

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ  
Інститут інженерної механіки та робототехніки  
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Андрухів Вадим Ігорович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.622  
(індекс)

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

Технологія виготовлення деталі  
Кришка 260.30.10.118 зап  
(назва роботи)

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування  
(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

Андрухів В.І.  
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Борушак Л.О., доцент каф КМВ, канд. техн. наук  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри

Панчук В.Г.  
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

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

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної магістерської роботи

“ Технологія виготовлення деталі Кришка 260.30.10.118 зап ”

Розрахунково-пояснювальна записка: 69 сторінок, 22 рисунків, 13 таблиць, 17 посилань.

Графічна частина: 6 аркушів формату А1.

Об’єкт дослідження – технологічні процеси механічної обробки деталей.

Предмет дослідження – Кришка 260.30.10.118 зап.

Мета роботи – проектування технології механічного оброблення деталі - кришки - в середовищі сучасних автоматизованих верстатів з ЧПК.

В перших пунктах роботи зроблено аналіз конструкції кришки і технологічного процесу її виготовлення, зазначено недоліки базового маршруту обробки, які роблять його недосконалим на сучасному етапі виробництва. Запроектовано більш продуктивний і сучасний процес обробки кришки, у якому операції виконуються на двох багатоопераційних верстатах з ЧПК.

В технологічній частині пояснювальної записки пораховано припуск на розточування отвору  $\varnothing 180$  мм, аналітично виконано розрахунок режимів фрезерування виїмок на кришці, розточування отвору та свердління отворів  $\varnothing 13$  мм. Щоб забезпечити необхідні параметри точності обробки отвору  $\varnothing 180$  мм розраховано вплив різних факторів на точність розточування поверхні під гніздо підшипників.

Вибрані потрібні моделі металорізальних верстатів з ЧПК та високопродуктивні інструменти. Оформлена технологічна документація.

У конструкторському розділі пояснювальної записки та графічної частини роботи спроектовано фрезерно-свердлильний пристрій і виконано його складальне креслення.

В науково-дослідній частині роботи зроблено дослідження небезпечних резонансних частот шпиндельного вузла верстата у середовищі Solid Works (з використанням додатку Simulation).

**Ключові слова:** *технологічний процес, операція, перехід, режим різання, припуск, багатоопераційні верстати, аналіз точності обробки, , верстатний пристрій, резонансна частота.*

Студент Андрухів В.І.

# **ABSTARCT**

Master's thesis

Manufacturing technology of a part “Cover 260.30.10.118 zap”

Settlement note: 69 pages, 22 figures, 13 tables, 17 links.

Graphic part: 6 sheets of A1 format.

Object of research - technological processes of mechanical processing of parts.

The subject of research is the part cover 260.30.10.118 zap.

The purpose of the work is to design the technology of manufacturing a part - a cover - by using modern automated equipment (CNC machines).

In the first points of the work, an analysis of the design of the cover and the technological process of its manufacture is made, the shortcomings of the basic processing route are indicated, which make it imperfect at the modern stage of production. A more productive and modern lid processing process has been designed, in which operations are performed on two multi-operation machines with CNC.

In the technological part of the explanatory note, the allowance for drilling a hole of  $\varnothing 180$  mm is calculated, the calculations of the modes of milling notches on the cover, boring a hole and drilling holes of  $\varnothing 13$  mm are analytically performed. In order to ensure the necessary accuracy parameters for the  $\varnothing 180$  mm hole processing, the influence of various factors on the accuracy of the surface boring for the bearing socket was calculated.

The necessary models of metal cutting machines with CNC and high-performance tools are selected. The technological documentation is drawn up.

In the design section of the explanatory note and graphic part of the work, a milling and drilling device was designed and its assembly drawing was made.

In the scientific research part of the work, a study of dangerous resonance frequencies of the machine spindle assembly was carried out in the Solid Works environment (using the Simulation application).

Key words: technological process, operation, transition, cutting mode, allowance, multi-operational mashines, analysys of processing accuracy, mashine tool, resonant frequency.

Student V.Andrukhiy

## Зміст

	Вступ.....	
1	Технологічний розділ .....	
1.1	Аналіз призначення та конструкції деталі.....	
1.2	Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	
1.3	Визначення річної програми випуску та кількості деталей у партії.....	
1.4	Базовий варіант технологічного процесу виготовлення кришки та його аналіз .....	
1.5	Вибір способу отримання заготовки.....	
1.6	Проектування нового технологічного маршруту.....	
1.7	Розробка операційної технології.....	
1.7.1	Розрахунок припусків на механічну обробку.....	
1.7.2	Розрахунок режимів різання .....	
1.7.3	Аналіз точності обробки.....	
1.8	Автоматизоване проектування операції фрезерування торця корпусу.....	
2	Конструкторський розділ Проектування верстатного пристрою для фрезерно-свердлильної операції з ЧПК 010.....	
2.1	Призначення, конструкція та опис роботи пристрою.....	
2.2	Розрахунок пневмоприводу пристрою.....	
2.3	Перевірка міцності найбільш навантажених та рухомих елементів пристрою.....	
3	Науково-дослідна частина Комп'ютерне дослідження резонансних частот шпиндельного вузла.....	
	Висновок.....	
	Додатки.....	

# 1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Опис призначення та конструкції деталі

Деталь «Кришка 260.30.10.118 зап» відповідно до класифікації Ф. С. Дем'янюка відноситься до деталей типу дисків і є кришкою підшипника вала циліндричного зубчастого редуктора приводу локомотива.

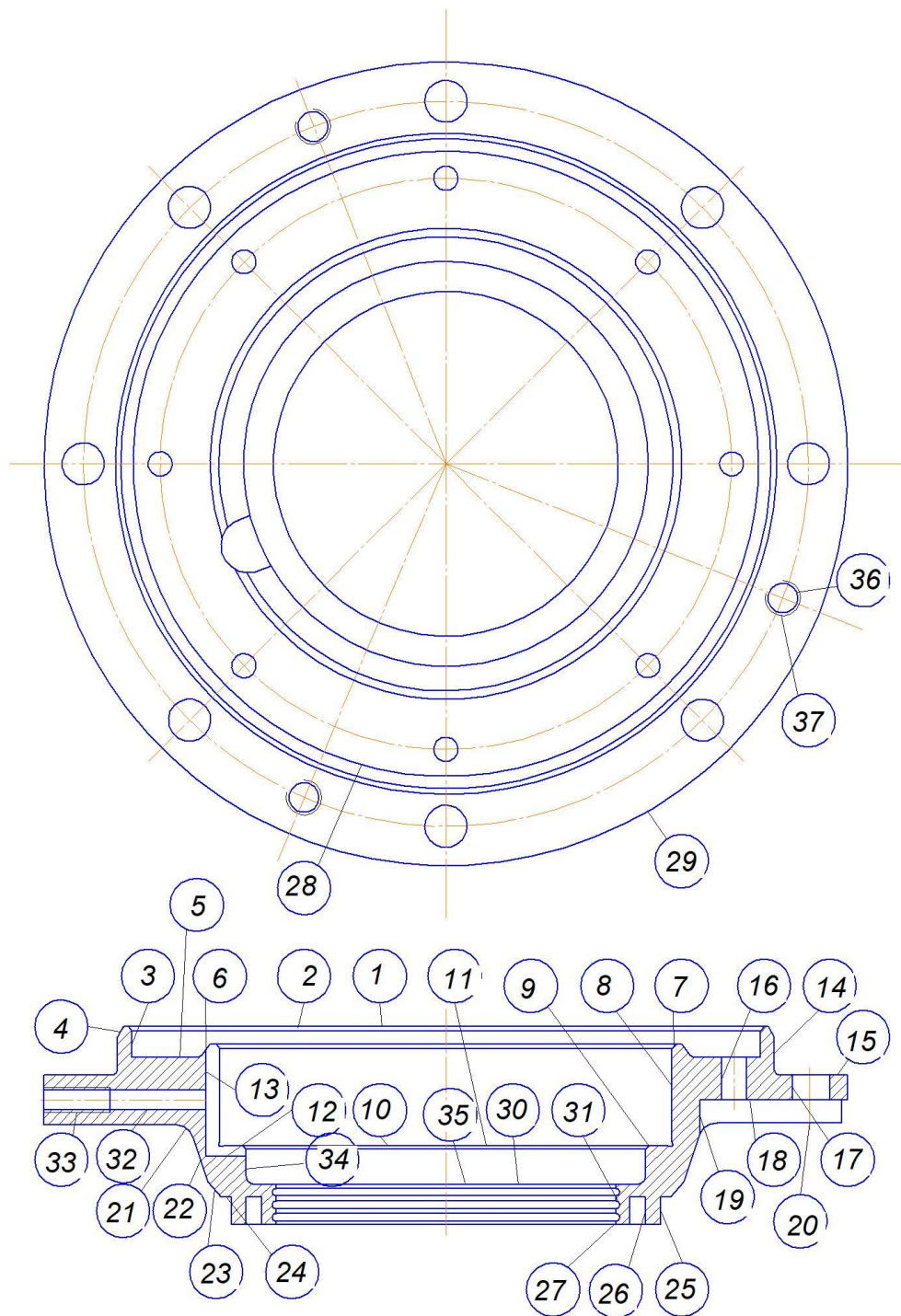


Рис.1.1 – Ескіз кришки з номерами поверхонь

Заготовку отримують литвом у земляні форми із сталі 25Л за другим класом точності. Це забезпечує хорошу якість металу і добру оброблюваність різанням.

Кришка має форму випуклого диска з великим центральним отвором. На меншому торці є масловідбивна канавка. Півкруглі канавки радіусом 1,5 мм служать для кільцевих ущільнень. В корпусі кришка встановлюється високоточною (тб)циліндричною поверхнею Ø 260 мм.

У периферійній циліндричній поверхні кришки зроблено отвір з різьбою М10 для штуцерів подачі мастила. У торці фланця про фрезеровано 8 виїмок розміром 40x60 мм, у яких насвердлені по 8 отв. ø13 мм і ø17 мм для кріпильних болтів. У торці є три різьбові отвори М16.

Проаналізуємо точність і шорсткість поверхонь деталі.

Поверхні з найвищою точністю і шорсткістю:

- циліндрична посадочна поверхня ø260 мм 14 - 6 квалітет, – Ra 2,5 мкм;
- циліндрична посадочна поверхня ø20 мм 3 - 7 квалітет, – Ra 2,5 мкм;
- циліндрична посадочна поверхня ø180 мм 8 - 7 квалітет, – Ra 2,5 мкм;
- поверхня виточки глибиною 12 мм – 14 квалітет, Ra 6,3 мкм;
- поверхня торця 15 – 20Н11, – Ra 12,5 мкм;
- поверхня торця 10 – Н11, – Ra 12,5 мкм;
- поверхня канавки глибиною 13 мм – 14 квалітет, Ra 12,5 мкм;
- різьбові поверхні М16 та М10– 7 квалітет, Ra 3,2 мкм;
- поверхні під кріпильні болти 18 - 14 кв., Ra 12,5 мкм,
- решта поверхонь 14 кв., Ra 12,5.

Габаритні розміри деталі: ø 320x79 мм. Маса – 11 кг.

Вміст легуючих елементів вказаний у таблиці 1.1.

Показники міцності сталі 25Л показані в таблиці 1.2. Основні характеристики поверхонь деталі наведені в таблиці 1.3.

**Таблиця 1.1 – Вміст легуючих елементів у сталі 25Л ГОСТ 977 - 88**

Вміст елементів, %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,22 - 0,3	0,2 - 0,52	0,4 - 0,90	≤0,3	≤0.3	≤0.3	≤0.025	≤0.025

Показники міцності сталі 25Л показані в таблиці 1.3

**Таблиця 1.2 – Показники міцності сталі 25Л ГОСТ 977 - 88**

$\sigma_B$ , МПа	КСУ Дж/м <sup>2</sup>	$\Psi$ , %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	НВ	Розміри січення для випробування
$\geq 490$	$\geq 300$	37-51	290	-	$\geq 23$

**Таблиця 1.3 – Характеристика поверхонь кришки 260.30.10.118 зап**

№ поверхні	Конфігурація та службове призначення поверхонь	Розміри, мм	Квалітет точності,пуск, мм	Точність форми та розміщення	Шорсткість Ra, мкм
1	Плоский торець. Конструкторська база. Виконавча поверхня	79 <sub>-0,5</sub>	12	12	12,5
2,7	Фаска. Вільна поверхня.	1,6х45°	14	14	12,5
3	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø 250	7	7	12,5
4	Фаска. Вільна поверхня.	5х15°	14	14	12,5
5	Плоский торець. Вільна поверхня.	12 <sup>+0,2</sup>	14	14	12,5
6	Фаска. Вільна поверхня.	6х45°	14	14	12,5
8	Внутрішня циліндрична поверхня. Конструкторська база	Ø180	7	7	2,5
9	Кільцева виточка	R2х3...5	14	14	12,5
10	Внутрішній торець. Конструкторська база	Ø180х46,5	11	11	2,5
11	Фаска. Вільна поверхня.	0,5х45°	14	14	12,5
12	Плоский торець виїмки. Вільна поверхня.	48,5	14	14	12,5
13	Внутрішня циліндрична поверхня виїмки. Вільна поверхня.	Ø24	14	14	12,5

14	Зовнішня циліндрична поверхня. Технологічна база. Приєднувальна поверхня	Ø 260	6	6	2,5
15	Кільцевий торець. Конструкторська база	Ø320x 260	11	11	12,5
16	Циліндричний отвір. Виконавча поверхня	Ø13	14	14	12,5
17	Циліндричний отвір. Виконавча поверхня	Ø17	14	14	12,5
18	Торець виїмки. Виконавча поверхня	9	14	14	12,5
21	Зовнішня радіусна поверхня. Вільна поверхня.	R20	14	14	12,5
22	Зовнішня конічна поверхня. Вільна поверхня.	Ø200 x30	14	14	12,5
23	Зовнішня конічна поверхня. Вільна поверхня.	Ø178 x13	14	14	12,5
24	Кільцевий торець. Конструкторська база	Ø178x 171	14	14	12,5
25	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø171	11	11	6,3
26	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø160	11	11	6,3
27	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø171	11	11	6,3
28	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø136	11	11	6,3
29	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø320	11	11	12,5
30	Кільцевий торець. Конструкторська база	Ø158x 16	14	14	12,5
32	Циліндричний отвір. Виконавча поверхня	Ø8,7	14	14	12,5
33	Різьбова поверхня	M10	7	7	2,5

Проналізувавши конструкцію, скажемо, що найточнішими є зовнішні і внутрішні циліндричні поверхні великих діаметрів, що призначені для базування кришки в корпусі та інших деталей у кришці.

## 1.2 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Спосіб отримання заготовки кришки 260.30.10.118 зап - литво другої групи у разові піщані форми з машинним формуванням, сталь марки 25Л.

Зовнішня конфігурація деталі нескладна, але всередині наявні точні циліндричні і торцеві значних розмірів. Кришка досить жорстка, судячи з розмірів на кресленні. Базовий технологічний процес ґрунтується на застосуванні універсальних фрезерних, токарних та свердлильних верстатах.

Менший торець (пов. 12) фрезерують на вертикально-фрезерному верстаті мод. 6P12 для створення чистової установчої бази, кріпильні отвори у виїмках, отвори під різьби обробляють на радіально-свердлильному верстаті 2M55., торці деталі та поверхні обертання обробляють на токарно-гвинторізних верстатах мод. 1M63 та ТТ163705. Доступ різальних та вимірних інструментів до вказаних поверхонь вільний, осі отворів перпендикулярні та паралельні до поверхонь технологічних баз. Кріпильні отвори обробляють у кондукторному ділильному пристрої з фіксатором.

Обробка торцевої масловідбивної канавки та радіусних виточок під кільцеві ущільнення вимагає використання канавкових спеціальних різців і скрупульозного призначення режимів різання.

Жорсткість деталі під час обробки різанням забезпечується відносно великою висотою і значною товщиною стінок..

Робимо висновок, що деталь в цілому технологічна.

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

Сумарна кількість поверхонь – 63

з них механічну обробку проходять – 63

уніфікованих поверхонь – 58

Поверхонь по 14-му квалітету точності – 39

Поверхонь по 11-му квалітету точності – 6

Поверхонь по 6-му квалітету точності – 1

Поверхонь по 7-му квалітету точності – 1

Поверхонь по 8-му квалітету точності – 1

Поверхонь по 5 класу шорсткості – 50

Поверхонь по 7 класу шорсткості – 8

Поверхонь по 8 класу шорсткості – 5

Визначаємо коефіцієнт уніфікації за формулою

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

де  $Q_{\Sigma}$  - загальна кількість оброблюваних поверхонь

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

$$K_{y_{\Sigma}} = 58/63 = 0,92$$

### 1.3 Визначення річної програми випуску та кількості деталей у партії

Заданий тип виробництва – середньосерійний.

Режим роботи підприємства 2 зміни на добу.

Дані технологічного процесу наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Трудомісткість операцій.

№ операції	Назва операції	$T_{шт}$ , хв
1	2	3
005	Вертикально-фрезерна	4,1
010	Токарно-гвинторізна	17,2
015	Токарно-гвинторізна	8,7
020	Токарно-гвинторізна	17,2
025	Токарно-гвинторізна	12,1
030	Вертикально-фрезерна	27,6
035	Радіально-свердлильна	19,1
040	Вертикально-свердлильна	7,8

Число операцій 8; сумарний штучний час  $\sum T_{шт} = 113,8$  хв.

Середній штучний час:

$$T_{шт.сер} = \frac{\sum T_{шт}}{n} = \frac{113,8}{8} = 14,225 \text{ хв.}$$

Такт випуску деталей:

$$t_g = k_z \cdot T_{шт.сер} = 15 \cdot 14,225 = 213,38 \text{ хв,}$$

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

$$10 < k_z < 20. \text{ Приймаємо } 15.$$

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{F_o \cdot 60}{t_g} = \frac{4015 \cdot 60}{213,38} = 1129 \text{ шт,}$$

де  $F_o$  – дійсний річний фонд робочого часу устаткування.

$$F_{\partial} = 4015 \text{ год.}$$

Розрахункова кількість деталей у партії:

$$n_{\partial} = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{1129 \cdot 12}{252} = 53,76 \text{ шт.},$$

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

$F$  – кількість робочих днів у році,  $F = 252$  дні.

Приймаємо  $n = 54$  шт.

