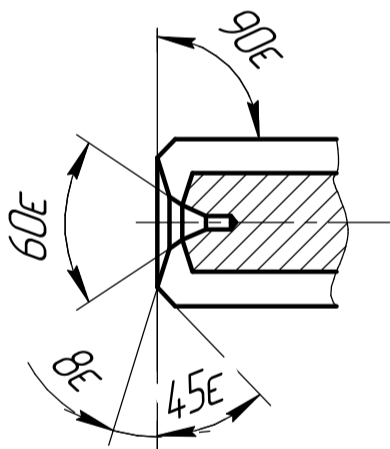
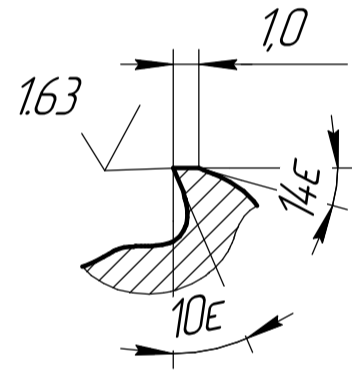
Ra2,5



БР.ПМ-307.03.000



B-B  
2:1



1. Невказані граничні відхилення розмірів: діаметрів по H10, h10, решта Js10
2. Невказані радіуси скруглень 2,4 мм
3. Твердість робочої частини HRC 62...67
4. Твердість хвостовика HRC 45...50
5. Матеріал хвостовика сталь 45X

Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дробл.

Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата
Разраб.	Лепетчук Р.В.			
Пров.	Борущак Л.О.			
Т.контр.	Борущак Л.О.			
Н.контр.	Борущак Л.О.			
Утв.	Панчук В.Г.			

БР.ПМ-307.03.000

Фреза кінцева  
1822-1036  
ГОСТ 17026-71

Сталь Р6М5  
ГОСТ 5950-73

Лит. Масса Масштаб

Лит. Масса Масштаб 1:1

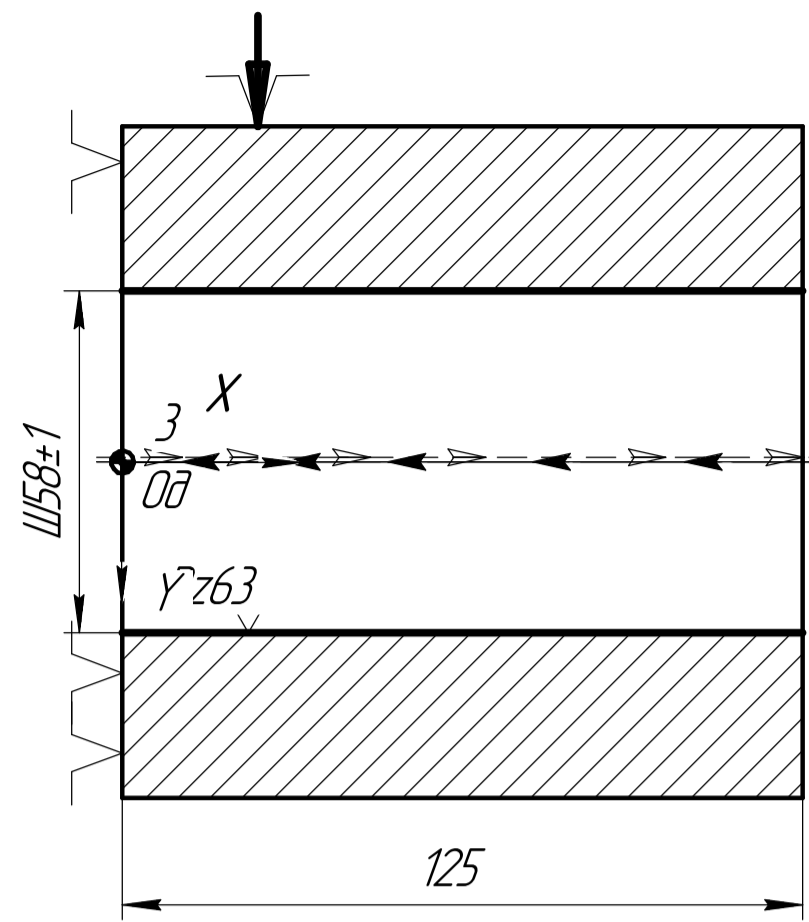
Лист Листов 1

ІФНТУНГ  
ПМ-22-1К

Копировал

Формат А3

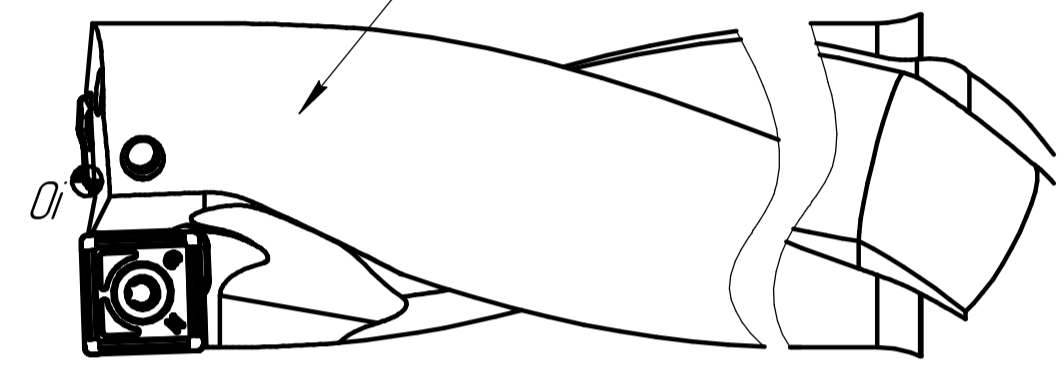
Карта налагодження системи ЧПК операція 005, переходи 1-2 верстат токарний HAAS-ST-15-1/12



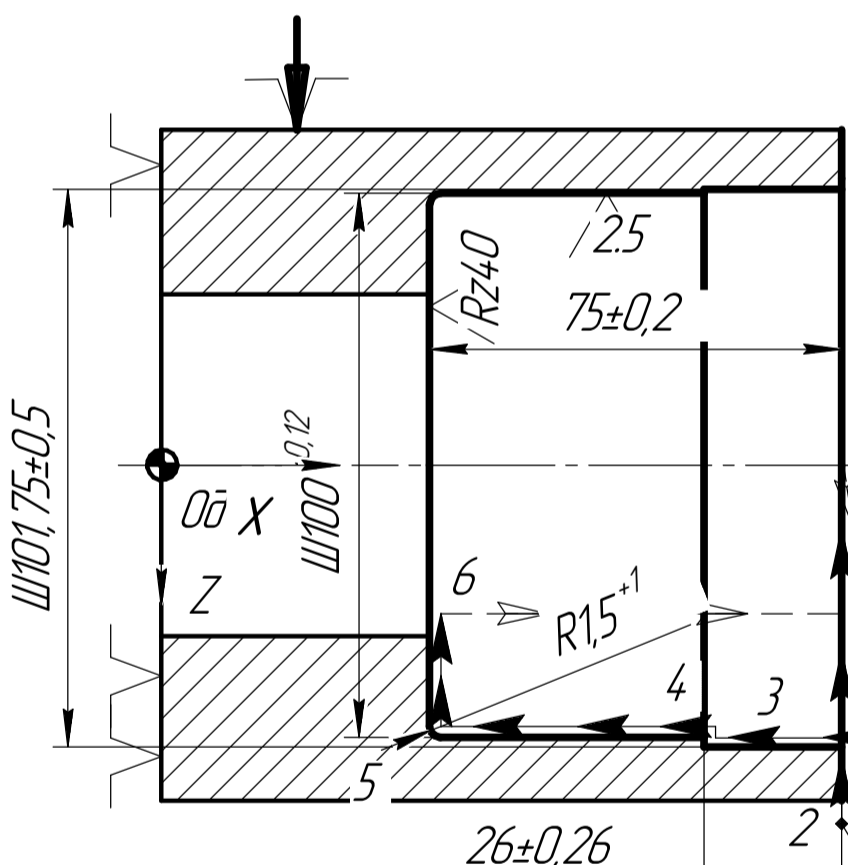
Свердло Xtra-tec тип №В4013.F20.30.0.702 60R пластина P6001-D30,0R

Свердло Xtra-tec тип №В3216.F20.58.702.60R.702 60R пластина P6018-D58,0R

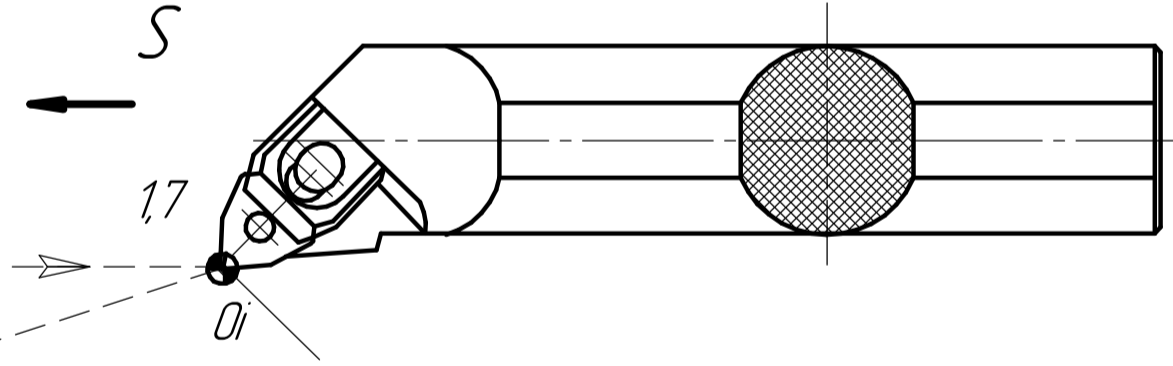
S



Карта налагодження системи ЧПК операція 005, переходи 3-6 верстат токарний HAAS-ST-15-1/12

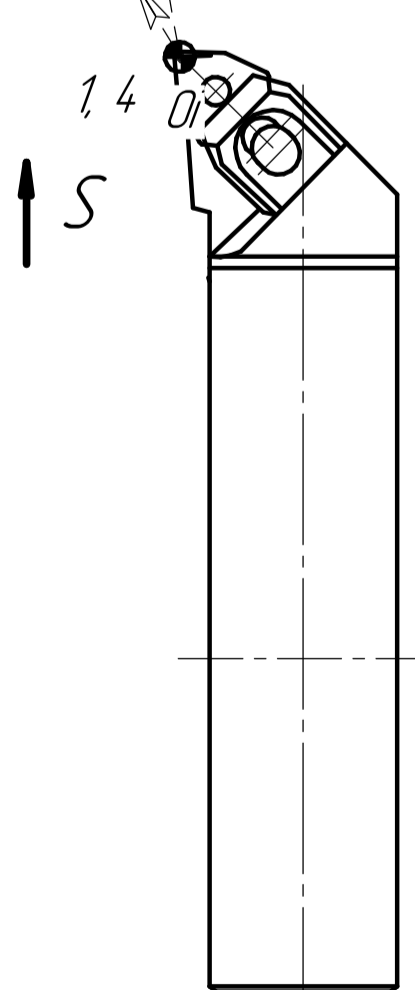


Різець розточний S 50 W MWLNR 08 □=95ε, d=40 мм

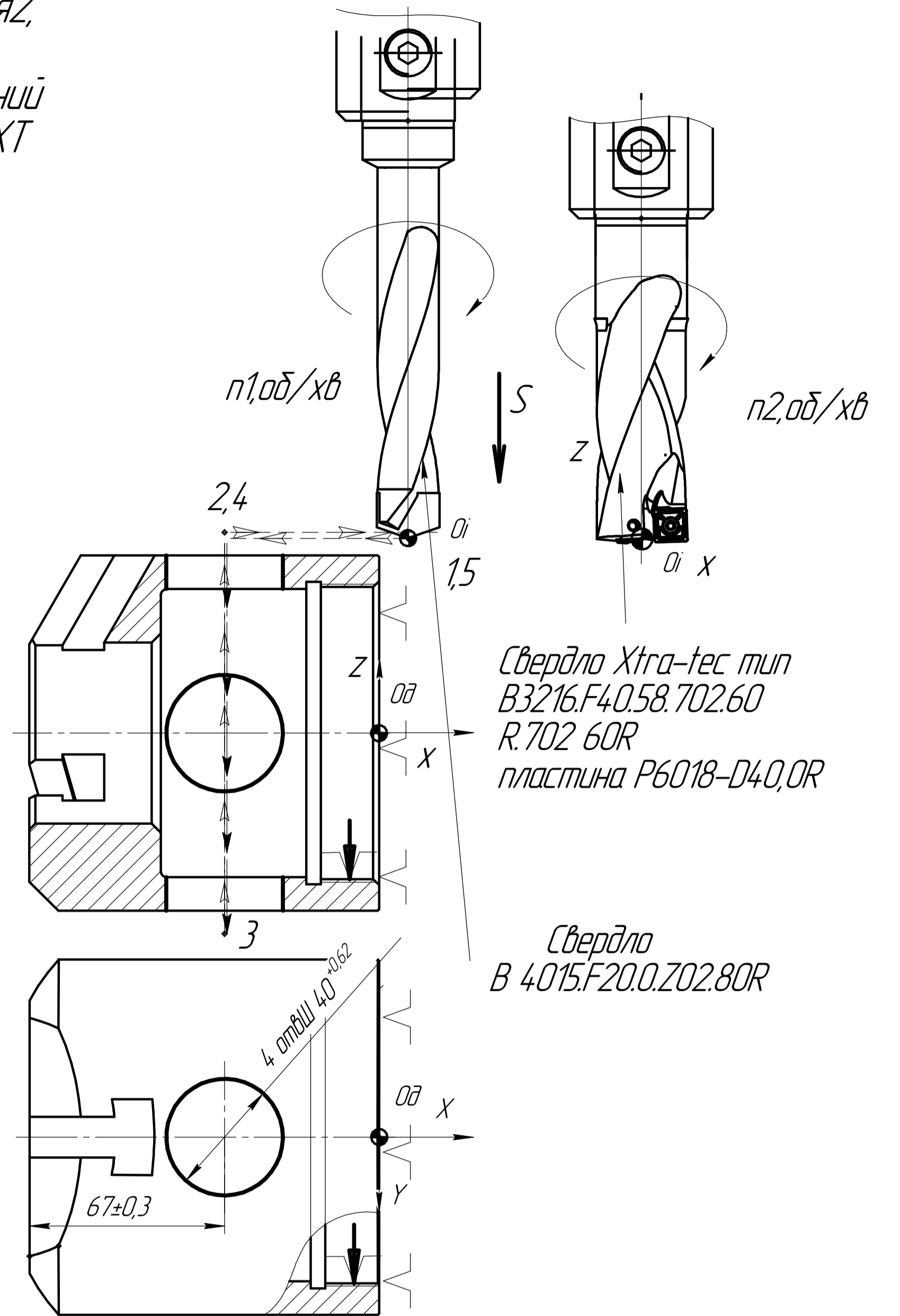


Різець підрізний MWLNR 32 32 P08T □=95ε? 32x32 мм

S



Карта налагодження системи ЧПК операція 015, позиція 2, переходи 10-11 верстат п'ятикоординатний KIMATURA MYCENTER 3XT