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{\text{шт.сер}} \cdot n_{\partial}}{480 \cdot 0,8} = \frac{14,22 \cdot 54}{480 \cdot 0,8} = 1,99 \text{ змін.}$$

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:

$$n_{\partial} = \frac{C_{np} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{шт.сер}}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{14,22} = 54 \text{ шт.}$$

Приймаємо 54 шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

$$\text{Число запусків } i = \frac{N}{n_{\partial}} = \frac{1129}{54} = 20,91.$$

Остаточну розраховуємо річну програму випуску деталей

Приймаємо  $i = 20$ ;  $N = i \cdot n_{\partial} = 20 \cdot 54 = 1080$  шт.

## 1.4 Базовий варіант технологічного процесу виготовлення кришки та його аналіз

Базовий маршрут механічної обробки деталі “Кришка 224.30.10.114 зап”подамо у вигляді таблиці.

**Таблиця 1.5 – План механічної обробки поверхонь за базовим техпроцесом**

№ операції	Обр. Поверхні деталі	Назва та зміст операції,	Верстат, пристрій, оснастка
005		<b>Вертикально-фрезерна</b> Фрезерувати приливи в рівень з основним металом	Вертикально-фрезерний 6P12, Універсально-збірний пристрій
010	1,3,8, 14,15, 31	<b>Токарно-гвинторізна</b> 1.Підрізати торець пов 1 в розмір 74,5 мм 2.Розточити пов. 3 до $\varnothing 247,5^{+0,5}$ на довжині 11,5 мм 3. Розточити пов.8 до $\varnothing 178,5^{+0,5}$ на довжині 45,5 мм 4.Розточити пов. 31 до $\varnothing 134,5^{+0,5}$ мм на довжині 14 $_{-0,5}$ мм пов 4. 5.Точити заготовку по зовнішній пов-ні 14, витримуючи р-ри $\varnothing 262,5 \times 18,7$ мм 6. Точити заготовку по зовнішній пов-ні 29, витримуючи $\varnothing 320_{-0,5}$ мм 7.Точити торець 15 в розмір 18,4 мм 8. Точити фаску $5 \times 15^\circ$	Токарно-гвинторізний ТТ163705, 3х кулачковий. патрон ГОСТ 2675-71
015	27,20, 22, 14,24	<b>Токарно-гвинторізна</b> 1.Підрізати торець в р-р 77,5 мм пов.27 2. Підрізати торець в р-р 19,2 мм до $\varnothing 200$ пов. 20 3.Точити пов.23 під кутом $45^\circ$ 4. Точити пов.22 в розмір $\varnothing 190$ мм 5. Точити пов.14 в розмір $\varnothing 174,2$ мм 6.Підрізати торець 24 в розмір 12,5 мм	Токарно-гвинторізний 1M63, 3х кулачковий патрон ГОСТ 28140-75
020	1,15,1 4, 3,8,34 ,	<b>Токарно-гвинторізна</b> 1.Підрізати торець 1 в р-р $79_{-0,5}$ мм 2. Підрізати торець 15 в р-р 20H11 3.Точити пов-ню 14 в р-р $\varnothing 260m6$	Токарно-гвинторізний ТТ163705, 3х кул. патрон

5	13,9,3	<p>4.Точити фаску 1,6x45°</p> <p>5. Розточити пов.3 до Ø250<sup>+0,05</sup> на довжині 12 мм</p> <p>6. Розточити пов.8 до Ø180H7 на довжині 46,5 мм</p> <p>7 Точити фаску 1,6x45°</p> <p>8.Розточити пов. 34 до Ø158H14 на довжині 16,5 мм</p> <p>9.Розточити отвір 31 в р-р Ø136H11</p> <p>10.Підрізати торець 9 в р-р 46,5<sup>+0,2</sup></p> <p>11. Підрізати торець 35 в р-р 16,5<sup>+0,2</sup></p> <p>12. Точити фаску 0,5x45°</p>	ГОСТ 2675-71
---	--------	--	--------------

Продовження табл. 1.5

0 25	26, 31	<p><b>Токарно-гвинторізна</b></p> <p>1.Точити 3 канавки шириною 3<sup>+0,5</sup>, R1,5, пов.38</p> <p>2.Точити канавку 26 шириною 6,5 мм на глибину 13 H14 пов. 26</p>	Токарно-гвинторізний ТТ163705, 3х кул. патрон ГОСТ 2675-71
0 30	12, 13, 18, 19,	<p><b>Вертикально-фрезерна</b></p> <p>Установ 1</p> <p>1.Фрезерувати 8 виїмок пов. 18,19 в розмір 9<sup>-0,5</sup> мм</p> <p>Установ 2</p> <p>1 Фрезерувати радіусну виїмку пов. 12,13 в розмір 48,5<sup>-0,5</sup> мм</p>	Вертикально-фрезерний 6P12, Універсально-збірний пристрій
0 35	17, 18, 36, 37	<p><b>Радіально-свердлильна</b></p> <p>Установ 1</p> <p>1.Свердлити 8 отв. Ø17 на прохід пов. 17</p> <p>2. Свердлити 8 отв. Ø13 на прохід пов. 18</p> <p>3 Свердлити 3 отв. Ø14 на прохід пов. 36</p> <p>4. Зенкувати 3 фаски під кутом 120° на глибину 1,5 мм</p> <p>5. Нарізати різьбу M16-7H в трьох отворах напрохід, пов.37</p>	Радіально-свердлильний 2M55, Кондуктор пневмоприводом 3
0 40	32, 33	<p><b>Вертикально-свердлильна</b></p> <p>1.Свердлити отв. Ø8,6 на прохід пов.32</p> <p>2.Зенкувати фаску кутом 120° на глибину 1, мм</p> <p>3.Нарізати різьбу M10x7H на глибину 25 мм, пов. 33</p>	Вертикально-свердлильний 2A135, Лещата пневмозатиском 3

Аналізуючи подану інформацію, підведемо підсумок.

Отримання заготовки із сталі 25 в умовах середньо серійного виробництва як вилівка другої групи у разові земляні форми з машинним формуванням є найбільш технологічним способом.

Режими обробки різанням бажано підтягнути до більш продуктивних.

Заданий нам тип виробництва – середньосерійний, тому в розроблюваній технології доцільніше використати токарний і фрезерно-свердлильний верстати з ЧПК з високою продуктивністю і точністю обробки, а також застосувати спеціалізовані пристрої з пневмоприводом.

## 1.5 Обґрунтування способу отримання заготовки

За базовим технологічним процесом заготовку кришки отримують способом литва в піщані форми з ручним формуванням опок.

Такий спосіб низькопродуктивний, не дозволяє отримати достатньої якості вилівка і точності його поверхонь.

Таку заготовку можна отримати іншими способами литва.

Коротко розглянемо їх придатність.

Литво в оболонкові керамічні форми дозволяє отримати якісний вилівок з досить точними розмірами поверхонь, високою чистотою і хорошими механічними властивостями металу вилівка. Вказаний спосіб виправданий для відносно малих вилівоків складної конфігурації, до яких важко застосувати механічну обробку. Спосіб дуже трудомісткий і потребує дорогих розхідних матеріалів, а заготовка кришки є порівняно масивною – 13,5 кг і достатньо габаритною – Ø328x85 мм.

Спосіб литва в кокіль потребує виготовлення багаторазової металевої форми і покриття контактних поверхонь спеціальною фарбою, що теж обходиться досить дорого. В нашому випадку форма кокілю повинна бути досить непростюю. Таким способом можна зменшити припуски на механічну обробку, але це було б доцільним для більших масштабів виробництва.

На підставі аналізу пропоную отримати заготовку литвом у земляні форми з машинним формуванням опок і їх вибиванням. Це забезпечить достатні показники точності і якості вилівка.

## 1.6 Проектний технологічний процес обробки деталі “Кришка 260.30.10.118 зап”

У розробці нового технологічного процесу виходимо з таких даних:

- робоче креслення і технічні умови на деталь;
- тип виробництва.

Метою розробки нового технологічного процесу є підвищення продуктивності і якості обробки.

Базуючись на середньосерійному типі виробництва класу деталі – диск порівняно немалих габаритів і ваги – для обробки поверхонь обертання застосуємо токарний верстат з ЧПК мод. Comak Ecoline 400x1000, для фрезерування виїмок, свердління отворів і різьбонарізання – вертикальний фрезерно-свердлильний верстат з ЧПК мод. Vector 650 M HDH фірми KNUTH.

Свердління отвору ш нарізання різьби у периферійній циліндричній поверхні виконаємо на вертикально-свердлильному верстаті мод 2A125 з встановленням заготовки у пневмолещата.

Фрезерування меншого торця для створення установчої бази на токарній операції залишаємо без змін, що набагато дешевше застосування верстату з ЧПК.

Вибрані верстати і сучасні збірні інструменти із змінними пластинами забезпечать зростання продуктивності і точності обробки, в тому числі і завдяки дотримання принципу постійності і суміщення баз.

Таким чином, ми зменшимо число верстаних операцій удвічі, а крім того, скоротиться час на транспортування заготовки від верстата до верстата.

Нижче наведені зовнішні вигляди верстатів та їхні технічні параметри.



Рис. 1.2 – Токарний верстат з ЧПК Cormak Ecoline 400x1000

**Таблиця 1.6 - Характеристики токарного верстата**

№ з/п	Параметр	Значення
1	Потужність головного двигуна	5500 Вт
2	Максимальне число обертів шпинделя	2000 об / хв
3	Тип сервоприводів	Siemens
4	Число інструментів у магазині	6
5	Тип задньої бабки	гідравлічний
6	Хід пінолі задньої бабки	120 мм
7	Коніс пінолі задньої бабки	MT4
8	Найбільший діаметр обробки над супортом	400 мм
9	Отвір шпинделя	65 мм
10	Максимальна прискорена подача По осі X По осі Z	8 м/ хв. 10 м/ хв
11	Система ЧПК	SINUMERIK 808D control
12	Маса верстата	1800 кг
13	Габарити	2640x1500x1766 мм



Vector 1000 M с ЧПУ Siemens Sinumerik 828D

Рис. 1.3 - Вертикальний фрезерно-свердлильний верстат з ЧПК мод. Vector 650 M HDH із системою ЧПК Siemens Sinumerik 828D

**Таблиця 1.7 – Характеристики вертикального фрезерно-свердлильного верстата Vector 650 M HDH**

	Характеристика верстата	Числове значення
1	Головний шпindel	
	Число обертів шпинделя	10000 об/хв
	Затиск шпинделя	SK 40
	Постійний крутний момент	63,7 Нм
	Привід шпинделя	Riemenantrieb
	Підшипник шпинделя	7012x4
2	Технологічний хід по осях	
	X	520 мм
	Z	700 мм
3	Прискорений хід	
	Прискорений хід по осях X/Y	36 м/хв
	Прискорений хід по осі Z	15 м/хв
4	Подача	

	Робоча подача, вісь X	10000 мм/хв
	Робоча подача, вісь Y	10000 мм/хв
	Робоча подача, вісь Z	10000 мм/хв
5	Потужність двигуна головного руху	7.5 кВт
6	Габарити	2,42x2,2x2,7 мм
	Маса верстата	4000 кг

Опис розробленого технологічного маршруту покажемо в таблиці 1.8.

Технологічні схеми обробки наведені нижче. З ескізів видно, що схеми базування заготовки практично не змінені, бо є на нашу думку найбільш правильними.

**Таблиця 1.8 – Структура проектного технологічного процесу**

№ операції	Обр. Поверхні деталі	Назва та зміст операції, Операційний ескіз	Верстат, пристрій, оснастка
005		Вертикально-фрезерна Фрезерувати менший торець по рівню основного металу	Вертикально-фрезерний 6P12, Прихвати
010	13,1 4,15, 16,1 7,3, 20,2 1,22, 23,2 6,31	Токарна з ЧПК	Токарний Сормак Ecoline 400x1000
		Установ 1 1.Підрізати торець 1 в р-р 83 $_{-0,5}$ мм 2. Підрізати торець 15 в р-р 20H11 3.Точити пов-ню 14 в р-р $\varnothing 260m6$ 4.Точити фаску 1,6x45° 5. Розточити пов.3 до $\varnothing 250^{+0,05}$ на довжині 12 мм 6. Розточити пов.8 до $\varnothing 180H7$ на довжині 46,5 мм 7 Точити 2 фаски 1,6x45° 8.Розточити пов. 34 до $\varnothing 158H14$ на довжині 16,5 мм 9.Розточити отвір 31 в р-р $\varnothing 136H11$ 10. Підрізати торець 5 в р-р12 $^{+0,2}$ 11.Підрізати торець 9 в р-р 46,5 $^{+0,2}$ 12. Підрізати торець 35 в р-р 16,5 $^{+0,2}$ 12. Точити фаску 0,5x45° 13 Точити фаску 5x15°	Трьохкулачковий . патрон

		<p align="center">Установ 2</p> <p>1.Підрізати торець в р-р 79<sub>-0,5</sub> мм пов.27  2. Підрізати торець в р-р 18<sub>-1,0</sub> мм до Ø200 пов. 20  3.Точити пов.23 під кутом 45°  4. Точити пов.22 в розмір Ø190 мм  5. Точити пов.31 в розмір Ø136Н11 мм  6. Точити пов.25 в розмір Ø171Н14 мм  6.Підрізати торець 24 в розмір 13Н14 мм  7.Точити 3 канавки шириною 3<sup>+0,5</sup> , R1,5, пов.38  8.Точити канавку 26 шириною 6,5 мм на глибину 13 Н14 пов. 26</p>	Трьохкулачковий . патрон
015	4,5,2 2	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	Вертикальний фрезерно-свердлильний верстат з ЧПК мод. Vector 650 M HDH  Пристрій з пневмозатиском
		<p align="center">Установ 1</p> <p>1. Фрезерувати 8 виїмок 40x60 мм пов.18,19  2.Свердлити 8 отв. Ø17 мм пов. 17 на прохід по Ø290 мм  3. Свердлити 8 отв. Ø13 мм пов. 16 на прохід по Ø230 мм  4. Свердлити 3 отв. Ø14 мм пов. 36 на прохід по Ø290 мм  5.Нарізати різьбу М16-7Н на прохід по Ø290 мм</p>	
		<p align="center">Установ 2</p> <p>1. Фрезерувати радіусну виїмку пов. 12,13 в розмір 48,5<sub>-0,5</sub> мм</p>	
020	25,2 6,27	<p align="center">Вертикально-свердлильна</p> <p>1.Свердлити отв. Ø8,6 на прохід пов.32  2.Зенкувати фаску кутом 120° на глибину 1, мм  3.Нарізати різьбу М10x7Н на глибину 25 мм, пов. 33.</p>	Вертикально - свердлильний 2А125, Пневмолещата

Нижче наводимо схеми базування та встановлення деталі в процесі обробки.