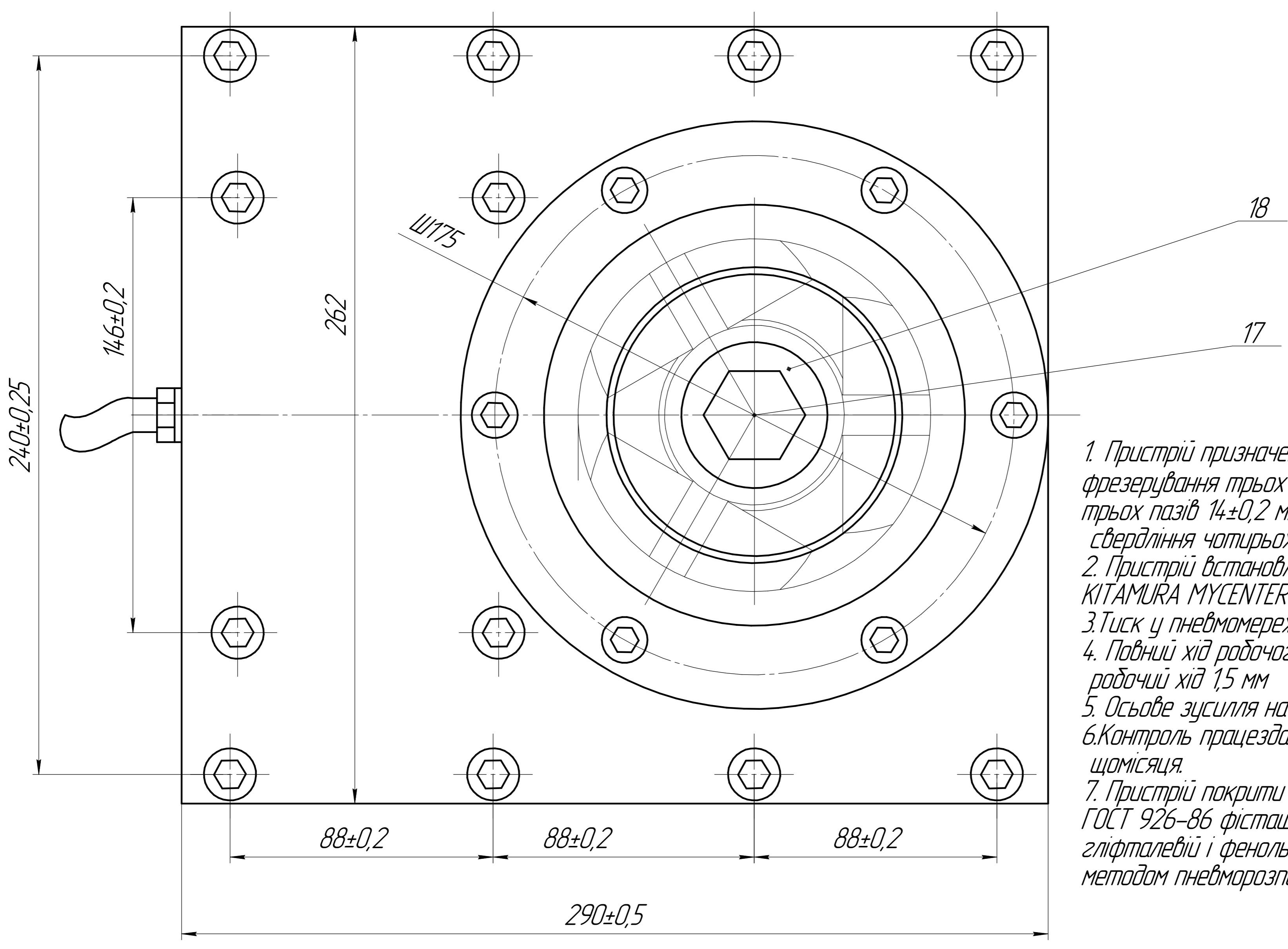
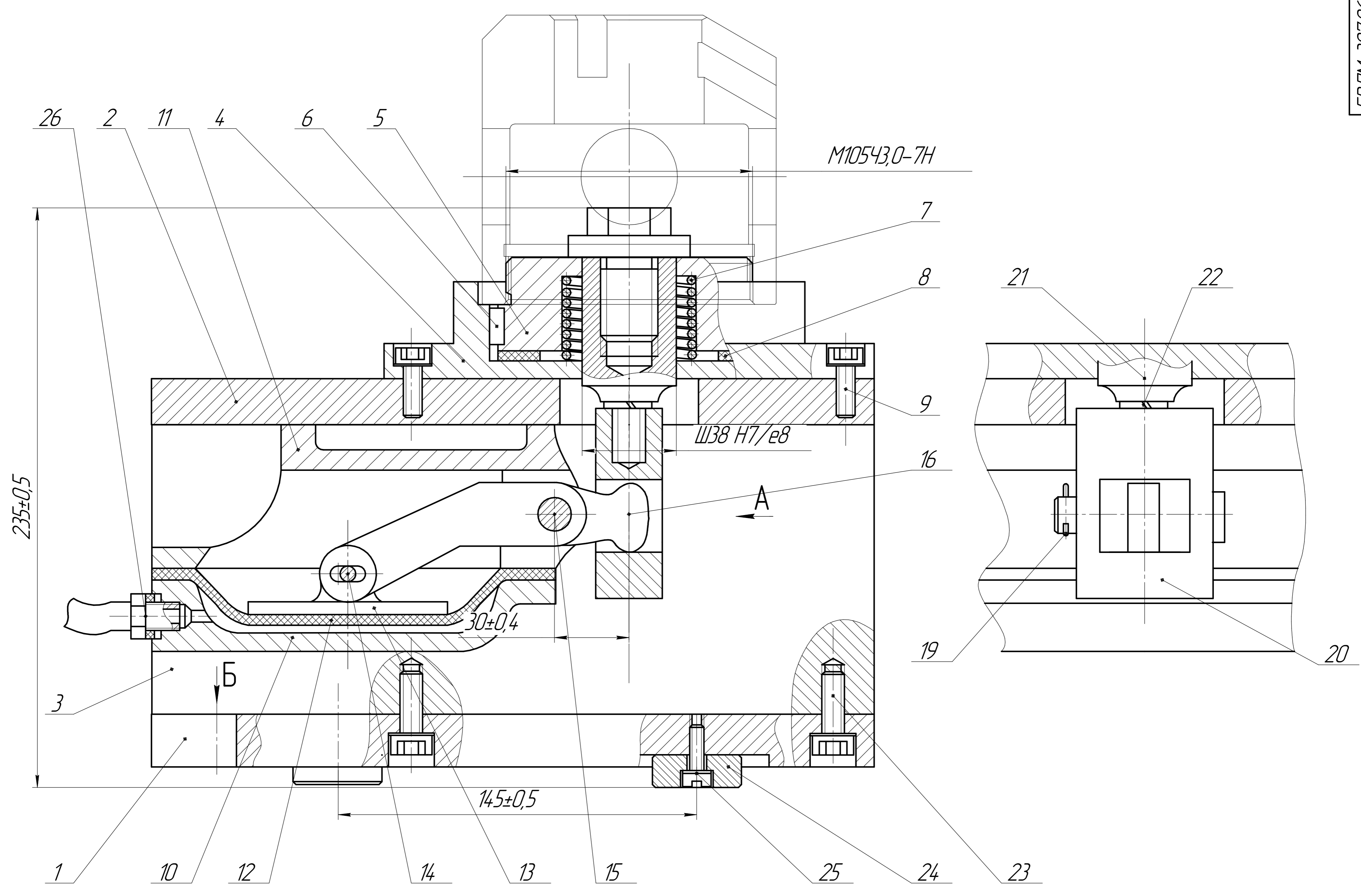


Свердло Xtra-tec тип В3216.F40.58.702.60 R.702 60R пластина P6018-D40,0R

Свердло В 4015.F20.0.Z02.80R

Операція												
Токарна з ЧПК 005						Фрезерна з ЧПК 015						
Переходи												
	12		3			4		12				
№	X	Z	№	X	Z	№	X	Z	№	X	Y	Z
1	165	70	1	140	85	1	160	31	1	-15	0	65
2	140	0	2	122	64	2	125	50.82	2	-53	0	65
3	-15	0	3	122	12	3	97	50.82	3	-53	0	-70
4	140	0	4	140	85	4	97	50.0	4	-53	0	65
5	165	70				5	47	50.0	5	-15	0	65
						6	47	23				
						7	160	31				