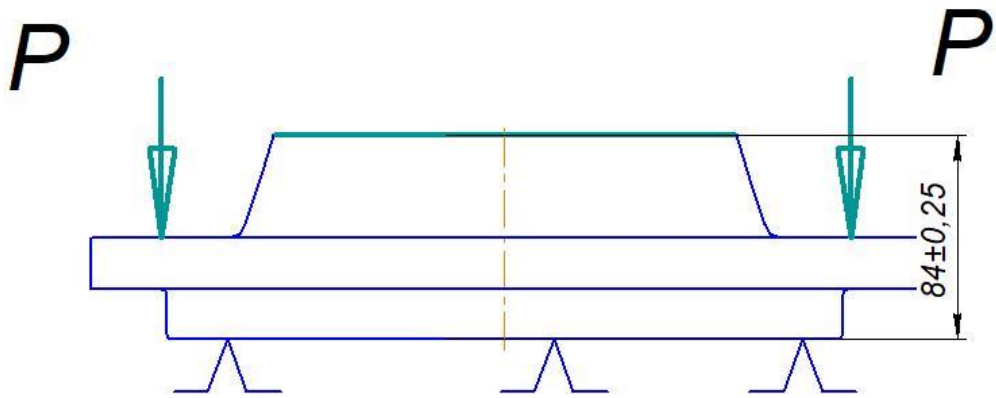


Рис. 1.4 – Схема базування і закріплення деталі на операції 005

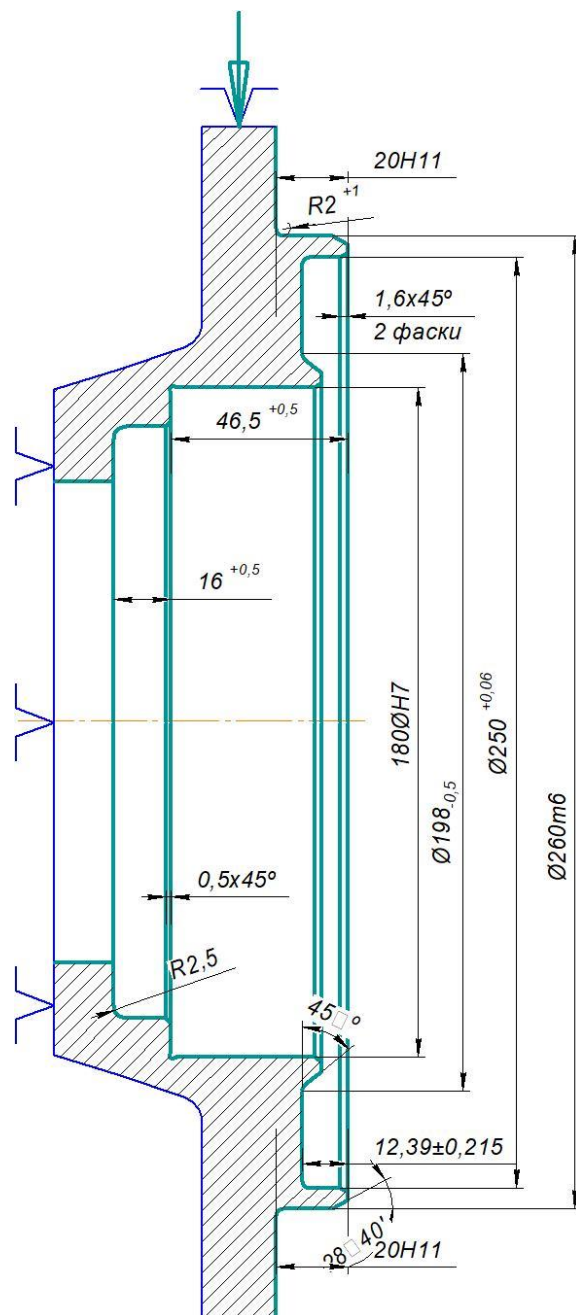
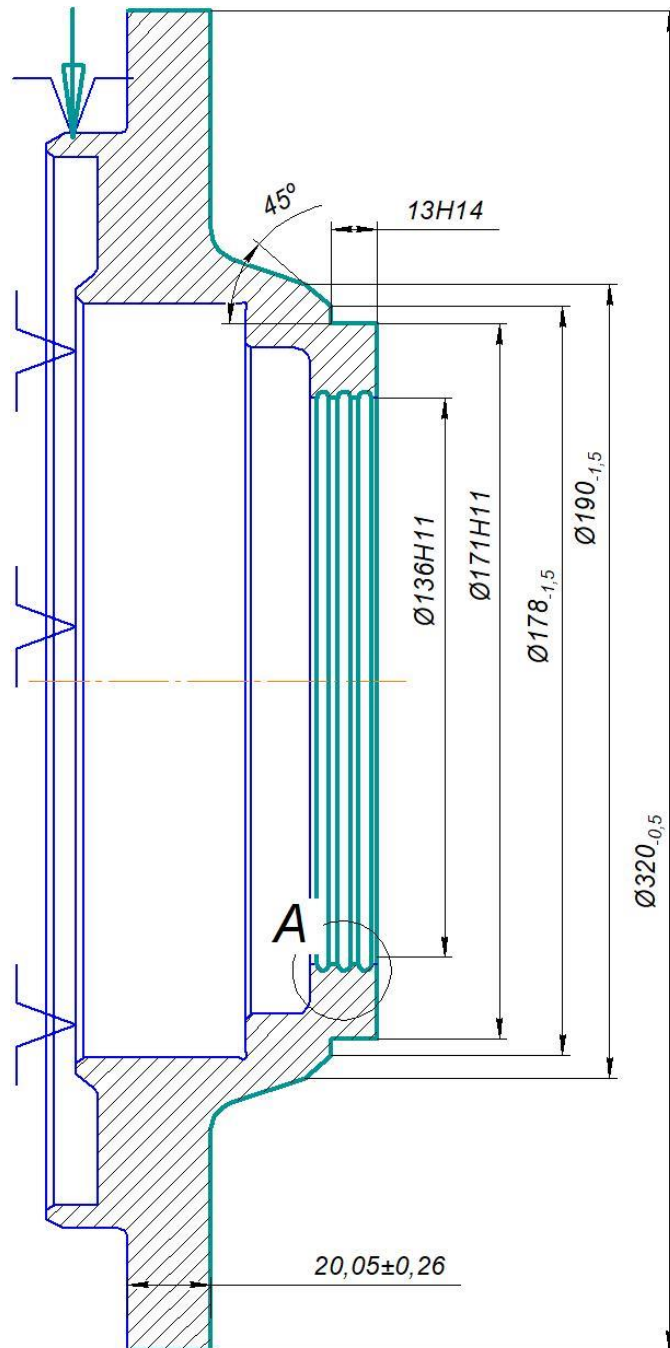


Рис. 1.5 – Схема базування і закріплення деталі на операції 010.  
Установ 1



**A**  
**2,5:1**

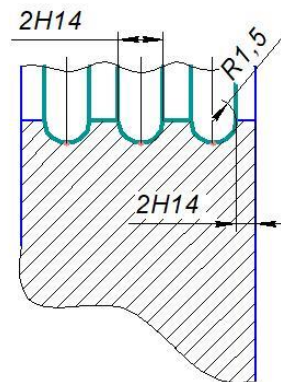


Рис. 1.6 – Схема базування і закріплення деталі на операції 010

Установ 2

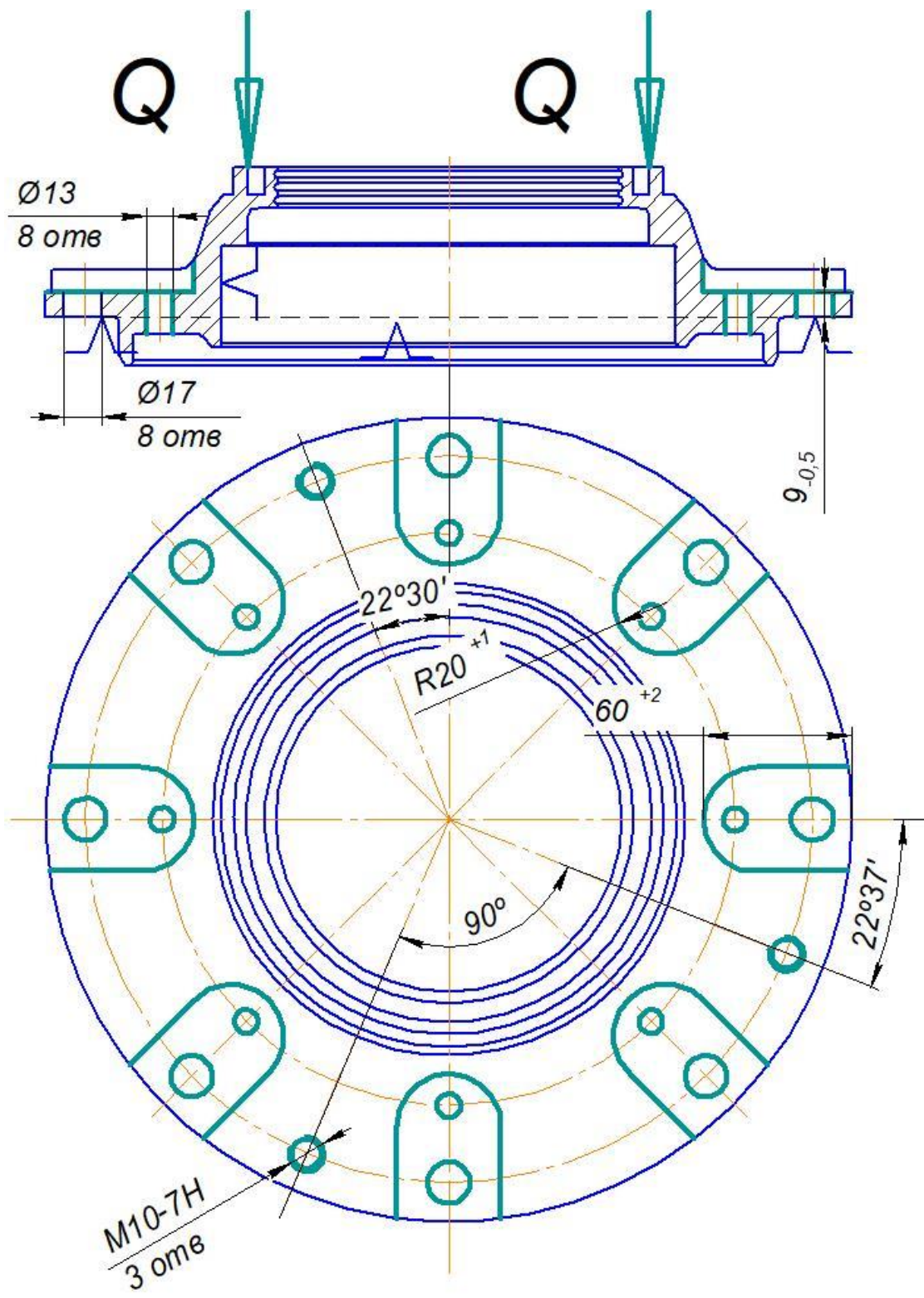


Рис. 1.7 – Схема базування і закріплення деталі на операції 015  
Установ 2

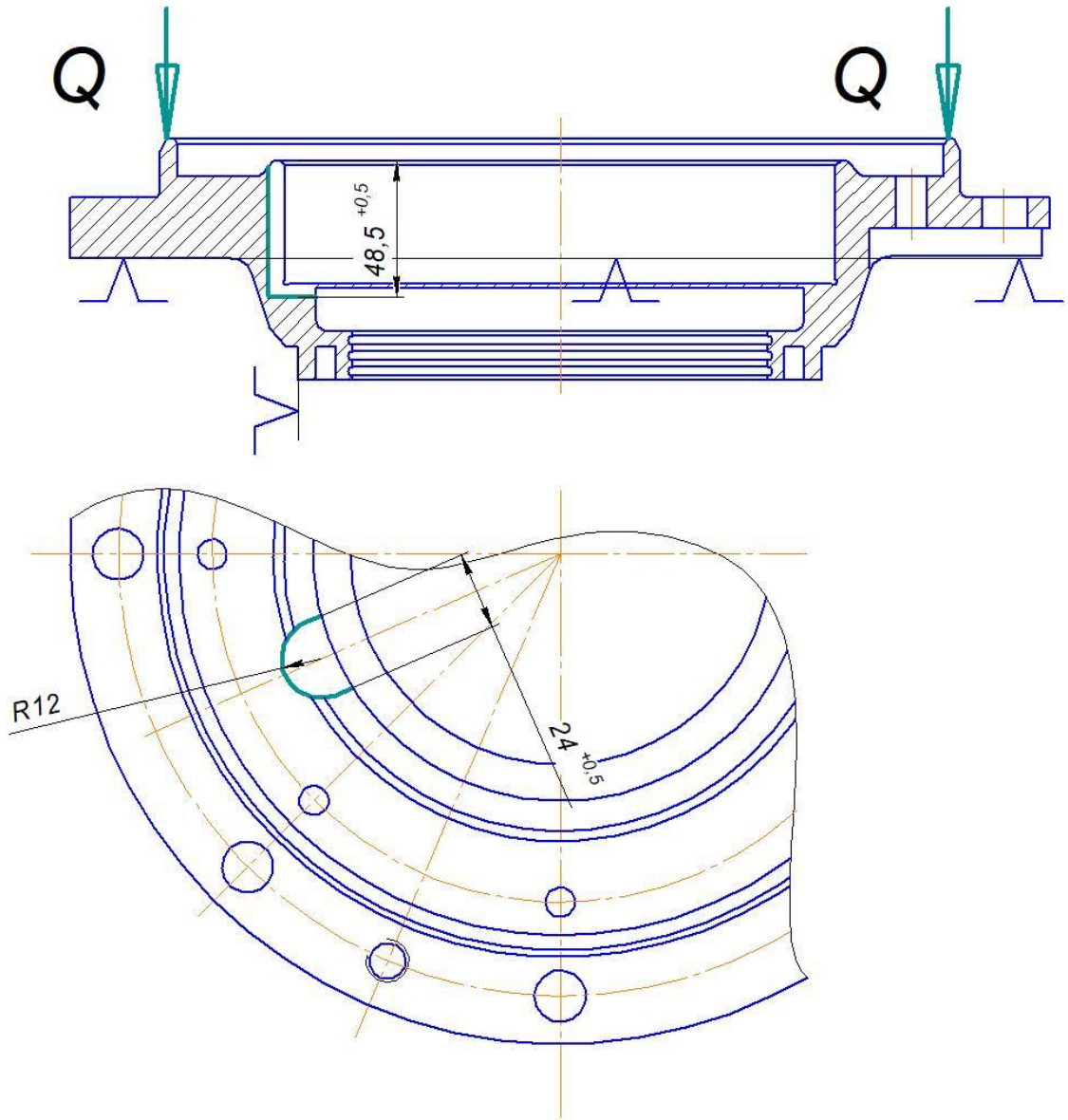


Рис. 1.8 – Схема базування і закріплення деталі на операції 015  
Установ 2

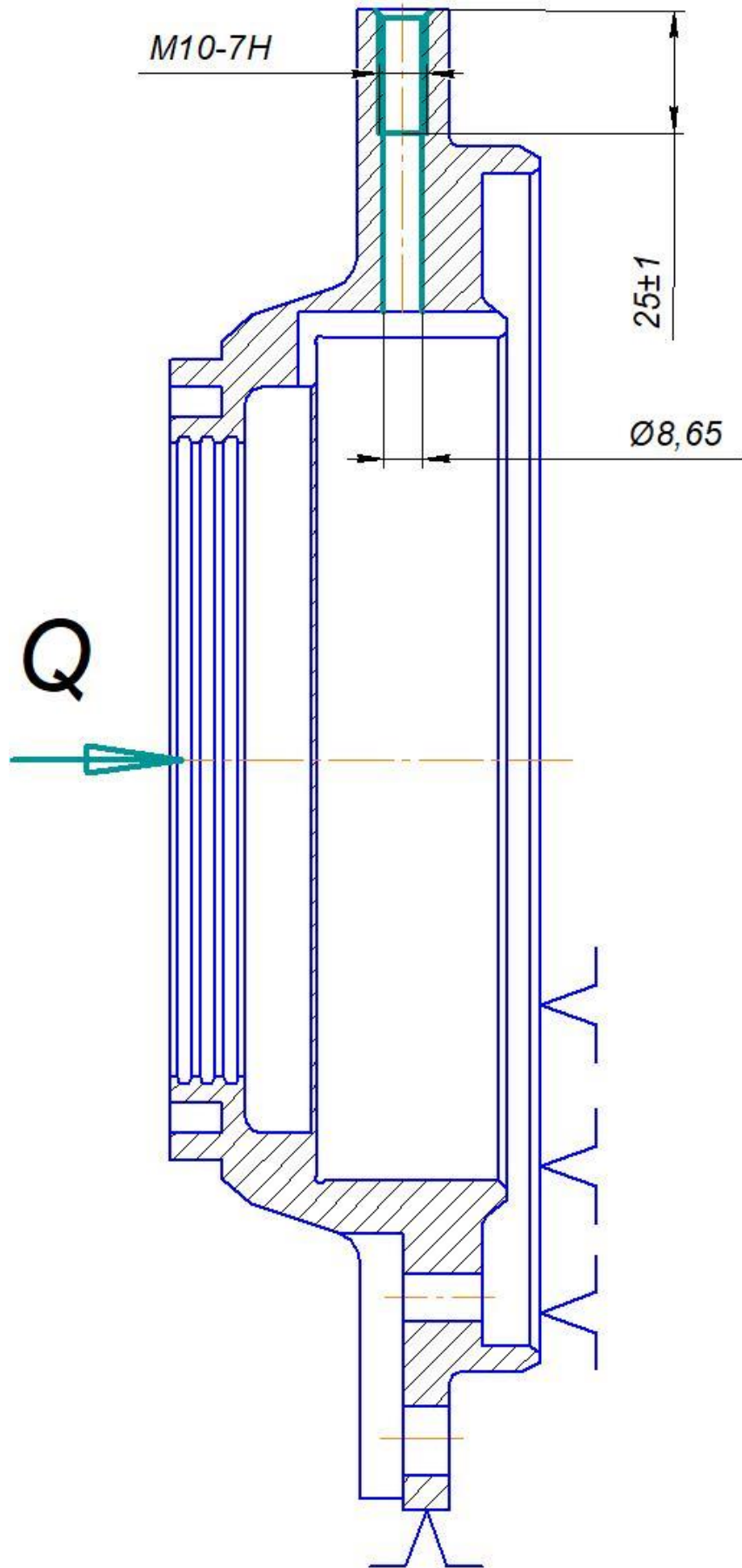


Рис. 1.9 – Схема базування і закріплення деталі на операції 020

## 1.7 Розробка операційної технології.

### 1.7.1 Розрахунок припусків на механічну обробку.

Визначення операційних припусків аналітичним методом на розточування внутрішньої циліндричної поверхні корпуса  $\varnothing 180H7^{+0.04}$ .

Технологічний маршрут обробки

- 1) Литво в земляні форми з машинним формуванням;
- 2) Розточування чорнове IT12;
- 3) Розточування напівчистове IT9 [9, с. 11, табл.. 5]
- 4) Розточування чистове IT7 [9, с. 11, табл.. 5]

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;

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

$\varepsilon_i$  – 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:  $R_z+h = 400$  мкм, ([9], табл.6, с. 182);
- для чорнового розточування:  $R_z=100$  мкм,  $h= 100$  мкм;
- для чистового розточування:  $R_z=25$  мкм,  $h= 25$  мкм;
- для чистового розточування:  $R_z=5$  мкм,  $h= 5$  мкм.

Величина короблення поверхні отвору розраховувати як в діаметральному, так і в осьовому перерізі. Тому маємо:

$$\Delta_{кор} = \sqrt{(\Delta_k \cdot D)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}$$

Де  $\Delta_k$  - величина питомого короблення поверхні виливка,  $\Delta_k = 0,7$  мкм/мм - [7, табл.4.8, с. 71];

$D = 180$  мм – діаметр отвору,  $l = 39,5$  мм – довжина отвору у корпусі, (див. креслення деталі).

Підставивши числові значення отримаємо:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0.7 \cdot 180)^2 + (0.7 \cdot 39,5)^2} = 70 \text{ мкм}$$

Величину зміщення визначаємо як геометричну суму зміщень у вертикальному і горизонтальному напрямках.

$$\Delta_{zv} = \sqrt{\Delta_{зм\theta}^2 + \Delta_{змz}^2}$$

$$\Delta_{zv} = \sqrt{500^2 + 600^2} = 820 \text{ мкм}$$

Просторове відхилення буде рівне

$$\Delta_{zv} = \sqrt{70^2 + 820^2} = 837 \text{ мкм}$$

Оскільки вся механічна обробка ведеться з однієї установки, то залишкове просторове відхилення визначаємо за формулою

$$\Delta = \Delta_{заг} \cdot K, \text{ де}$$

$K$  – коефіцієнт уточнення.

Після чорнового точіння:

$$\Delta = 0.06 \cdot 837 = 49 \text{ мкм},$$

Після чистового точіння:

$$\Delta = 0.04 \cdot 837 = 34 \text{ мкм}.$$

Похибка установки для заданої схеми закріплення і базування буде рівна

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_z^2}.$$

Похибка базування  $\varepsilon_6=0$ , оскільки базування йде по зовнішній поверхні у трикулачковому самоцентруючому патроні. Зміщення литого отвору відносно зовнішніх поверхонь враховано при розрахунку просторового відхилення  $\Delta$

Похибка закріплення  $\varepsilon_3=90$  мкм,

Отже похибка установки  $\varepsilon_y=90$  мкм.

Залишкова похибка установки після кожного переходу рівна:

Після чорнового розточування:

$$\varepsilon_y=90 \cdot 0,05 = 4,5 \text{ мкм}$$

Після чистового розточування:

$$\varepsilon_y = 90 \cdot 0,04 = 3,6 \text{ мкм.}$$

Знаходимо мінімальні значення міжопераційних припусків

Для чорнового розточування

$$2Z_{i_{\min}} = 2 \left[ (400) + \sqrt{1860^2 + 240^2} \right] = 2 \cdot 2275 \text{ мкм.}$$

Для чистового розточування

$$2Z_{i_{\min}} = 2 \left[ (100 + 100) + \sqrt{4,5^2} \right] = 2 \cdot 504 \text{ мкм}$$

Для тонкого розточування

$$2Z_{i_{\min}} = 2 \left[ (25 + 25) + \sqrt{3,6^2} \right] = 2 \cdot 80 \text{ мкм}$$

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

Тонке розточування

$$d_{p3} = 180,040 \text{ мм.}$$

Чистове розточування

$$d_{p2} = 180,040 - 2 \cdot 0,05 = 179,94 \text{ мм.}$$

Чорнове розточування

$$d_{p1} = 179,94 - 2 \cdot 0,540 = 178,86 \text{ мм.}$$

$$\text{Заготовка } d_{p3} = 178,86 - 4,55 = 174,31 \text{ мм.}$$

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

Тонке розточування

$$\delta = 40 \text{ мкм}$$

Чистове розточування

$$\delta = 100 \text{ мкм}$$

Чорнове розточування

$$\delta = 400 \text{ мкм.}$$

$$\text{Заготовка } \delta = 2800 \text{ мкм.}$$

Мінімальні розміри на переходи визначаємо за формулою

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

на тонке розточування

$$d_{\min3} = 180,000 \text{ мм}$$

на чистове розточування

$$d_{\min 2} = 179,94 - 0,10 = 179,84 \text{ мм}$$

на чорнове розточування

$$d_{\min 1} = 178,86 - 0,4 = 178,46 \text{ мм}$$

для заготовки

$$d_{\min 0} = 174,31 - 2,80 = 171,51 \text{ мм}$$

Визначаєм максимальний припуск за формулою

$$2Z_{\max 3} = 180,00 - 179,84 = 0,160 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max 2} = 179,84 - 178,46 = 1,38048 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max 1} = 178,46 - 171,51 = 6,950 \text{ мм.}$$

Всі розраховані значення заносимо в табл. 1.9

**Таблиця 1.9** – Значення елементів припуску для обробки фланця  $\varnothing 100h8_{-0.054}$

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$ , мкм	dРозрахунковий розмір, мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	$R_z$	T	$\rho$	$\epsilon$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1 Заготовка	400		1860	-	-	174,31	2800	171,51	174,31	-	-
Розточування: -чорнове	100	100	340	2 40	4550	178,86	400	178,46	178,86	45 50	69 50
-чистове	25	25	-	4, 5	1080	179,94	100	179,84	179,94	10 80	13 80
-тонке	5	5	-	3, 6	100	180,04	40	180,00	180,04	10 0	16 0

На решту поверхонь припуски призначаємо з довідників і заносимо в табл. 1.10

**Табл 1.10 – Табличні значення припусків**

Поверхня	Розмір	Припуск	Допуск
3	Ø250	3,8	±0,4
14	Ø 260	4,2	±0,4
29	320	4,6	±0,4
15	18	3,6	±0,25
26	79	4,2	±0,4
10	46,5	3,6	±0,3
25	Ø 171	4,0	±0,4
20	18	3,6	±0,25

Будуємо розрахункову схему припусків на поверхню отвору

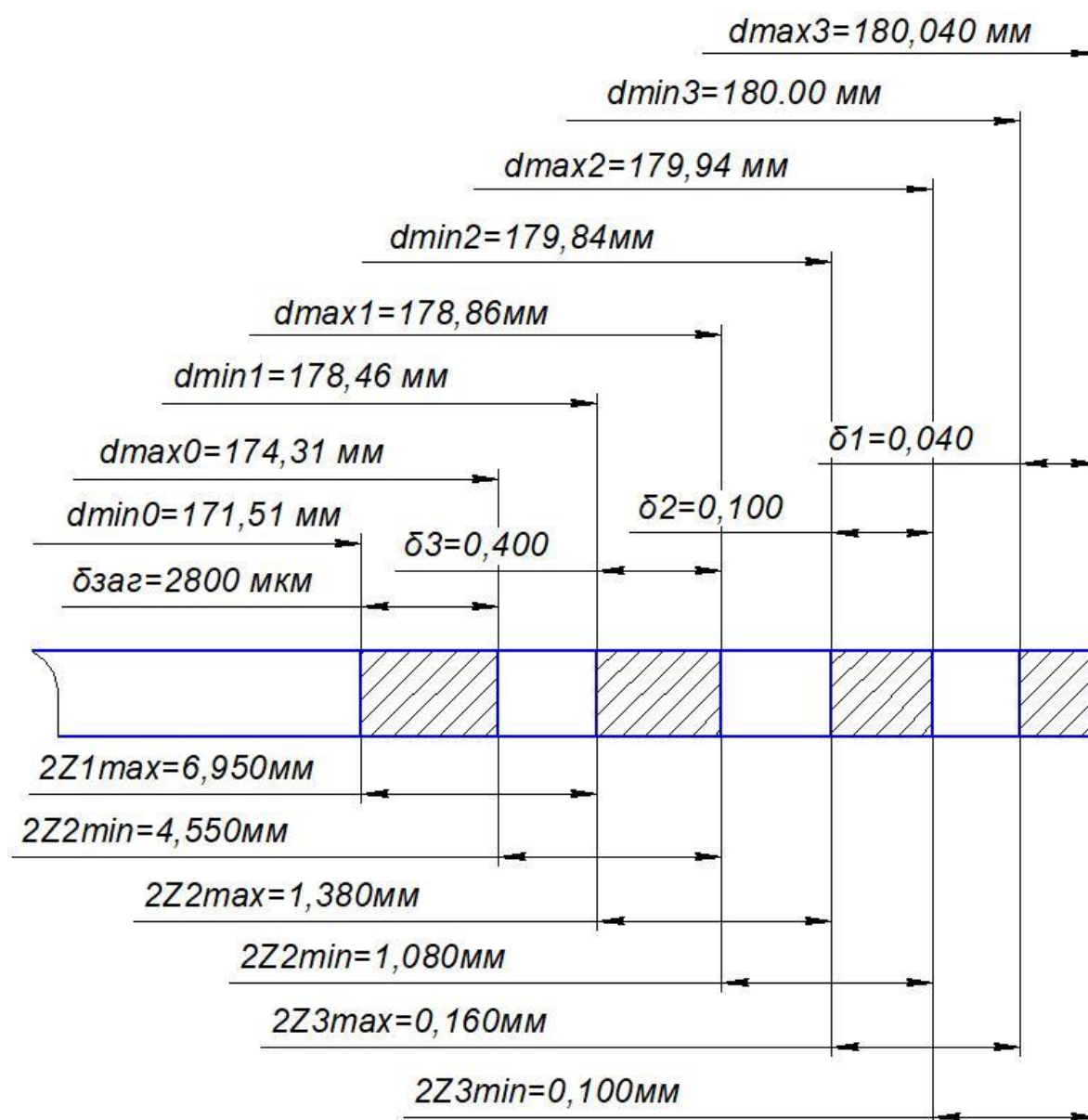


Рисунок 1.10 – Схема графічного розміщення припусків та допусків на обробку поверхні  $\text{Ø}180\text{H}7^{+0,04}..$

## 1.7.2 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання виконується аналітичним (довідник [6]) та нормативним (довідник [4]) методами. Результати розрахунку зведені в таблицю 1.14.

Розрахунок основного часу виконується за формулою:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_f}, \text{ хв ([4], табл. 1, с. 610, 611, 613),}$$

де величина робочого ходу фрези  $L = l + l_1 + l_2$ , мм;

де  $l$  – довжина обробки, мм;

$(l_1 + l_2)$  – значення перебігу та врізання інструменту (довідник [4]), мм;

$i$  – число проходів інструменту;

$n$  – частота обертання шпинделя,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$S_0$  – подача на оберт шпинделя.

Для верстатів, де визначається хвилинна подача,  $S_x = n \cdot S_0$ , – застосовується в знаменнику.

**Розрахунок режимів різання аналітичним методом.**

**Операція 015.** Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК.

Перехід – фрезерний.

Фрезерувати вісім виїмок на торці кришки розмірами 40x60 мм.

Верстат: Фрезерно-свердлильно-розточний з ЧПК мод. Vector 650M HDH.

Потужність двигуна головного приводу  $N_{\text{дв}} = 5.5$  кВт.

ККД головного приводу  $\eta = 0,86$  ([1], с. 95).

Ефективна потужність на шпинделі  $N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5.5 \cdot 0,86 = 4.69$  кВт.

Різальний інструмент: Фреза кінцева К 2216.В.40.Z2.10.R16M D=32мм.

Оброблюваний матеріал Сталь 25Л ГОСТ 977–88,  $\sigma_{\text{в}}=520$ МПа.

Діаметр фрези  $d = 32$  мм, шорсткість обробки  $R_a 12,5$  мкм.

Довжина обробки  $l = 60$  мм.

Довжина робочого ходу  $L = 104$  мм;  $i = 8$ .

## Режими різання.

Глибина різання  $t = 8,0$  мм.

Нормативна подача на один зуб фрези  $S_z = 0,09$  мм/зуб ([6]табл. 35, с. 284).

Подача на оберт шпинделя  $S_0 = S_z \cdot z$ , мм/об.

$$S_0 = 0,09 \cdot 3 = 0,27 \text{ мм/об, – уточнюється після визначення } n.$$

Швидкість різання розрахункова:

$$V_\delta = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S_z^p \cdot t^x \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V, \text{ м/хв.}$$

Період стійкості інструменту  $T = 90$  хв (табл. 40, с. 290):

$$K_V = K_{M_V} \cdot K_{i_V} \cdot K_{L_V}.$$

Поправочний коефіцієнт на:

- оброблюваний матеріал  $K_{M_V} = 1,34$ ; (табл. 3, с. 262);
- на інструментальний матеріал  $K_{i_V} = 1,15$  (табл. 5, с. 263);
- на глибину фрезерування  $K_{L_V} = 0,75$  (табл. 6, с. 263).

$$K_V = 0,804.$$

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

$$C_V = 234; q = 0,4; x = 0,24; y = 0,26; u = 0,1; m = 0,13,$$

$$V_p = \frac{234 \cdot 32^{0,44} \cdot 0,475}{120^{0,37} \cdot 0,09^{0,26} \cdot 8^{0,24} \cdot 32^{0,1} \cdot 2^{0,13}} \cdot 0,804 = 104,98 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 105}{\pi \cdot 32} = 1045 \text{ хв}^{-1};$$

Хвилинна подача  $S_x = S_0 \cdot n \cdot z = 0,12 \cdot 800 \cdot 8 = 768$  мм/хв.

Оскільки швидкості різання, як і значення подач, встановлюються на верстаті безступінчасто, то приймаємо розраховані швидкість різання та подачу.

$$T_0 = \frac{104 \cdot 6}{768} = 3,36 \text{ хв.}$$

Тангенційна сила і крутний момент на шпинделі рівні відповідно:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp}$$

$$M_{kp} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}$$

$$K_p = \left( \frac{\sigma}{750} \right)^n = \left( \frac{520}{750} \right)^{0,3} = 0,89; \text{ де } n = 0,3 \text{ (табл. 9, с. 264).}$$

Коефіцієнти і показники степенів (табл. 41, с. 291):

$$C_p = 12,5; x = 0,850; y = 0,75; u = 1,0; q = 0,73; w = -0,13,$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 8^{0,85} \cdot 0,09^{0,75} \cdot 32^{1,0} \cdot 2}{32^{0,73} \cdot 1045^{-0,13}} \cdot 0,89 = 1557 \text{ Н.}$$

$$M_{kp} = \frac{1557 \cdot 32}{2 \cdot 1000} = 24,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання:

$$N_{piz} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1557 \cdot 105}{1020 \cdot 60} = 2,67 \text{ кВт},$$

$$N_{piz} = 2,67 \text{ кВт} < N_e = 4,675 \text{ кВт}.$$

Верстат за потужністю працездатний.

Прийняті режими різання:

$$t = 8,0 \text{ мм}; S_z = 0,09 \text{ мм/зуб}; T = 120 \text{ хв}; n = 1045 \text{ хв}^{-1}.$$

$$V = 105 \text{ м/хв}; N_{piz} = 2,67 \text{ кВт}; M_{kp} = 24,9 \text{ Нм}; P_z = 1557 \text{ Н}; T_0 = 3,36 \text{ хв}.$$

**Операція 035.** Токарна з ЧПК.

Верстат токарний з ЧПК-Cormak Ecoline 400x1000.

Потужність головного двигуна верстата  $N_{\delta e} = 11 \text{ кВт}$ .

Коефіцієнт корисної дії приводу  $\eta = 0,8$  ([1], с. 95).

Ефективна потужність на шпинделі верстату  $N_e = N_{\delta e} \cdot \eta = 11 \cdot 0,8 = 8,8 \text{ кВт}$ .

Оброблюваний матеріал Сталь 25Л ГОСТ 977–88, границя міцності  $\sigma_B = 520 \text{ МПа}$ .

Оброблювана поверхня – отвір  $\varnothing 180^{+0,04}$

Різальний інструмент: різець розточний 2130-0255 T15K6 ДСТУ 1934-82,.

**Режими різання.**

Глибина різання  $t = 0,07 \text{ мм}$ .

Подача  $S_o = 0,22$  мм/об ([12], К18, с. 63).

Швидкість різання розрахункова:

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

Де  $C_v = 420$ ,  $x = 0.15$ ,  $y = 0,20$ ,  $m = 0,20$

$K_{\mu v} =$

$$K_{\mu v} = \left( \frac{750}{\sigma} \right)^n = \left( \frac{750}{\sigma} \right)^{0,3} = 1.443$$

$K_v = 1.0$ ,  $K_r = 1.0$ ?

$$V_p = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0.07_z^{0,15} \cdot 0.22^{0,2}} \cdot 1.44 = 538.1 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 540}{\pi \cdot 180} = 955 \text{ хв}^{-1};$$

Основний час:

$$T_0 = \frac{46,5 + 3,5}{0,22 \cdot 955} = 0,238 \text{ хв.}$$

Тангенційну силу визначимо за формулою:

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

$C_p = 300$ ,  $x = 1,0$ ,  $y = 0,75$ ,  $n = -0,15$

$$K_{\mu p} = \left( \frac{520}{750} \right)^{0,75} = 0,73$$

$$K_{\varphi p} = 0,8$$

$$K_{\lambda p} = 1,0 \quad \text{табл.23 с.275,}$$

$$K_{\lambda p} = 0,85$$

$$K_p = 0.5167$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.07^{1,0} \cdot 0,22^{0,75} \cdot 540^{-0,15} \cdot 0,5167 = 1356 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1356 \cdot 540}{1020 \cdot 60} = 0,12$$

Операція: Фрезерно-свердлильна.

Перехід: Свердління напрохід восьми отворів  $\varnothing 13$  мм.

Вибираємо свердло фірми серії В4215 типорозміру F25.13 Z1.085 R-2

(двохкромкове, оснащене пластинкою твердого сплаву, праве)

Швидкість різання визначимо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} = 1,38 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,38$$

$$V = \frac{7 \cdot 17^{0,4}}{20^{0,2} \cdot 0,32^{0,7}} \cdot 1,38 = 36,63 \text{ м/хв}$$

$$S = 0,26 \text{ мм/}, C_v = 9,8, q = 0,40, e = 0,50, m = 0,20$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 13^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,26^{0,5}} \cdot 1,38 = 34,57 \text{ м/хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 34,57}{3,14 \cdot 13} = 857 \text{ об/хв}$$

Визначимо крутний момент при свердлінні за формулою:

$$M = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_m = 10 \cdot 0,0345 \cdot 13^{2,0} \cdot 0,26^{0,8} \cdot 0,76 = 15,08 \text{ Н/м}$$

$$C_m = 0,0345, q = 2,0, y = 0,8 \text{ табл. 32 с.281, т2}$$

Осьова сила при свердлінні за формулою

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_m = 10 \cdot 68 \cdot 13^{1,0} \cdot 0,26^{0,7} \cdot 0,76 = 2616 \text{ Н}$$

$$C_p = 0,0345, q = 1,0, y = 0,7 \text{ табл. 32 с.281, т2}$$

Силіві параметри нам будуть потрібні при розрахунку приводу верстатного пристрою.

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{M_z \cdot n}{9750} = \frac{1557 \cdot 105}{1020 \cdot 60} = 1,325 \text{ кВт}$$

## 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. 1.11** – Режими різання для обробки кришки (встановлені табличним методом)

Назва операції та номер переходу	i	t	S			n	V	N
		мм	$\frac{\text{мм}}{\text{об}}$	$\frac{\text{мм}}{\text{зу}}$ $\frac{\text{мм}}{\text{б}}$	$\frac{\text{мм}}{\text{хв}}$	$\frac{\text{об}}{\text{хв}}$	$\frac{\text{м}}{\text{хв}}$	кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фрезерно-свердлильна								
1	1	2,8			650	420	86,3	3,2
2	4	2,55	0,15		300	1260	23,4	0,22
3	4	-	0,75			240	6,3	0,18
4	1	2,8			650	120	80,3	3,2
5	3	2,55	0,15		300	1260	23,4	0,22
6	3	-	0,75			240	6,3	0,18
7	3	4,5	0,31		310	920	27	0,65
Фрезерно-свердлильна								
1	1	2,8			650	420	86,3	3,2
2	1	2,8			650	420	86,3	3,2
3	3	2,4			450	360	48	2,1
4	1	0,5			320	420	42	0,75
5	1	2,4			260	460	22,6	0,8
6	1	2,8			420	460	22,6	0,66
7	2	2,4	0,16			720	56,3	1,54
8	3	2,55	0,15		300	1260	23,4	0,22
9	3	-	0,75			240	6,3	0,18
10	3	2,1	0,14			820	18,4	0,1

								9
11	3	-	0,5			260	7,2	0,1 6
12	3	3,35	0,21			640	7,6	0,2 3
13	3	-	1,0			160	6,6	0,3 2
14	3	2,4			560	420	86,3	1,5
15	1	2,4			560	420	86,3	0,8
16	1	5,25	0,32			355	8,7	2,1
17	1	-	1,5			220	7,2	1,7 6

### 1.7.3 Аналіз точності обробки отвору $\varnothing 180H7^{+0.04}$

Вихідні дані: операція 010.Вертикально-фрезерна з ЧПК

Обробка ведеться на вертикальному обробному центрі з ЧПК мод VMC650, система керування Siemens 808DA.