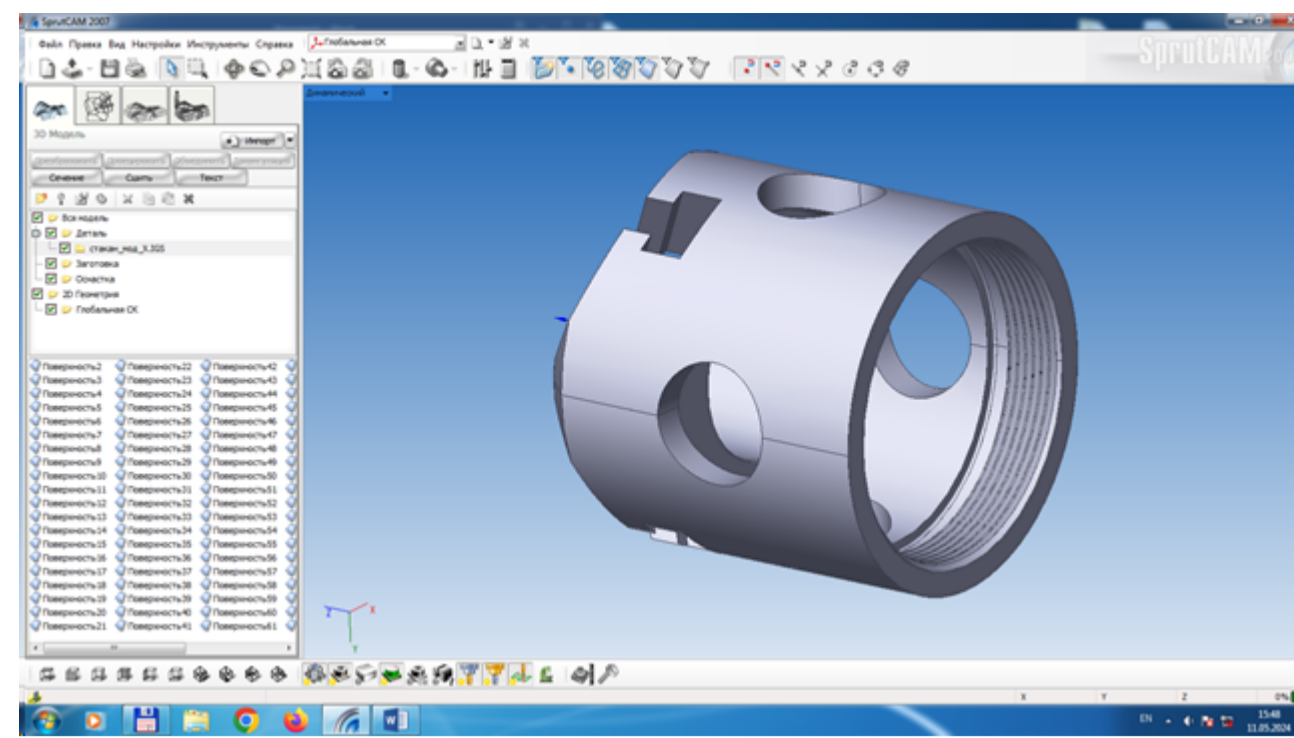
БР.ПМ-307.04.000КН												
Карти налагоджень операції з ЧПК 005, 015										Лист	Масштаб	Масштаб
Верстати HAAS-ST-15-1/12 Matsuura CUBLEX-42										Лист	Листів	1
ІФНТУНГ										Формат А1		



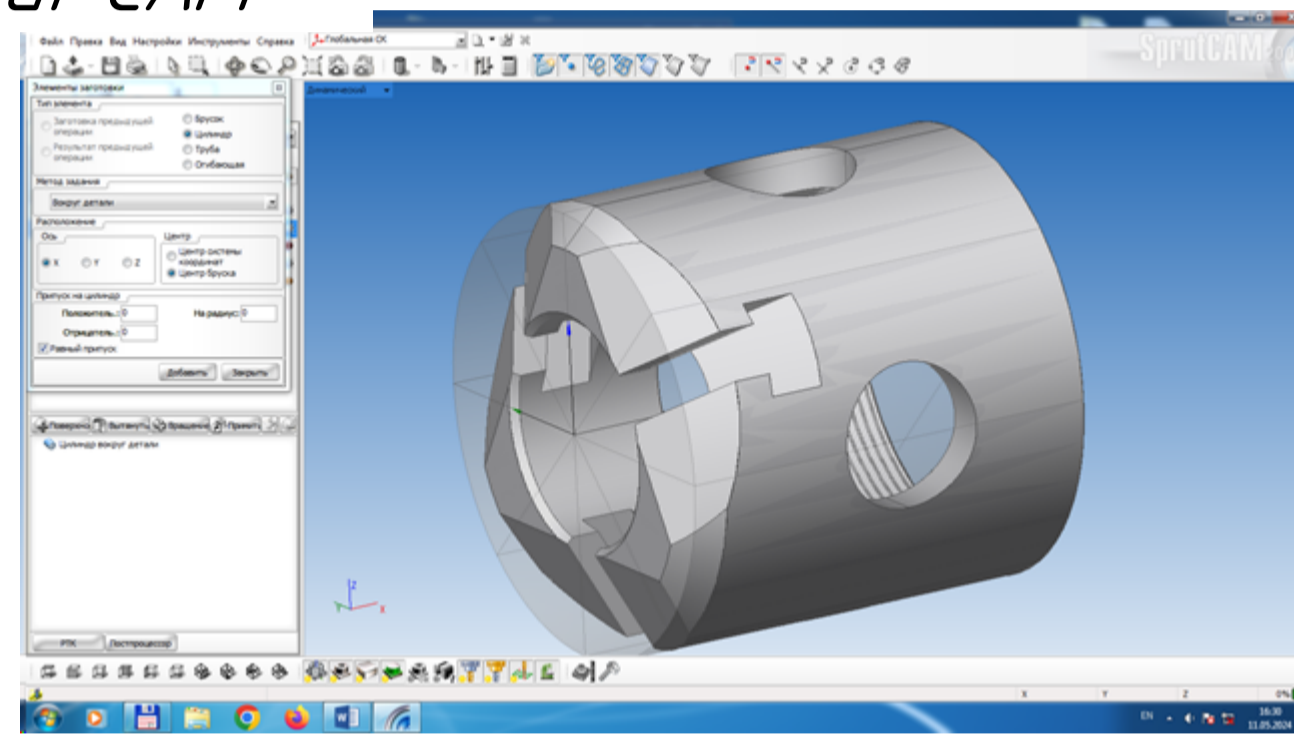
1. Пристрій призначений для фрезерування трьох скосів 30°, трьох пазів 14±0,2 мм та 26±0,2 мм, свердління чотирьох отворів Ш4,0 мм
2. Пристрій встановлюють на верстаті KITAMURA MYCENTER 3XT
3. Тиск у пневмережі 0,63 МПа
4. Повний хід робочого кінця важеля 5,5 мм, робочий хід 1,5 мм
5. Осьове зусилля на шайбі 38,8 КН
6. Контроль працездатності проводити щомісяця.
7. Пристрій покрити емаллю ПФ-133 ГОСТ 926-86 фісташкового кольору по гліфталеві і фенольнім ґрунтовці методом пневморозпилення.

Лист	№ док.	Підп.	Дата
Розроб.	Лепетчик Р.В.		
Проб.	Борщак Л.О.		
Т.контр.	Борщак Л.О.		
Н.контр.	Борщак Л.О.		
Знак.	Панчик В.Г.		