Матеріал деталі: Сталь 25Л ГОСТ 977–88,  $\sigma_B$  – 520 МПа.

Різальний інструмент: розточний інструмент Novex Precision

В 4030.N6.070-030.Z1.WC04  $\varnothing 180-200$  мм.

Матеріал ріжучої частини: сплав NC7632

Пристрій: фрезерно-свердлильний одномісний з пневмоприводом затиску заготовки.

Геометричні параметри інструменту:  $\varphi = 90^\circ$ ;  $\varphi_1 = 15^\circ$ ;  $\gamma = 12^\circ$ ;  $\lambda = -4^\circ$

Оброблювана поверхня: отвір наскрізний  $\varnothing 180H7^{+0.04}$

Схему обробки зображено на рис. 1 аркуша 4 графічної частини роботи.

Перелічимо похибки, від величини яких залежить значення розміру розточеної циліндричної поверхні, як замикаючої ланки у технологічному розмірному ланцюзі:

$\Delta_b$  – похибка форми від геометричної неточності верстату:

- в радіальному напрямку  $\Delta_b$  – визначається радіальним биттям шпинделя;

- в осьовому напрямку – відхиленням паралельності вісі шпинделя до напрямних станини в горизонтальному напрямку. Ця складова похибки величина постійна;

$\Delta_H$  – похибка налагодження системи ВПД на отримання заданого розміру, вона має випадковий характер при багаторазовому налагодженні;

$\Delta_y$  – похибка, спричинена коливаннями деформації системи ВПД внаслідок зміни сил різання, що залежать від зміни глибини різання від  $t_{\max}$  до  $t_{\min}$  і від зміни механічних властивостей матеріалу;

$\Delta_i$  – похибка, залежна від розмірного спрацювання різального інструменту;

$\Delta_m$  – похибка, спричинена тепловою деформацією інструмента в радіальному напрямі;

Похибками, що виникають в осьовому напрямі, можемо знехтувати.

Схема технологічного розмірного ланцюга зображена на рисунку 3 графічного частини роботи.

Формули для розрахунку складових результуючої похибки та їхні значення, а також джерела інформації і результати розрахунку показані в таблицях 1.11-1.13.

**Таблиця 1.11 – Розрахунок складових похибки обробки.**

Формули та розрахунку похибки розробки	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
1	2	3
$\Delta'_{\epsilon_R} = a'/2 = 0,08/2 = 0,004 \text{ мм};$ $\Delta''_{\epsilon_R} = a''/2 = 0,025/2 = 0,0125 \text{ мм}$ $\Delta_{\epsilon_R} = \Delta'_{\epsilon_R} + \Delta''_{\epsilon_R} = 0,0129 \text{ мм}$	а – радіальне биття шпинделя	$a' = 0,008 \text{ мм};$  Табл.23, ст. 55[5]
$\Delta_H = \sqrt{(\Delta_{\epsilon_{UM}}/2)^2 + \Delta_p^2} =$ $= \sqrt{(0,012/2)^2 + 0,003^2} = 0,0067 \text{ мм}$	$\Delta_{\epsilon_{UM}}$ – похибка вимірювання, мм; $\Delta_\delta$ – похибка регулювання положення різця, мм	$\Delta_{\epsilon_{UM}} = 0,012$ ([4], табл. 20, с. 567) $\Delta_p = 0,003$ ([5], табл. 26, с. 71)
$\Delta_{YR} = 11 \cdot \omega \cdot C_p \cdot S^{Y_{py}} \cdot V^{n_{py}} \cdot K_p \times$ $\times (t_{\max}^{X_{py}} - t_{\min}^{X_{py}}) \cdot \omega =$ $= 1.1 \cdot 243 \cdot 0,22^{0,6} \cdot 201^0 \times 540^{-0,25}$ $\times (0,08^{0,9} - 0,05^{0,9}) \cdot 0,64 \cdot 0,0325 = 0,00162 \text{ мм}$	S, V, $t_{\max}$ , $t_{\min}$ – режими різання; $K_p$ – поправочний коефіцієнт; $C_p$ , $Y_{py}$ , $n_{py}$ , $X_{py}$ – коефіцієнти і показники степенів для визначення $P_y$ , H; $\omega$ – податливість системи ВПД, мкм/Н;	$S = 0,22$ мм/об; $V = 540$ м/хв; $t_{\max} = 0,08$ мм; $t_{\min} = 0,05$ мм – дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки. $C_p = 243$ ; $X_{py} = 0,9$ ; $Y_{py} = 0,0,6$ ; $n_{py} = 0$ ([6], табл. 22, с. 273) $\omega_{in} = \frac{71}{1960} = 0,0325$ мкм/Н

Продовження таблиці 1.11.

1	2	3
		$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi_{py}} \cdot K_{\gamma_{py}} \cdot K_{\lambda_{py}}$ <p>,</p> $K_{Mp} = 1 \text{ ([6], табл. 9 с. 264)}$ $K_{\varphi_{py}} = 0,77; K_{\gamma_{py}} = 1,0;$ $K_{\lambda_{py}} = 1 \text{ ([6], табл. 23, с. 275)}$ $K_p = 1 \cdot 0,77 = 0,77$
$\Delta_{mHR} = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_{nR}^2 + \Delta_y^2} + \Delta_\epsilon =$ $= 1,2 \cdot \sqrt{0,01122^2 + 0,0016^2} + 0,0129 =$ $= 0,0265 \text{ мм};$ $\Delta_{mH} = 2 \cdot \Delta_{mHR} = 2 \cdot 0,0265 = 0,0530 \text{ мм}$	$\Delta_{mH}$ – похибка МИТТЄВОГО розсіювання розміру з врахуванням похибки налагоджування з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні	
$\Delta_i = U_0 \cdot (1 + V \cdot \tau / 1000) =$ $= 1,2 \cdot \left(1 + \frac{540 \cdot \tau}{1000}\right) =$ $= 1,2 \cdot (1 + 0,54 \cdot \tau)$	$\tau$ – час обробки, хв; $U_0$ – відносне спрацювання різця, мкм/км.	$\tau$ – змінна величина; $U_0 = 1,2 \text{ мкм/км}$ ([5], табл. 28, с. 74)
$\Delta T = -C \frac{L_p}{F} \cdot \sigma_\epsilon \cdot (t \cdot S)^{0,75} \cdot V^{0,5} \times$ $\times \frac{T_0}{T_0 + T_{nep}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}}\right) =$ $= 4,5 \cdot \frac{18}{600} \cdot 52 \cdot (0,07 \cdot 0,22)^{0,75} \cdot 538^{0,5} \cdot$ $\cdot \frac{0,238}{0,238 + 4,2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{16}}\right) =$ $3,85 \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{4}}\right)$	$C$ – константа; $L_p, F$ – виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм <sup>2</sup> ; $\sigma_\epsilon = 524$ МПа – границя міцності оброблюваного матеріалу, кгс/мм <sup>2</sup> ; $t, S, V$ – режими різання; $T_0, T_{nep}$ – основний час обробки і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв; $\tau_m$ – константа знаходиться в межах 12-24 хв	$C = 4,5$ $L_p = 18 \text{ мм};$ $F = 600 \text{ мм}^2;$ $t = 0,07 \text{ мм}; S = 0,22 \text{ мм/об};$ $V = 538 \text{ м/хв};$ $T_0 = 0,238 \text{ хв}; T_{nep} = 4,2 \text{ хв};$ $\tau_m = 20 \text{ хв.}$ – постійна величина.

Таблиця 1.12 – Результати розрахунку систематичної похибки в мкм.

$\tau, \text{хв}$	0	2	4	8	$\frac{1}{2}$	16	$\frac{2}{0}$	$\frac{3}{0}$	40	60	80
$\Delta_i$	0	-2,4	3,79	6,38	8,98	11,57	-14,1	20,64	-27,12	-40,08	-53,04
$\Delta_m$	0	1,27	2,12	3,07	3,50	3,69	3,78	3,84	3,85	3,85	3,85
$\Delta_{\text{сум}} = 2 \cdot (\Delta_i - \Delta_m)$	0	2,45	3,34	9,93	10,9	15,8	20,76	33,6	-46,5	-72,5	-99,1

Теоретична діаграма точності обробки показана на рисунку графічної частини. 2 діаграми визначаємо технологічну стійкість інструмента  $T_T = 36$  хв.

Оскільки  $T_e > T_T$ , то загальна похибка обробки складає (по діаграмі):

$$\Delta_{\text{сум}} = 0,040 \text{ мм.}$$

Налагоджувальний розмір при симетричному розсіюванні поля:

$$D_{\text{налаг}} = D_{\text{мак}} - 0,5 \cdot \Delta_{\text{мн}} - \Delta_{\text{сум.мін}} - (T - \Delta_{\text{сум}}) / 2, \text{ мм.}$$

$$D_{\text{налаг}} = 180,04 - 0,0138 = 180,0262 \text{ мм}$$

Найбільше граничне значення розміру  $D_{\text{мак}} = 180,040$  мм

Питома вага  $C_j$  первинних похибок обробки в загальній похибці:

$$C_j = (\Delta_j / \Delta_{\text{сум}}) \cdot 100\%,$$

де  $\Delta_j$  – величина  $j$ -ої похибки.

Результати розрахунку  $C_j$  приведені в таблиці 1.16, на підставі котрих побудована гістограма похибок обробки, рисунок 4 графічної частини.

**Таблиця 1.13 – Результати розрахунку  $C_j$ .**

Позначення похибки $\Delta_j$	$\Delta_v$	$\Delta_n$	$\Delta_y$	$\Delta_{\text{мн}}$	$\Delta_i$	$\Delta_m$	$\Delta_{\text{сум}}$
Значення похибки $\Delta_j$	0,0 26	0,0 07	0,00 4	25	0,0 53	0,0 004	0,0 99
$C_j, \%$	65	16, 8	2,7	56	60, 8	0,1 2	94, 5

З гістограми видно, що домінуючими похибками обробки є: похибка від розмірного спрацювання різця, похибки миттєвого розсіювання розмірів, а саме похибка від геометричної неточності верстата і похибка налагодження.

Основними заходами по забезпеченню точності та підвищенню надійності обробки можуть бути – використання інструмента з вищою стійкістю і використання верстата з вищою геометричною точністю.

## 1.8 Автоматизоване проектування операції фрезерування виїмок

Програмне забезпечення технологічної підготовки виробництва дають можливість спроектувати технологічну операцію (токарну, фрезерну, свердлильну тощо), включаючи опції вибору інструменту, оснащення, структури переходів, режимів різання. При цьому є можливість коригувати окремі параметри операції на будь-якій стадії проектування. Вихідним завданням для такого проекту, як правило, є віртуальна модель деталі, в деяких випадках заготовки.

Перед нами стоїть завдання розробити операцію обробки виїмок глибиною 9 мм, довжиною 60 мм розміром з радіусним закінченням  $R = 20$  мм у нижньому (за кресленням) торці кришки.

Застосуємо для цього програму Sprut CAM 2007.

Найперше треба згідно до креслення створити 3D твердотільну модель кришки в натуральну величину у CAD програмі Solid Works 2016.

Для роботи треба пере зберегти файл у *step* – форматі.

Першим етапом роботи у Sprut CAM є імпорт файла з моделлю деталі в робоче середовище (рис. 1.11). Використовуємо закладку панелі “Імпорт”.

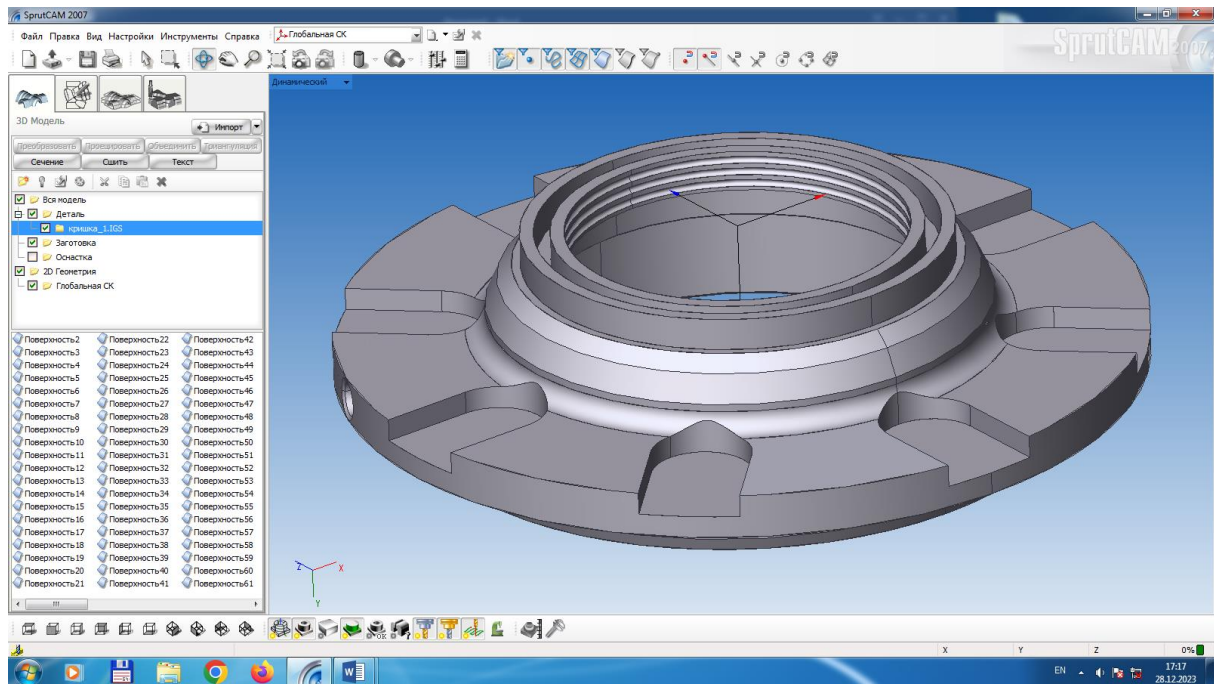


Рис. 1.11 – Завантаження файлу моделі в середовище Sprut CAM з модифікованою системою координат

Для подальших дій треба створити локальну систему координат, узгоджену із СК верстату.

Переходимо на закладку “Технологія”, вибираємо тип операції (фрезерна) і тип верстата – чотирьох координатний фрезерний у закладці “Верстат”.

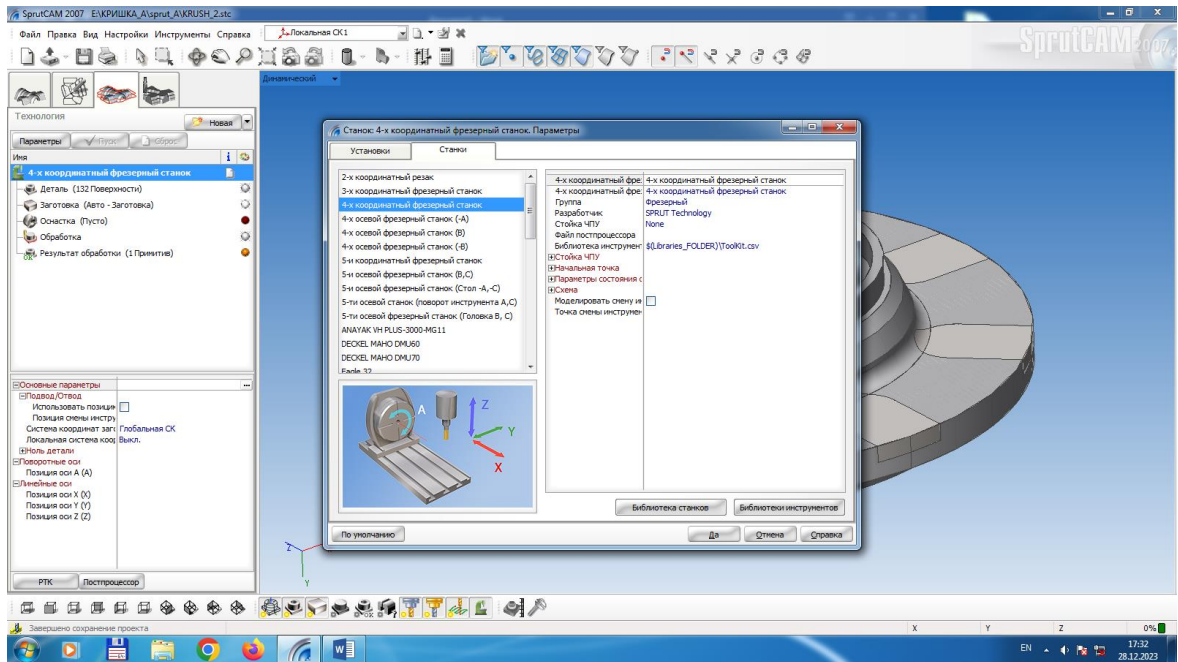


Рис. 1.12 – Вибір типу верстата

Щоб створити заготовку кришки, на моделі деталі виділяємо поверхні, які треба обробити (“Заготовка”). Це видно з рис. 1.13. На фрагменті виділене дно виїмки. Програма автоматично заповнює порожнини і формує поверхні на заготовці.