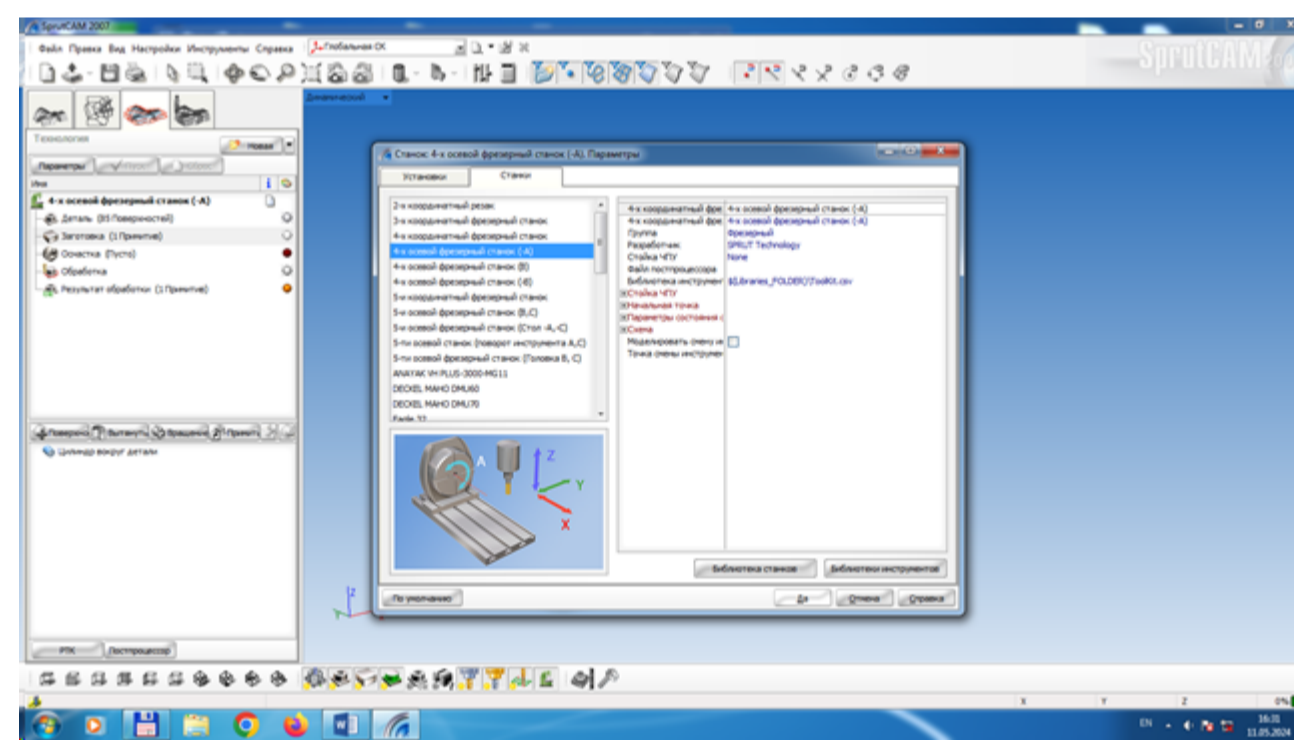
БР.ПМ-307.06.000СК			Лист	Маса	Масштаб
Пристрій фрезерно-свердильний				117,4	1:1
			Лист	Листів	1
			ПМК-22-1К ІФНТЧНГ		
			Формат А1		



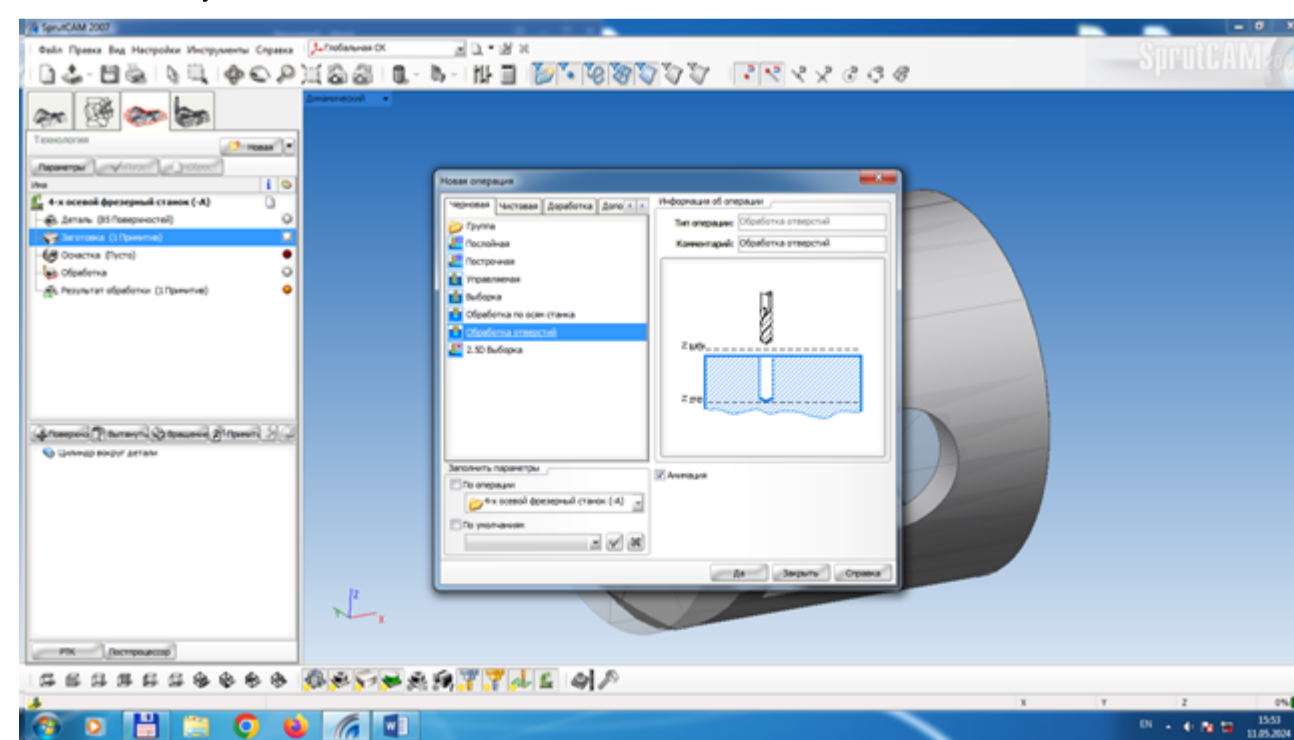
1 Модель стакану після свердління чотирьох отворів, імпортована у Sprut CAM



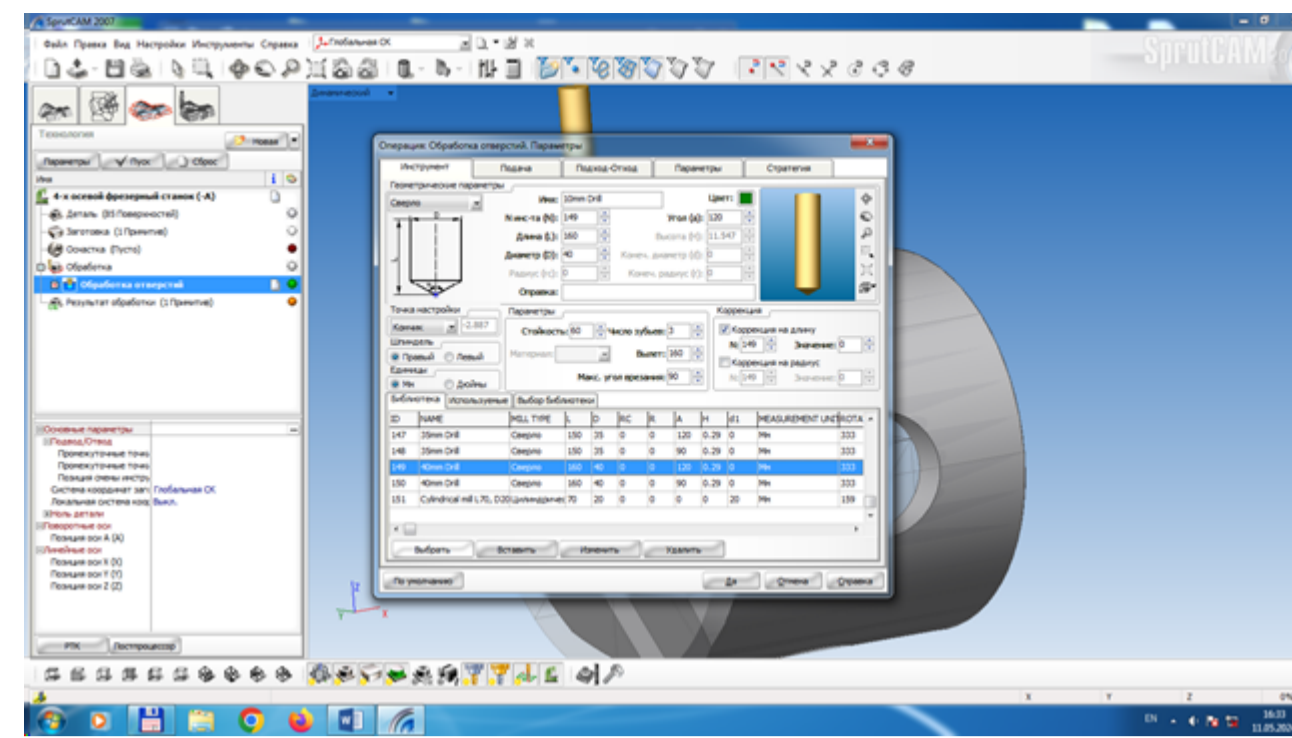
2 Адаптація системи координат деталі до СК верстата ЧПК