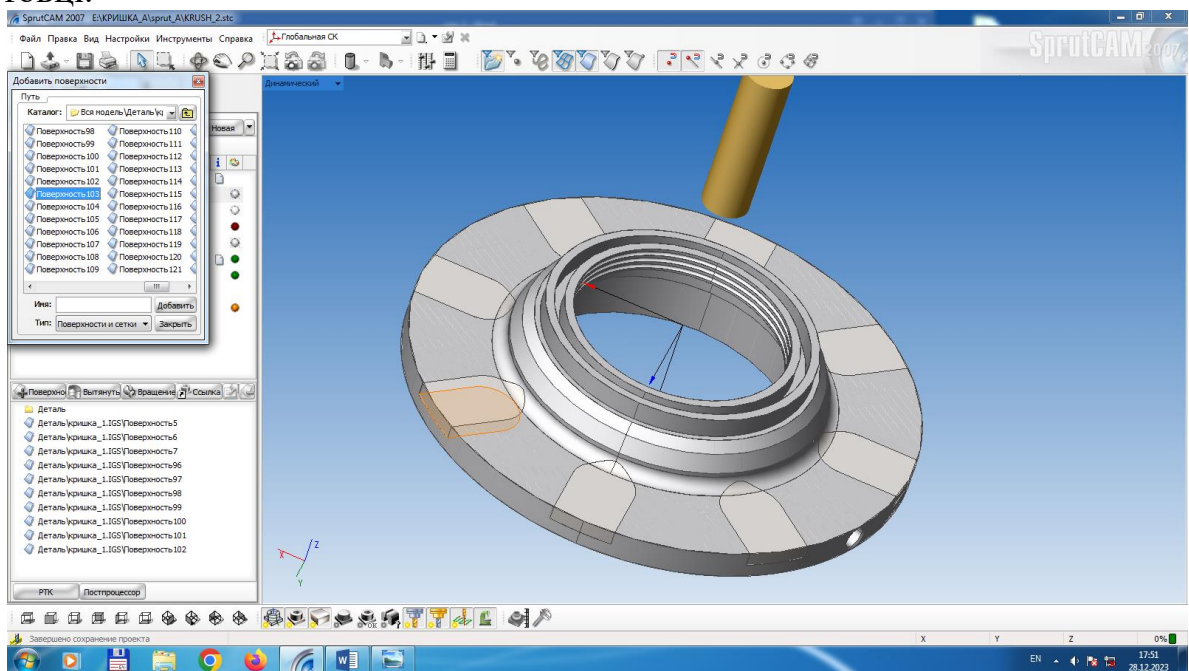


Рис. 1.13 – Виділення поверхонь для створення заготовки

Натискаємо кнопку “Новая” і формуємо робоче завдання – вказуємо поверхні, які треба обробити.

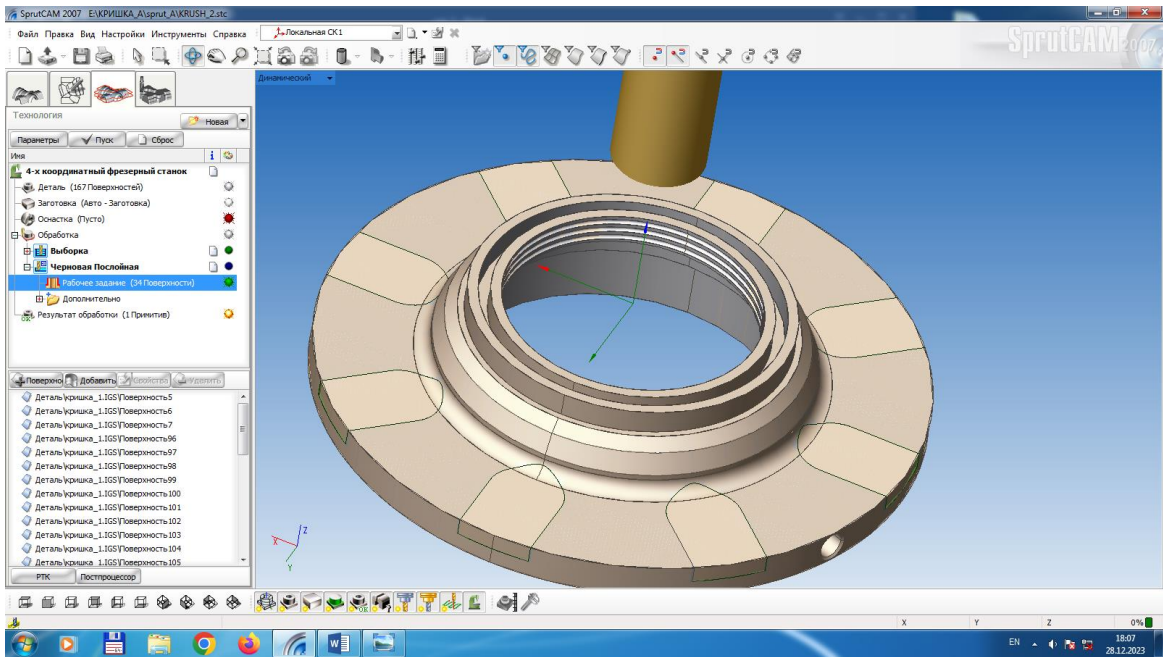


Рис. 1.14 – Створення робочого завдання

У вікні “Операція чорнова пошарова” відкриємо закладку “Інструмент” і задамо фрезу кінцеву діаметром 30 мм і довжиною 130 мм (рис. 1.15).

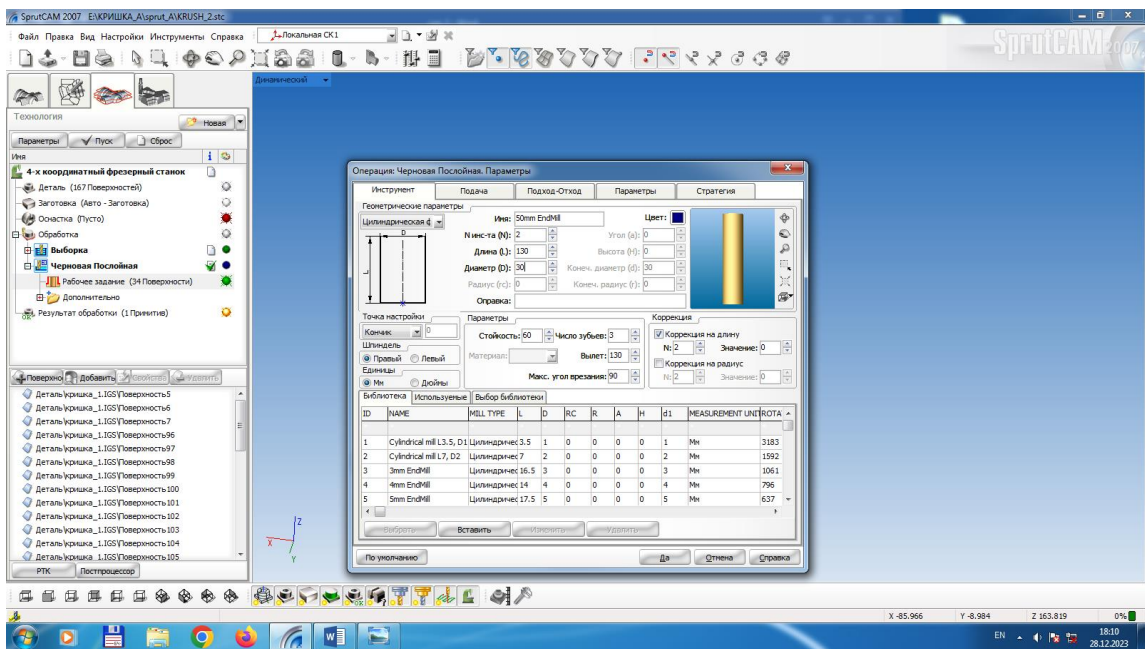


Рис. 1.15 – Вибір різального інструмента

В наступній закладці встановлюємо поздовжню подачу фрези – 200 мм/хв і частоту обертання шпинделя 105 об/хв (рис. 1.15).

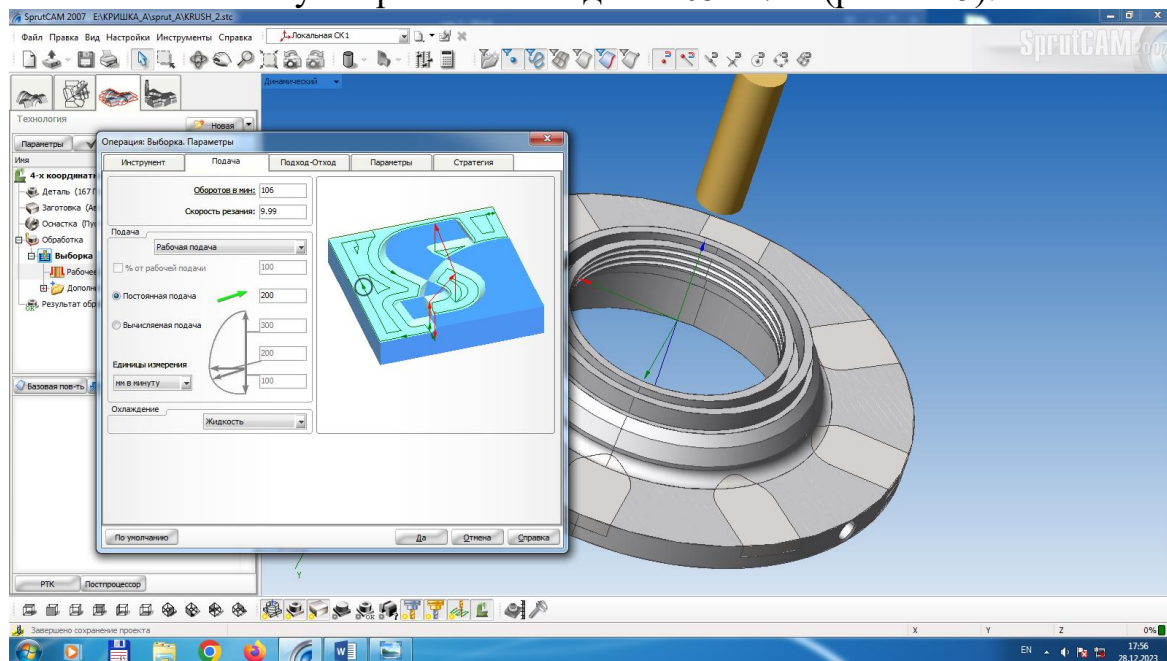


Рис.1.16– Задання режимів різання при фрезеруванні

Вказуємо спосіб підводу – відводу інструмента (див. рис.1.17) і стратегію обробки (див. рис.1.18).

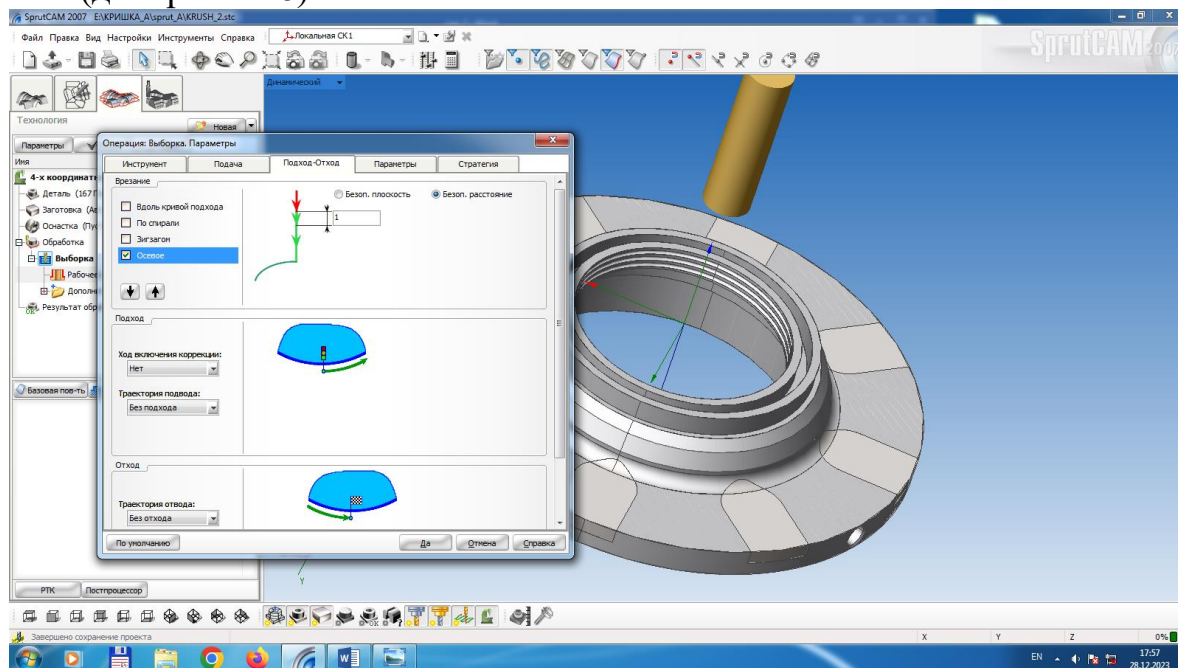


Рис.1.17 – Задання способу підводу – відводу фрези  
Під стратегією розуміємо послідовність робочих переходів.

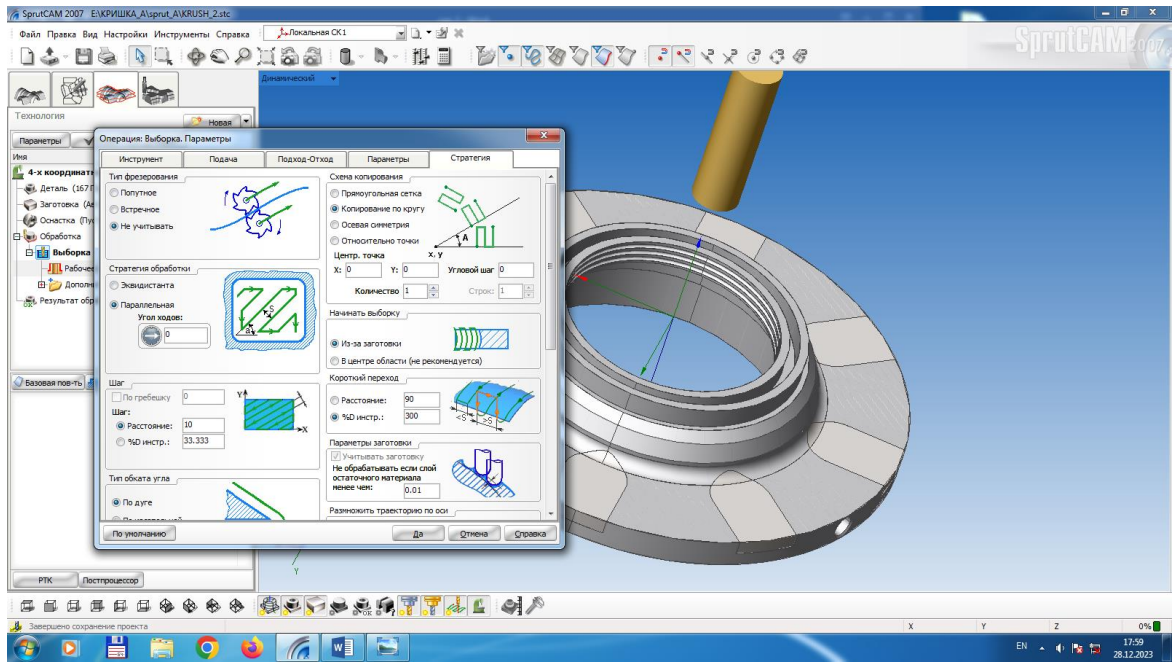
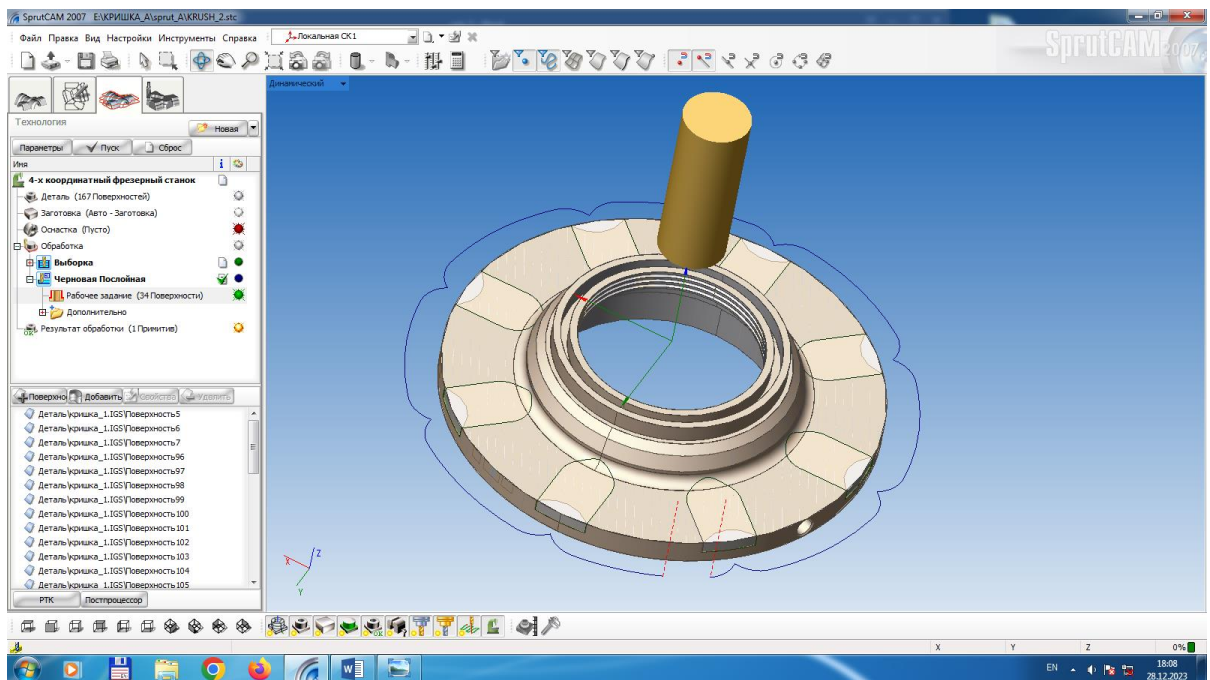
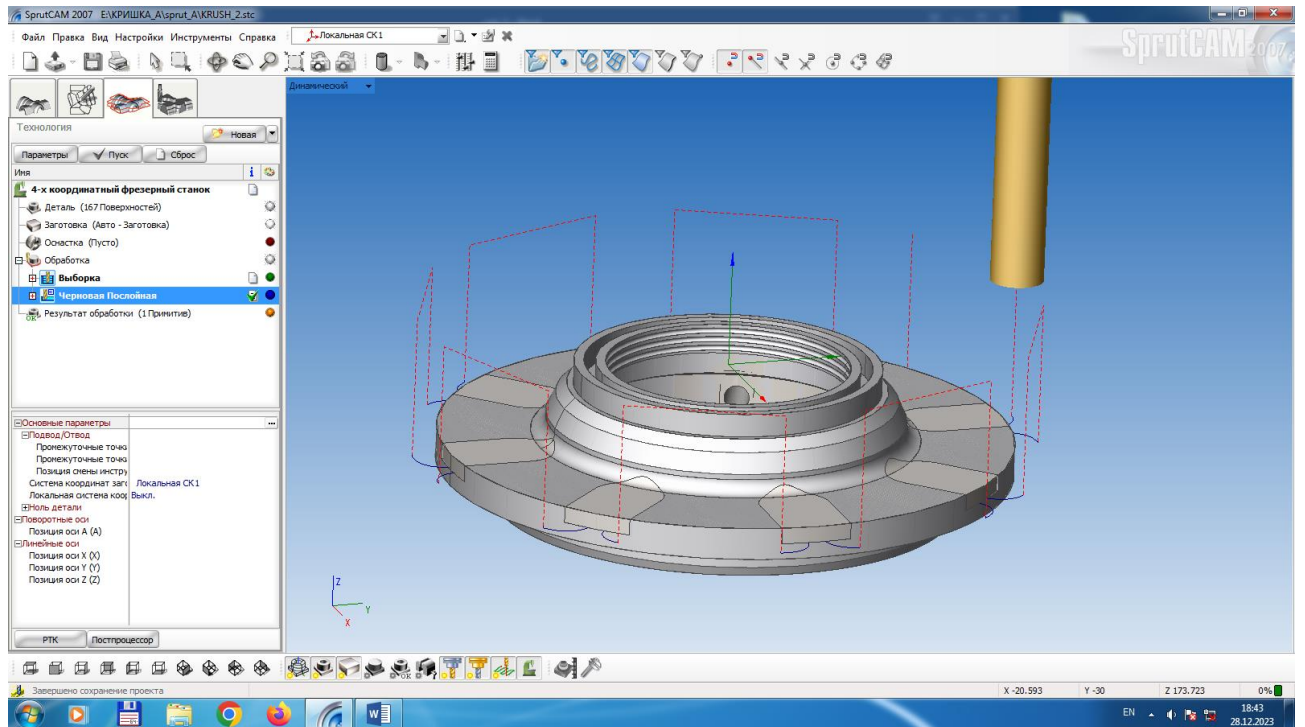


Рис.1.18 – Задання послідовності робочих переходів.

Натискаємо кнопку “Пуск” і отримуємо потрібний продукт – фрезерну операцію. На рисунку 1.19 а,б зображено заготовку та фрезу у вихідній позиції (а) та на початку першого проходу (б).

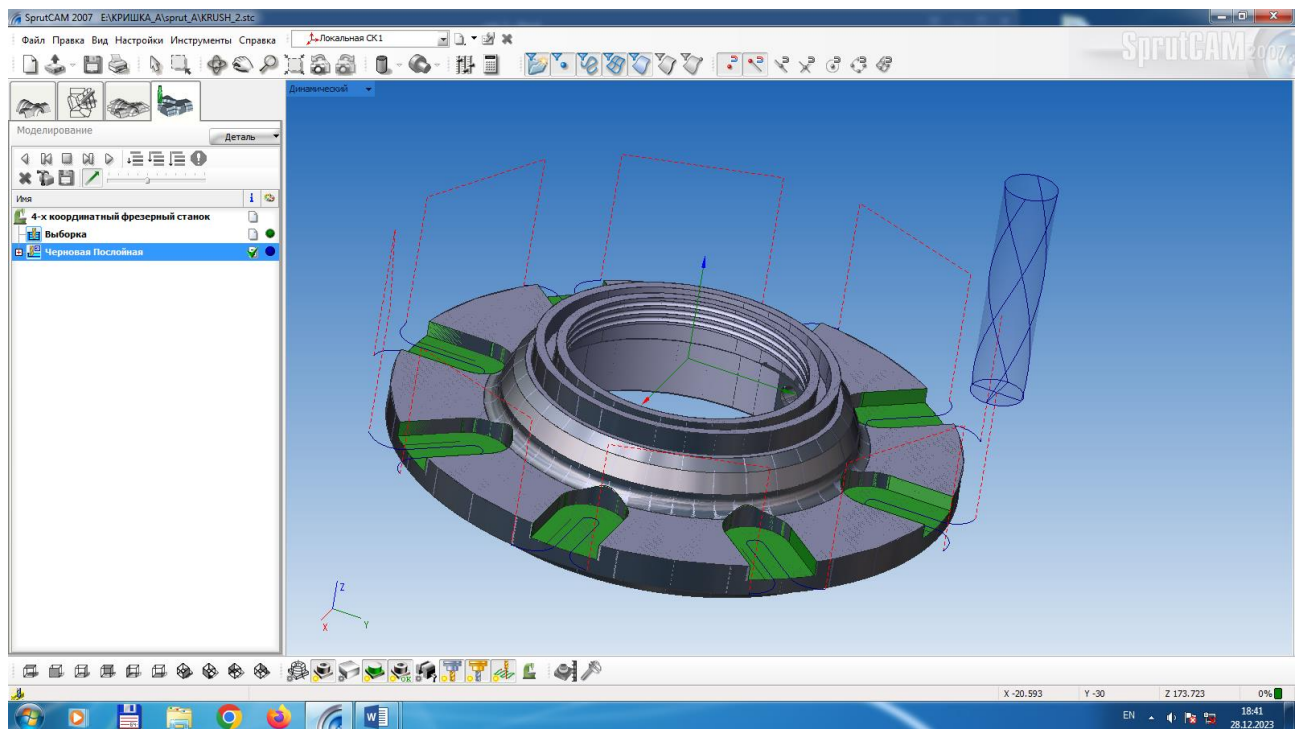


а)

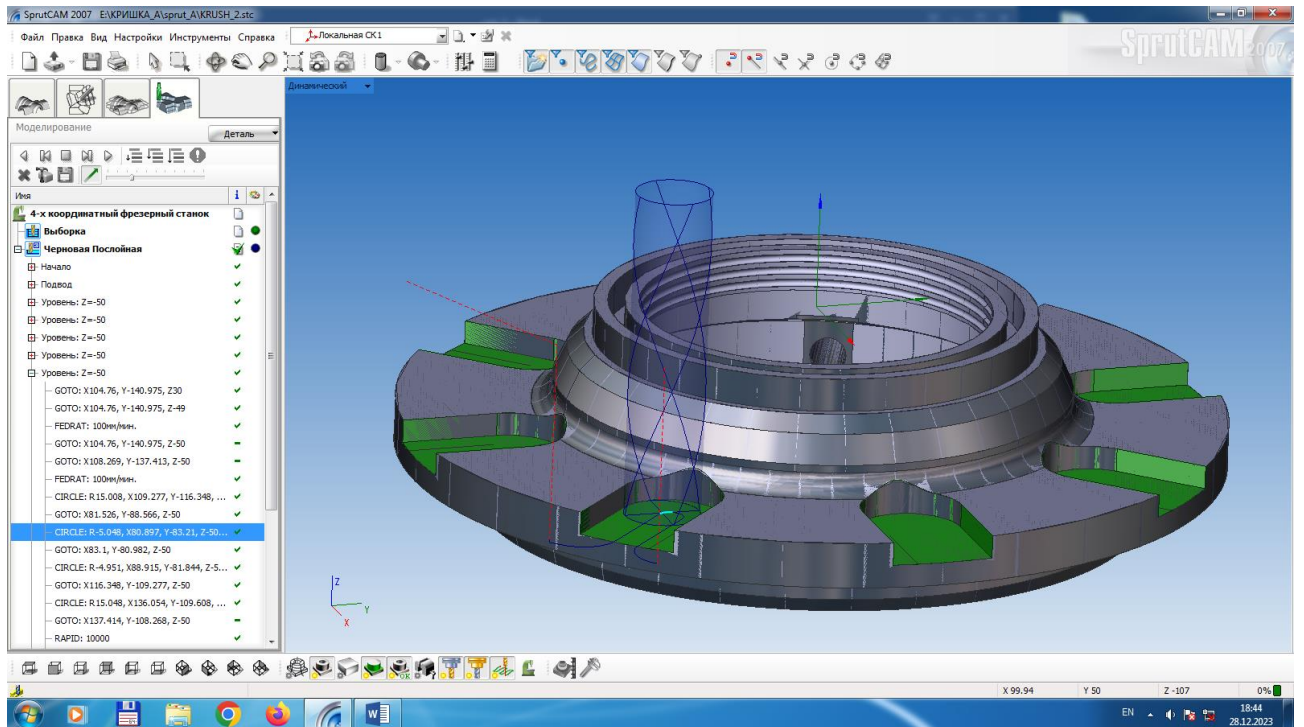


б)  
Рис. 1.19 – Инструмент перед обработкой

Переходимо на закладку “Модельвання”, вмикаємо імітацію обробки і маємо зображення фрагментів технологічних проходів з траєкторією перміщення фрези (рис.1.20, а), зокрема із винесеними поточними координатами кадрів (б).



а)



б)

Рис. 1.20 – Иллюстрация кадров обработки у закладці “Моделювання”

Щоб отримати програму для системи ЧПК Fanuc 00, переходимо у закладку “Технологія”, вмикаємо постпроцесор і генеруємо програму (рис. 1.21)

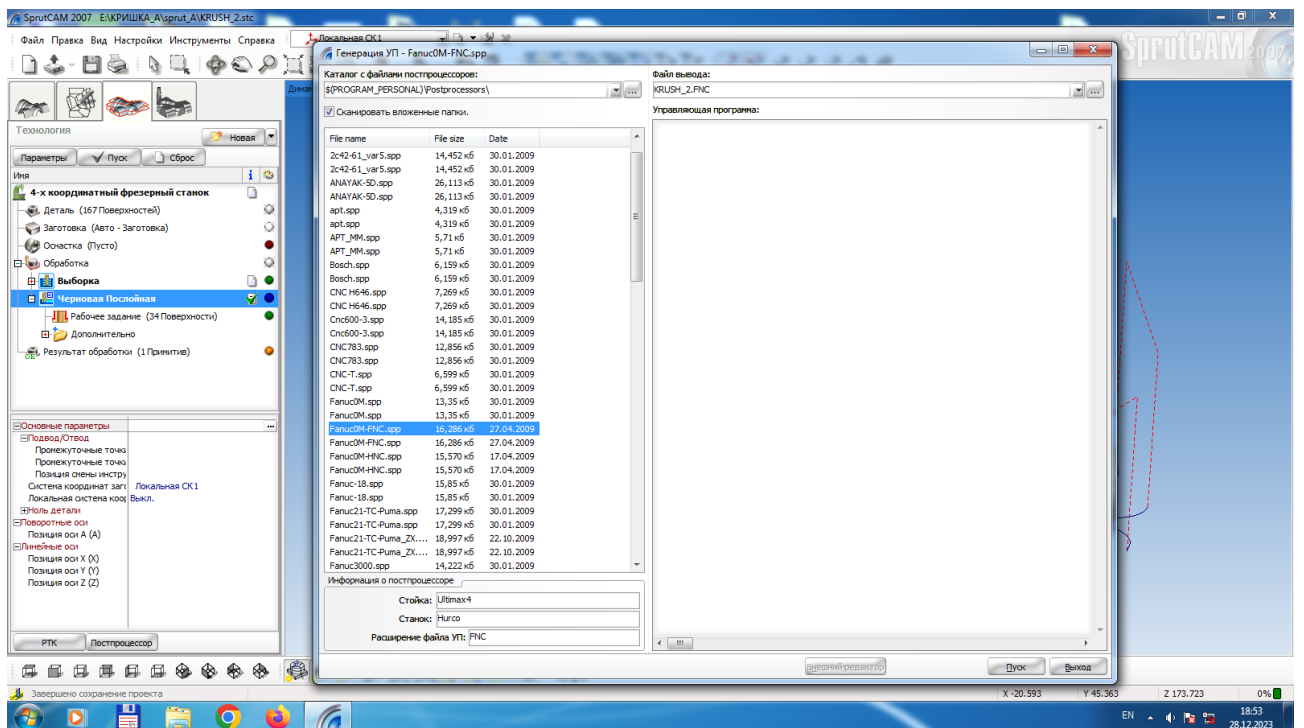


Рис. 1.21 – Генерація керуючої програми для системи ЧПК

Програма  
%  
(KRUSH\_2)  
G90

N2 (CHernivàya Pìslìjnàya)  
N3 G54 G17 T02 M06  
N4 (50mm EndMill)  
N5 G43 H02 Z0. S64 M03  
N6 G00 X-104.751 Y140.984 Z30.  
N7 Z-49.  
N8 G01 Z-50. M08 F100.  
N9 X-108.26 Y137.422  
N10 G03 X-109.277 Y116.348 R15.009  
N11 G01 X-81.526 Y88.566  
N12 G02 X-80.898 Y83.209 R5.047  
N13 G01 X-83.099 Y80.983  
N14 G02 X-88.915 Y81.844 R4.951  
N15 G01 X-116.348 Y109.277  
N16 G03 X-136.054 Y109.608 R15.048  
N17 G01 X-137.418 Y108.264  
N18 G00 Z30.  
N19 X-173.774 Y25.602  
N20 Z-49.  
N21 G01 Z-50.  
N22 X-173.722 Y20.602  
N23 G03 X-158.745 Y5. R14.99  
N24 G01 X-120.273 Y4.978  
N25 G02 X-116.041 Y1.634 R5.047  
N26 G01 X-116.024 Y-1.497  
N27 G02 X-120.745 Y-5. R4.951  
N28 G01 X-159.541  
N29 G03 X-173.709 Y-18.7 R15.048  
N30 G01 X-173.723 Y-20.596  
N31 G00 Z30.  
N32 X-140.968 Y-104.767  
N33 Z-49.  
N34 G01 Z-50.  
N35 X-137.406 Y-108.276  
N36 G03 X-116.348 Y-109.277 R15.008  
N37 G01 X-88.566 Y-81.526  
N38 G02 X-83.21 Y-80.897 R5.048  
N39 G01 X-80.982 Y-83.1  
N40 G02 X-81.844 Y-88.915 R4.951  
N41 G01 X-109.277 Y-116.348  
N42 G03 X-109.608 Y-136.054 R15.048  
N43 G01 X-108.272 Y-137.409  
N44 G00 Z30.  
N45 X-25.615 Y-173.774  
N46 Z-49.  
N47 G01 Z-50.  
N48 X-20.615 Y-173.722

N49 G03 X-5. Y-158.745 R14.991  
N50 G01 X-4.978 Y-120.273  
N51 G02 X-1.635 Y-116.041 R5.047  
N52 G01 X1.497 Y-116.024  
N53 G02 X5. Y-120.745 R4.951  
N54 G01 Y-159.541  
N55 G03 X18.7 Y-173.709 R15.048  
N56 G01 X20.608 Y-173.723  
N57 G00 Z30.  
N58 X104.76 Y-140.975  
N59 Z-49.  
N60 G01 Z-50.  
N61 X108.269 Y-137.413  
N62 G03 X109.277 Y-116.348 R15.008  
N63 G01 X81.526 Y-88.566  
N64 G02 X80.897 Y-83.21 R5.048  
N65 G01 X83.1 Y-80.982  
N66 G02 X88.915 Y-81.844 R4.951  
N67 G01 X116.348 Y-109.277  
N68 G03 X136.054 Y-109.608 R15.048  
N69 G01 X137.414 Y-108.268  
N70 G00 Z30.  
N71 X173.774 Y-25.615  
N72 Z-49.  
N73 G01 Z-50.  
N74 X173.722 Y-20.615  
N75 G03 X158.745 Y-5. R14.991  
N76 G01 X120.273 Y-4.978  
N77 G02 X116.041 Y-1.634 R5.047  
N78 G01 X116.024 Y1.497  
N79 G02 X120.745 Y5. R4.951  
N80 G01 X159.541  
N81 G03 X173.709 Y18.7 R15.048  
N82 G01 X173.723 Y20.604  
N83 G00 Z30.  
N84 X140.968 Y104.766  
N85 Z-49.  
N86 G01 Z-50.  
N87 X137.406 Y108.275  
N88 G03 X116.348 Y109.277 R15.008  
N89 G01 X88.566 Y81.526  
N90 G02 X83.209 Y80.898 R5.047  
N91 G01 X80.983 Y83.099  
N92 G02 X81.844 Y88.915 R4.951  
N93 G01 X109.277 Y116.348  
N94 G03 X109.608 Y136.054 R15.048  
N95 G01 X108.277 Y137.405

N96 G00 Z30.  
N97 X25.603 Y173.774  
N98 Z-49.  
N99 G01 Z-50.  
N100 X20.603 Y173.722  
N101 G03 X5. Y158.745 R14.99  
N102 G01 X4.978 Y120.273  
N103 G02 X1.634 Y116.041 R5.047  
N104 G01 X-1.496 Y116.023  
N105 G02 X-5. Y120.745 R4.951  
N106 G01 Y159.541  
N107 G03 X-18.7 Y173.709 R15.048  
N108 G01 X-20.593 Y173.723  
N109 G00 Z30.  
N110 G40 M30 M05 M09  
%

Таким чином, САПР ТП дозволяє створити програмний продукт для безпосереднього застосування в умовах середньосерійного виробництва.

## 2.Конструкторський розділ

### Проектування верстатного пристрою для фрезерно-свердлильної операції з ЧПК 010

#### 2.1 Призначення, конструкція та опис роботи пристрою

Пристрій встановлюється на фрезерно-свердлильному верстаті з ЧПК моделі VECTOR 650 M HDH і служить для базування і закріплення кришки при фрезеруванні восьми радіальних виїмок, свердлінні отворів, паралельних осі деталі та фрезеруванні внутрішньої радіусної виїмки.

Четвертий аркуш графічної частини роботи містить креслення пристрою.

Базовою деталлю пристрою служить основа 1, на якій у виточці встановлена кришка нижня 2 пневмоциліндра. Співвісно на кришці 2 встановлені гільза 3, верхня кришка 4 і планшайба 9, що в нижньому торці має посадкову виточку. У циліндрі переміщається вертикально поршень 6. Останній зафіксований на штоці 5 різною гайкою 17. Від самовільного розкручування у гайку вкручений гвинт 16. Такою ж гайкою на верхній ступені штока 5 закріплений розтискний конус 29. Ущільнення кришок пневмоциліндра, штока і поршня здійснюється гумовими кільцями 7, 8 та 27. Весь вузол кріпиться до основи чотирма болтами 14 з шайбами 15.

На планшайбі 9 рівномірно по колу болтами 22 закріплені три пластини 21, у яких ковзають повзуни 23 із округленими торцями. Одним кінцем повзуни контактують з поверхнею конуса, а іншою – з внутрішньою циліндричною поверхнею заготовки. До конуса повзуни підтискаються пружинами 25.