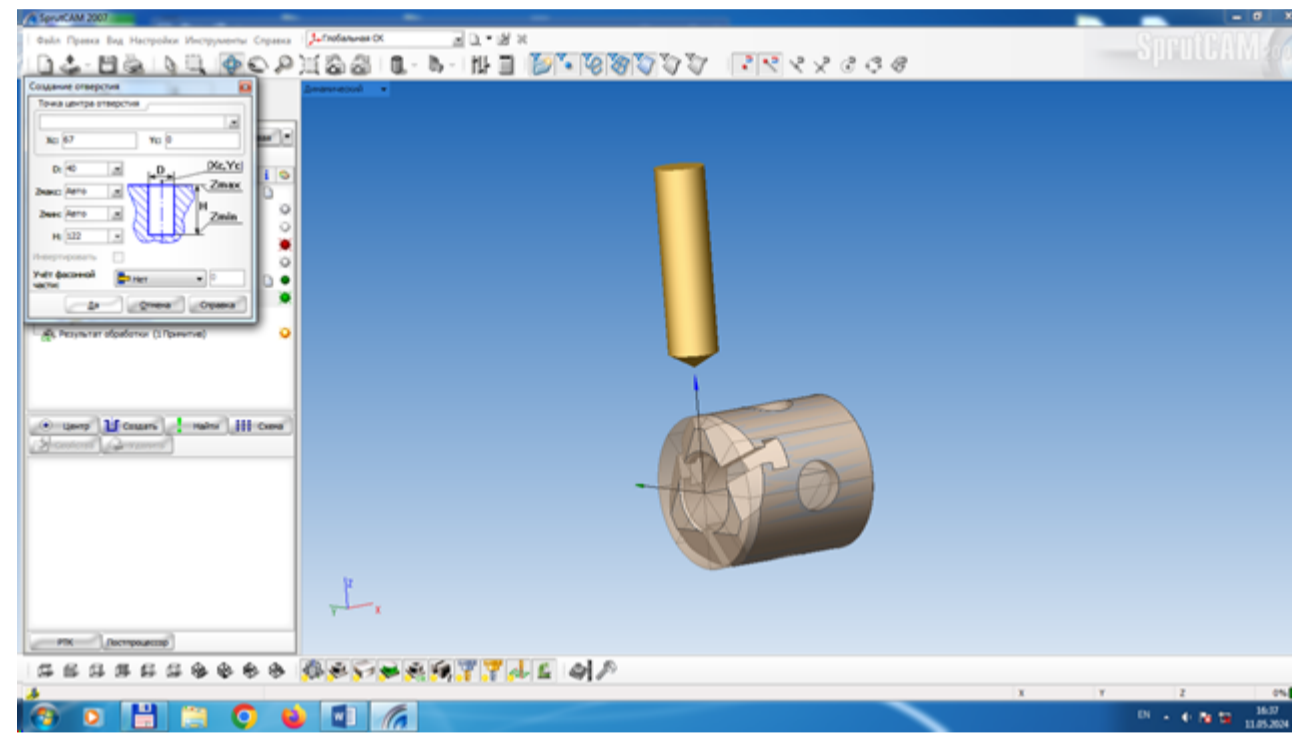
3 Вибір виду обладнання – чотирикоординатного верстата з ЧПК в Sprut CAM



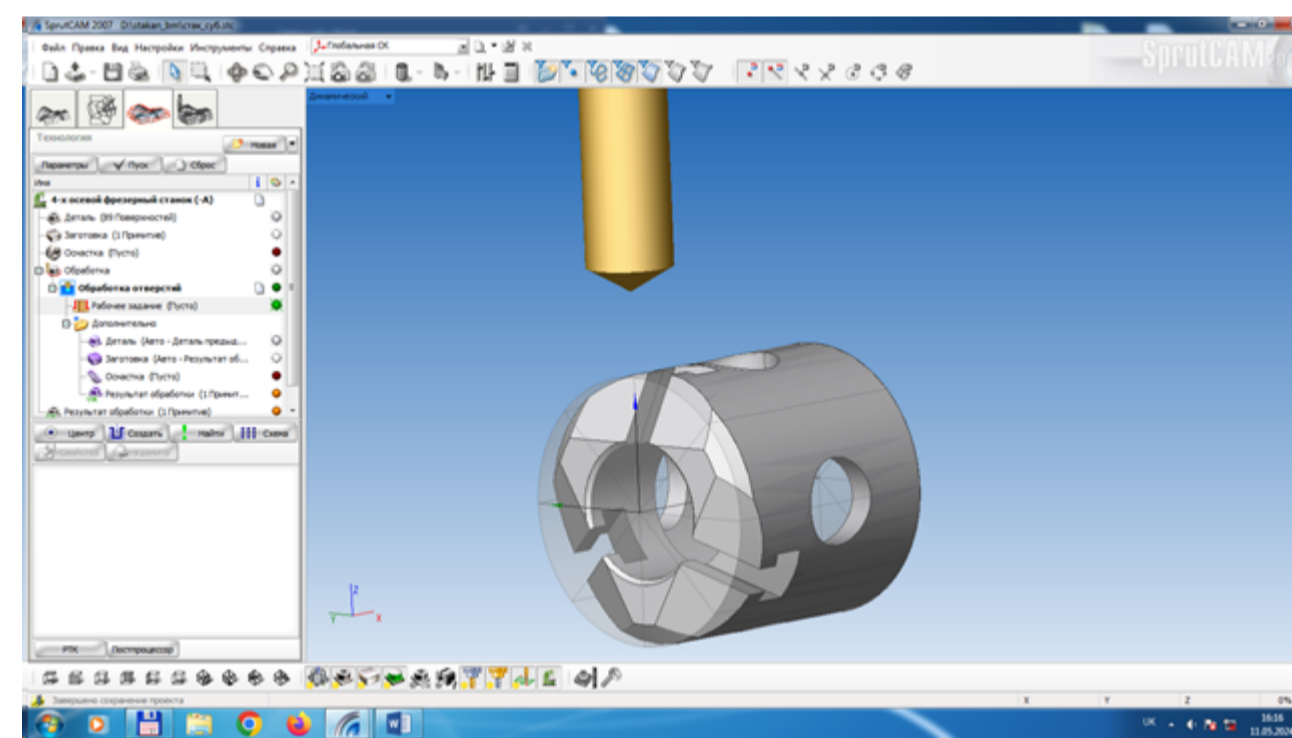
4 Вибір виду обробки – свердління отворів



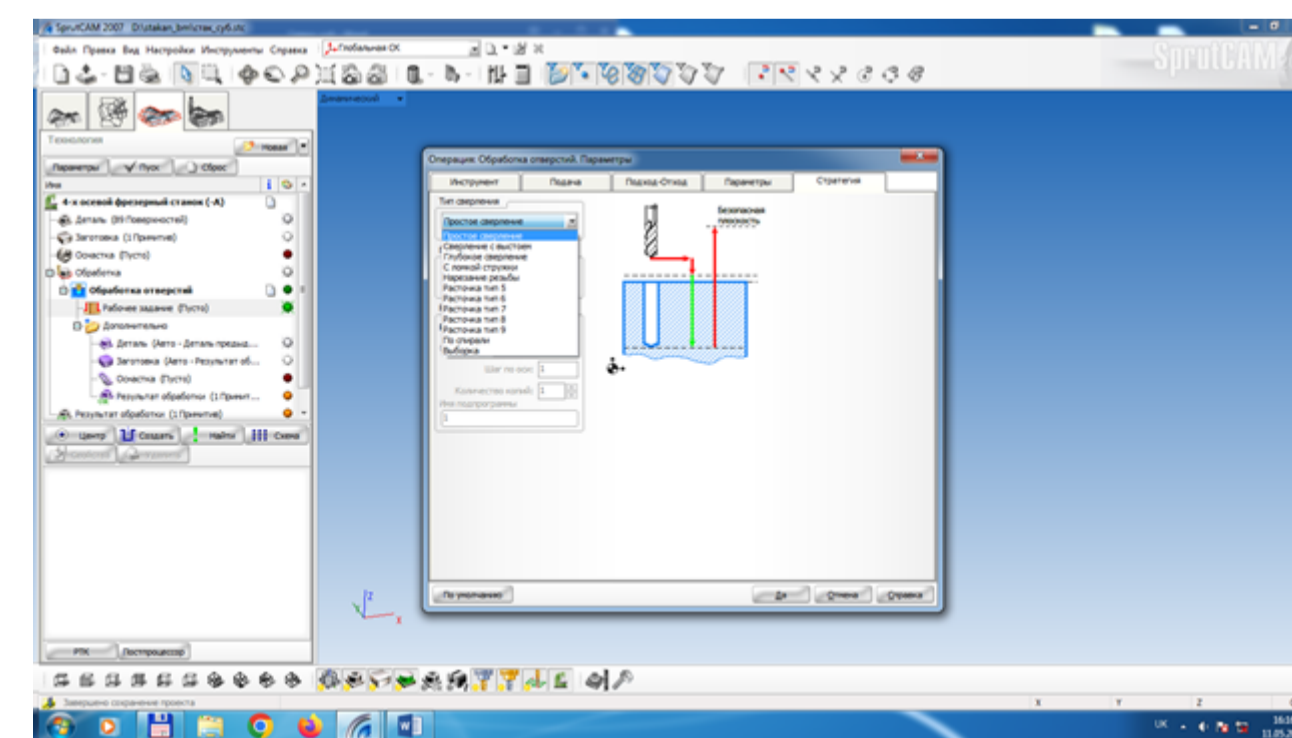
5 Вибір інструменту – свердла Ш40 мм для розсвердлювання



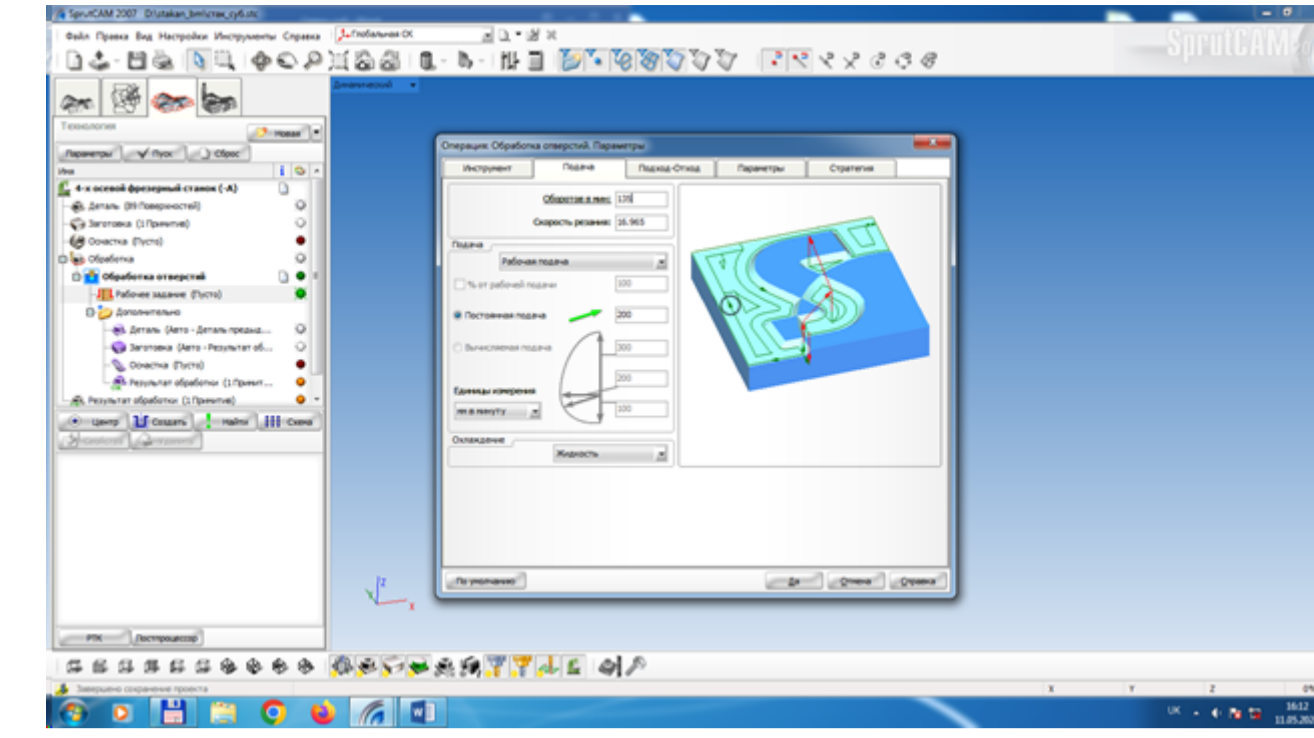
6 Створення робочого завдання за координатами отвору



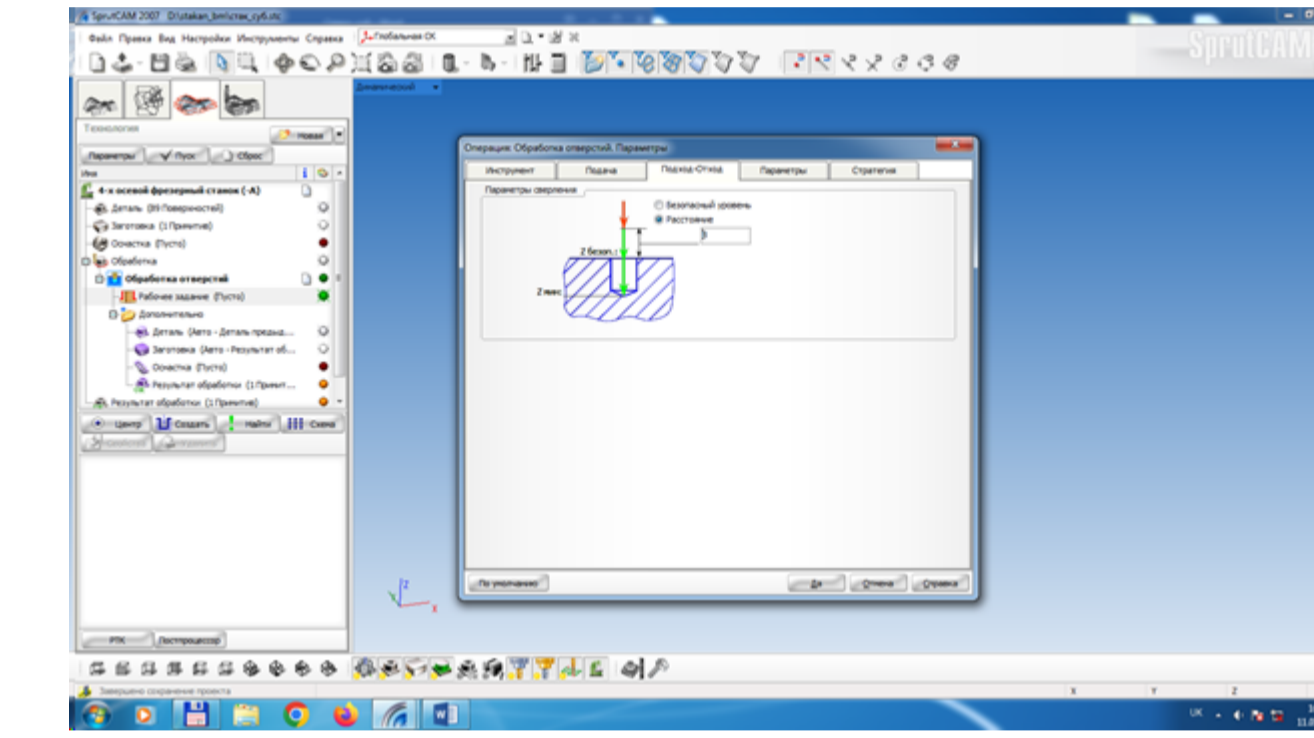
7 Інструмент і заготовка на вихідній позиції після генерування переходу



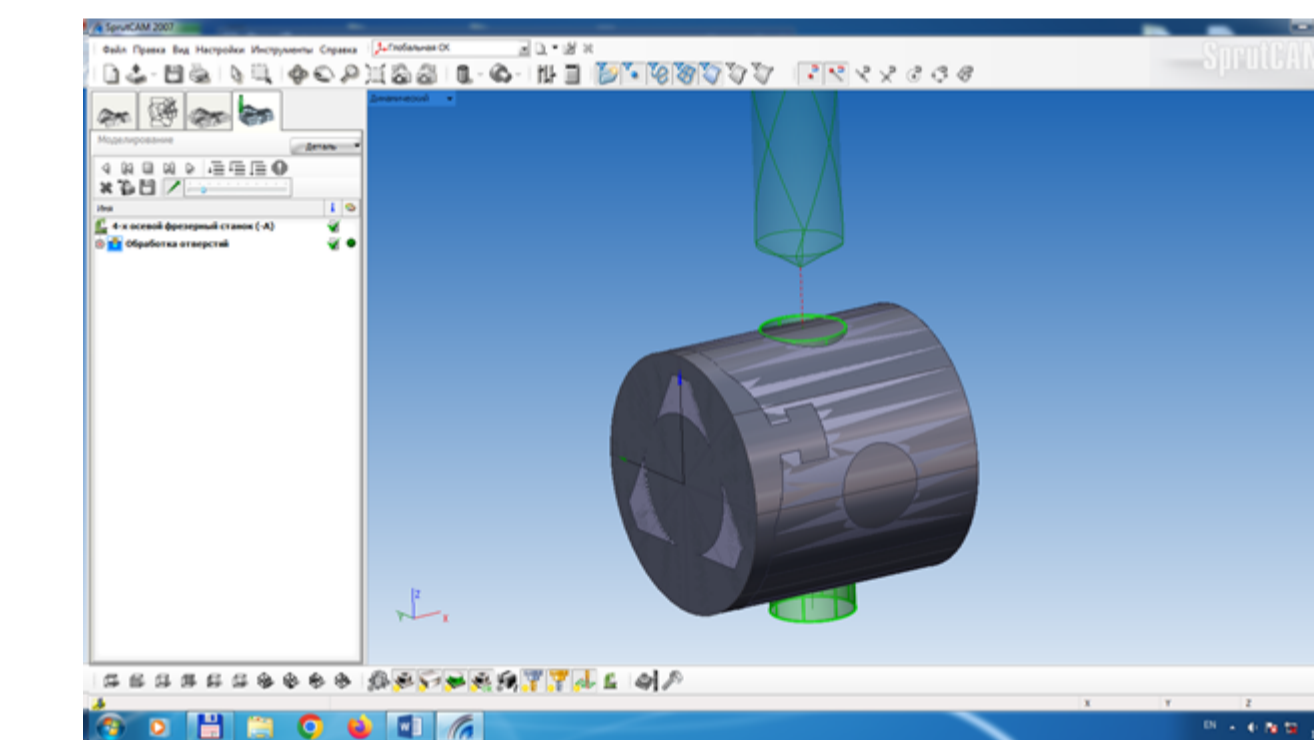
8 Визначення стратегії обробки – без відведення стружки



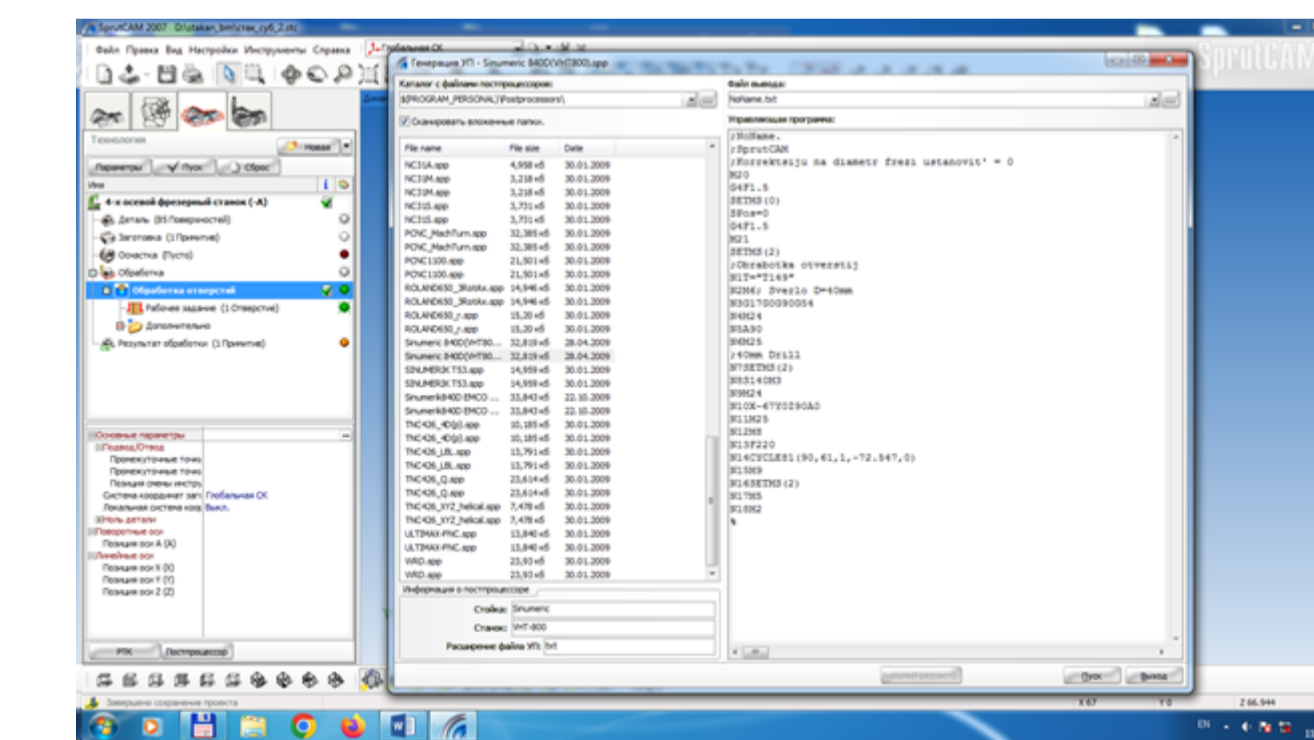
9 Інструмент у момент завершення робочого ходу



10 Задання способу підведення та відведення свердла



11 Фрагмент виконання робочого переходу



12 Генерація програми у вікні постпроцесора

Текст керуючої програми свердління чотирьох отворів у програмі SprutCAM 2007

;NoName.  
;SprutCAM  
;Korreksiju na diametr frezi ustanovit' = 0  
M20  
G4F1.5  
SETMS(0)  
SPos=0  
G4F1.5  
M21  
SETMS(2)  
;Obrabotka otverstij  
N1T="T149"  
N2M6; Sverlo D=40mm  
N3G17G0G90G54  
N4M24  
N5A90  
N6M25  
;40mm Drill  
N7SETMS(2)  
N8S140M3  
N9M24  
N10X-67Y0Z90A0  
N11M25  
N12M8  
N13F220  
N14CYCLE81(90,61,1,-72.547,0)  
N15M9  
N16SETMS(2)  
N17M5  
N18M2  
%

				БР.ПМ-307.07.000.КТ		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Летчик Р.В.					
Проб.	Барышак Л.О.					
Т.контр.	Барышак Л.О.				Лист	Листов 1
Исполн.	Барышак Л.О.				ИФНТУНГ	
Утв.	Ланчук В.Г.				ПМ-22-1К	
				Копирайт АТ		

Лист, примеч. / Справ. № / Лист, примеч. / Лист, примеч. / Лист, примеч. / Лист, примеч.