На верхній ступені штока посаджене коромисло 18, яке притискається до заготовки через пружинні шайби 19, різні шайбу 24 і гайку 20. Зусилля

осьового затиску заготовки регулюється числом пружинних шайб і гайкою 20. На периферії планшайби осесиметрично по дотичній до кола закріплені болтами 11 стандартні призматичні опорні пластини 10, на яких встановлюється заготовка.

На столі верстата пристрій виставляється призматичною стандартною шпонкою 26, яка вставляється у паз стола верстата.

Пристрій працює так.

Спершу подають стиснене повітря у нижню порожнину циліндра 3 і поршень 6 переміщається вгору. Заготовку кришки розточкою вниз ставлять нижнім торцем на очищені поверхні опорних пластин 10 і попередньо центрують шаблоном. На верхній кінець штока 5 насаджують коромисло 18, пружинні 19 та розрізну 24 шайби.

Подають стиснене повітря у верхню порожнину циліндра 3. При цьому поршень 6 з штоком 5 переміщаються вниз. Конус 29 синхронно розводить центруючи повзуни до контакту з деталлю, а розрізна шайба тисне на коромисло 18, яке затискає деталь у пристрої. Обертанням гайки 20 регулюють зусилля затиску деталі. Щоб зніти оброблену деталь, виконують тіж самі дії у зворотньому порядку.

## 2.2 Розрахунок пневмоприводу пристрою

Проаналізуємо силові фактори, що виникають у процесі обробки деталі на пристрої. Під час свердління отворів крутний момент порівняно з моментом від дії фрези невеликий, а осьова сила притискає заготовку до установчих поверхонь пристрою. Під час фрезерування виїмок на деталь діє великий крутний момент від фрези у горизонтальній площині. Це зумовлено великим кутом контакту зубів фрези з деталлю. Таким чином, нам треба усунути

провертання заготовки крутним моментом відносно установчих поверхонь пристрою. Силовий розрахунок полягає у визначенні результуючого моменту тертя від сил затиску деталі коромислом та повзунам , і, в кінцевому результаті, діаметра пневмоциліндра.

Складемо схему пристрою із вказанням потрібних сил та моментів для розрахунку сили на штоці пневмоциліндра. Осьовими силами при свердлінні нехтуємо.

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

Зі схеми дії сил видно, що на деталь діє крутний момент сил різання від кінцевої фрези діаметром 32 мм. Щоб утримати заготовку під час обробки, треба прикласти момент тертя по торцевій поверхні  $\varnothing 165$  мм через двоплечий важіль (коромисло) та по внутрішній циліндричній поверхні  $\varnothing 180$  мм через – три радіально розміщені повзуни. Останні розтиснені конусом, що знаходиться на штоці пневмоциліндра.

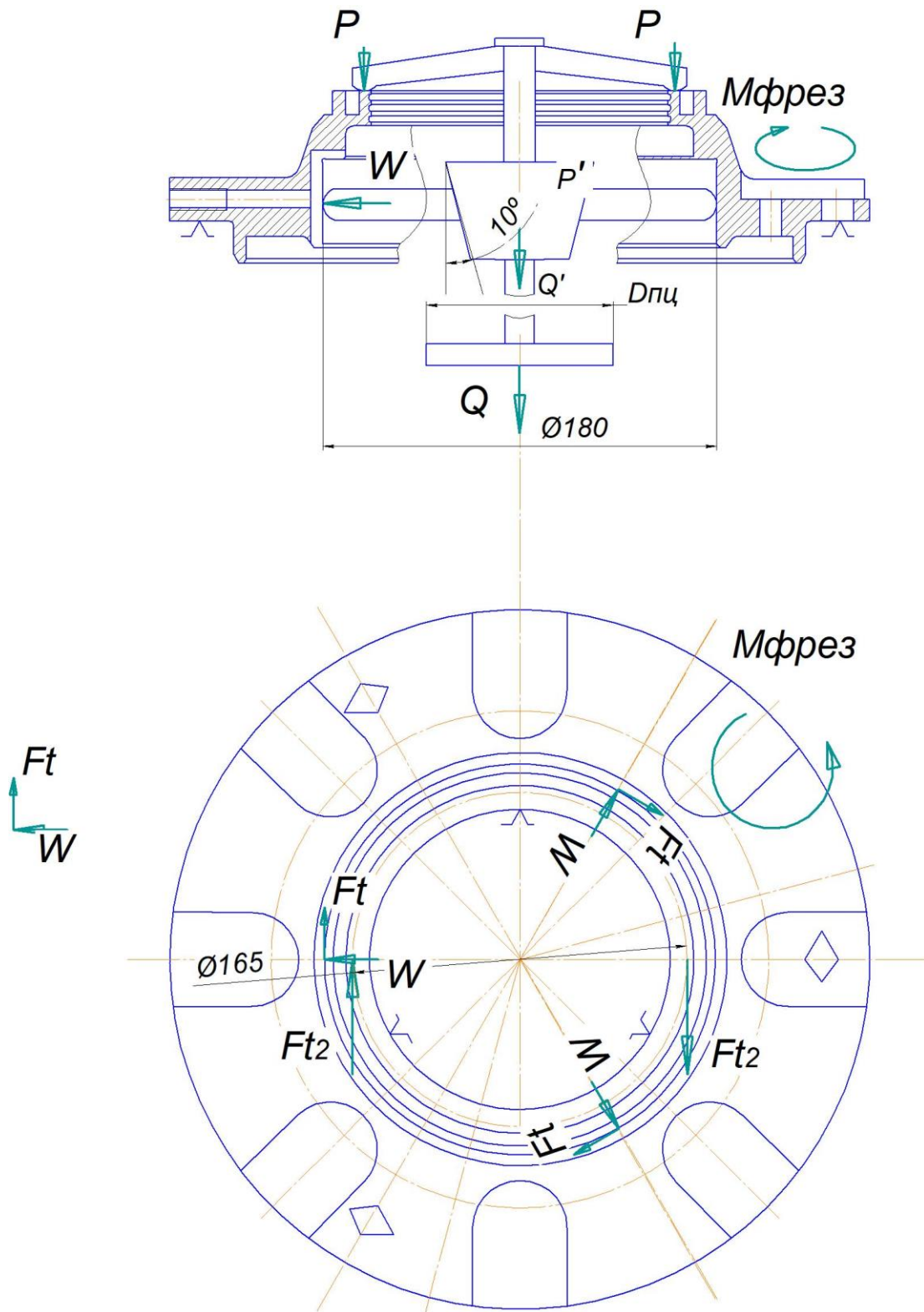


Рис. 2.1 - Розрахункова схема фрезерно-свердлильного пристрою

Вихідними даними є:

- момент свердління  $M_{св}=24,9$  Нм (з розрахунків режимів різання);
- коефіцієнт тертя між поверхнями заготовки і важелями  $f = 0.15$ ;
- діаметр затискної поверхні деталі по верхньому торцю  $d = 0.165$  м;
- діаметр затискної поверхні по отвору  $D = 0,18$  м;
- тиск у пневмомережі  $p = 0,63$  МПа.

Коефіцієнт запасу приймаємо  $k = 1,6$ .

Сумарна сила затиску на штоці пневмоциліндра буде сумою тягових зусиль  $P$  для притискання коромисла по верхньому торцю

$$P' = 2P$$

та тягового зусилля  $Q'$  для роз тискання повзунів у напрямних

$$Q' = 3W / i.$$

$$Q = Q' + P'.$$

Сили тертя по верхньому торцю і по отвору будуть відповідно рівні

$$F_{t1} = W \cdot f, \quad F_{t2} = P \cdot f$$

Рівняння рівноваги запишеться таким чином:

$$M_{фрез} \cdot K = \sum M_T;$$

де  $M_{фрез} = 24,9$  Нм – крутний момент при фрезеруванні виїмки;

$\sum M_T$  – сумарний момент сил тертя по поверхнях затиску.

Рівняння моментів від сил тертя запишуться так:

$$M_{t1} = 3F_{t1} \cdot 0.18 / 2 = 3 \cdot 2P / 3i = 2P / i \cdot 0.18 / 2,$$

$$M_{t2} = 2F_{t2} \cdot 0.165 / 2 = 2P \cdot f \cdot 0.165 / 2 = P \cdot f \cdot 0.165.$$

Тоді результуюче рівняння рівноваги

$$M_{фрез} \cdot K = M_{f1} + M_{f2} = P/i \cdot 0.18 + P \cdot f \cdot 0.165$$

Прийmemo, що  $Q' = P'$ .

Тоді  $Q = 4 \cdot P$ .

З попередніх рівнянь маємо

$$Q = 4 \cdot \frac{1.6 \cdot 24.9}{0.15 \cdot (0.165 + 0.180/2.6)} = 4553 N,$$

Де  $f = 0.15$  – коефіцієнт тертя,  $i = 2,6$  – передавальне число клинового механізму затиску

Тягове зусилля на штоці пневмоциліндра буде рівне

$$Q = 0.785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta,$$

Де  $d = 0.038$  м – діаметр штока,

$p = 6300$  Па – тиск в пневмомережі,

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

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0.785 \cdot p \cdot \eta} + d^2} = \sqrt{\frac{4553}{0.785 \cdot 6300 \cdot 0.9} + 0.038^2} = 0,048 \text{ м}.$$

З конструктивних міркувань прийmemo діаметр рівним 150 мм.

Тоді дійсна сила на штоці циліндра буде рівна

$$Q = 0.785 \cdot (0.15^2 - 0.04^2) \cdot 0.63 \cdot 10^6 \cdot 0.9 = 9300 N$$

Для даної сили затиску при подачі стиснутого повітря  $p = 0,63$  МПа в штокову порожнину з стандартного ряду згідно [2] с.91, табл. 17 прийmemo пневмоциліндр двохсторонньої дії з діаметром поршня  $D = 150$ мм, діаметром штока  $d = 40$  мм, довжина робочого ходу поршня  $L = 30$ мм.

### 2.3 Розрахунок на міцність найбільш навантажених елементів пристрою

В спроектованому пристрої “слабкою ланкою” є різьба М16х1,5 на верхньому кінці штока, яка працює на зминання (дивись креслення верстатного пристрою).

Умова міцності на розрив:  $\sigma_v < [\sigma_v]$ ,

де:  $[\sigma_v] = 305$  МПа – допустиме напруження на розрив.

Матеріал штока — Сталь 45 ГОСТ 1050-89

$$\sigma = \frac{Q}{F} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 10851}{3,14 \cdot 14^2} = 86,4 \text{ МПа};$$

В даному випадку  $\sigma_p \leq [\sigma_p]$  ( $86,4 < 305$ ), отже умова міцності різьби на розрив витримується.

### **3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ**

#### **Дослідження резонансних характеристик шпиндельного вузла фрезерного верстата**

Об'єкт дослідження: шпиндель вертикального верстата в зборі з перехідною втулкою та кінцевою збірною фрезею.

Мета дослідження: визначення резонансних частот вказаного вузла, змонтованого на верстаті, під час роботи.

Засоби для виконання досліджень: прикладна програма твердотілого 3D моделювання Solid Works 2016 та додаток Simulation.

Вихідні дані для досліджень: креслення деталей шпиндельного вузла – власне шпинделя, перехідної втулки та збірної кінцевої фрези з конічним хвостовиком типу FKR/L 15 17 32 32 16 з механічним кріпленням прихватами твердосплавних тригранних пластинок фірми Takimsas (Туреччина).

Ефективність обробки поверхонь металів різанням в значній мірі визначається отриманою шорсткістю. Для чорнових проходів цей критерій не суттєвий, а для якості чистових проходів є визначальним. Підвищена шорсткість обробленої поверхні може отримуватись те лише як наслідок некоректно призначених режимів різання, схеми закріплення заготовки чи неправильно вибраного інструменту, але і появи паразитних вібрацій системи верстат – пристрій – інструмент – деталь. Вібрації призводять до хвилястості поверхонь, відхилень розміру поза межі допусків, прискореної втрати працездатності інструменту.

Особливо небезпечним є явище резонансу у системі.

У розробленому нами технологічному процесі має місце обробка у торці кришки кінцевою фрезею восьми заглиблень з радіусним закінченням.

Умови різання складні з причини великого кута охоплення інструменту заготовкою -  $180^\circ$ . За таких обставин при числі зубів фрези  $z = 2$  поява вібрацій може призвести до переривчастого контакту зубів із заготовкою, що погіршить якість поверхні аж до ослаблення затиску заготовки і можливої поломки твердосплавних пластин інструменту.

Алгоритм виконання дослідження наступний:

- Створення твердотільних моделей основного, допоміжного інструменту і шпинделя згідно креслеників у середовищі Solid Works 2016;
- Задання матеріалів для вказаних моделей;
- Задання характеристик контакту окремих компонентів шпиндельного вузла між собою;
- Задання умов спряження поверхонь досліджуваного вузла з іншими поверхнями системи ВПД;
- Накладання жорстких зв'язків на окремі поверхні вузла;
- Прикладання сил різання до поверхонь інструменту;
- Створення об'ємної сітки скінченних елементів у деталях вузла;
- Виконання власне дослідження з отриманням п'яти основних значень резонансних частот і просторових епюр деформацій деталей.

Виконаємо твердотільні моделі окремих деталей шпиндельного вузла. Вони зображені на рис.3.1 – 3.3.

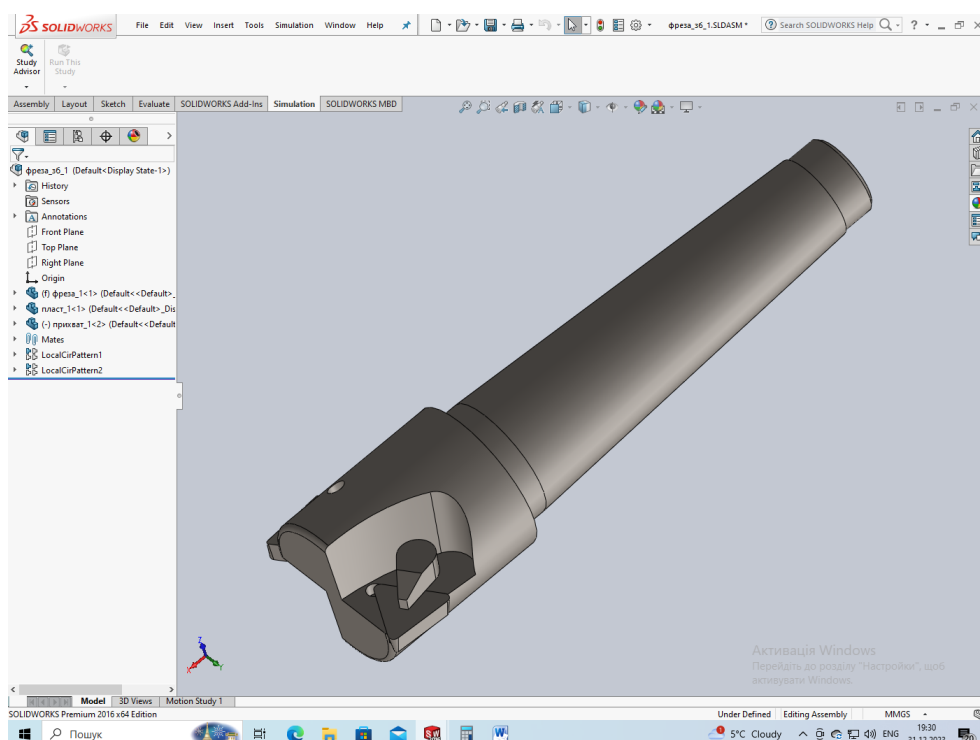


Рис.3.1 – 3D – модель збірної кінцевої фрези з хвостовиком конус Морзе №3

При створенні моделей окремих елементів системи призначаємо відповідні матеріали – для корпусу фрези, перехідника, шпинделя та кріпильних деталей

це якісні конструкційні сталі 1035, 1,45 за стандартом ISO та кераміка для тригранних пластинок.

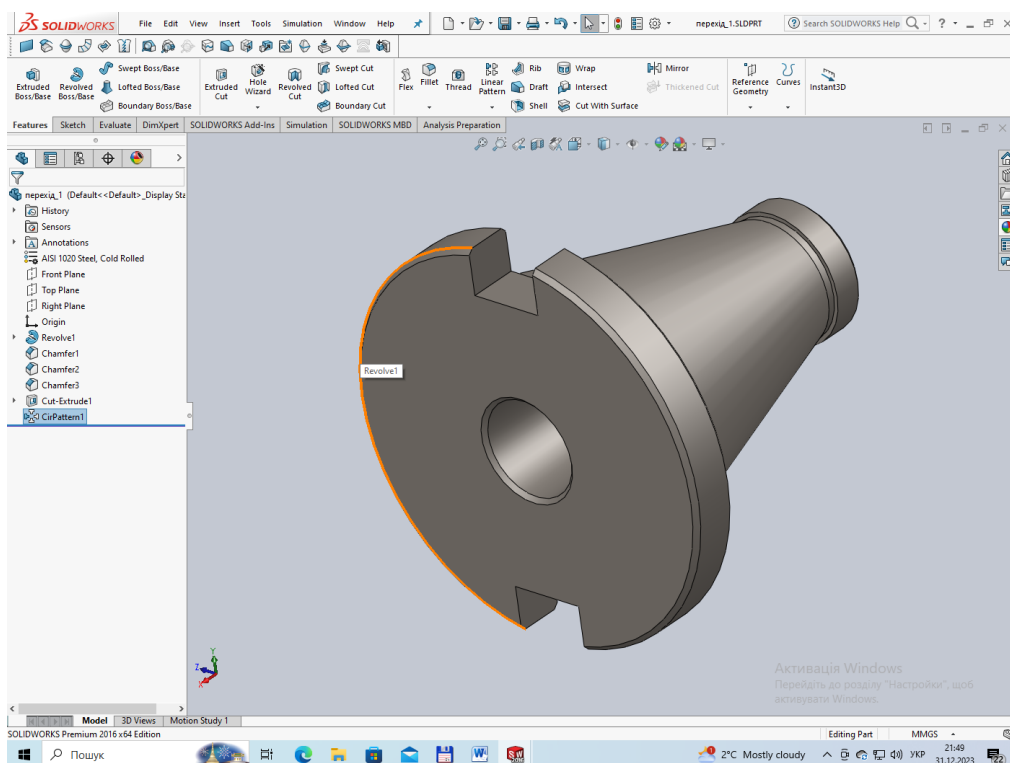


Рис.3.2 – 3D – модель перехідника конус 7:24/конус Морзе №3

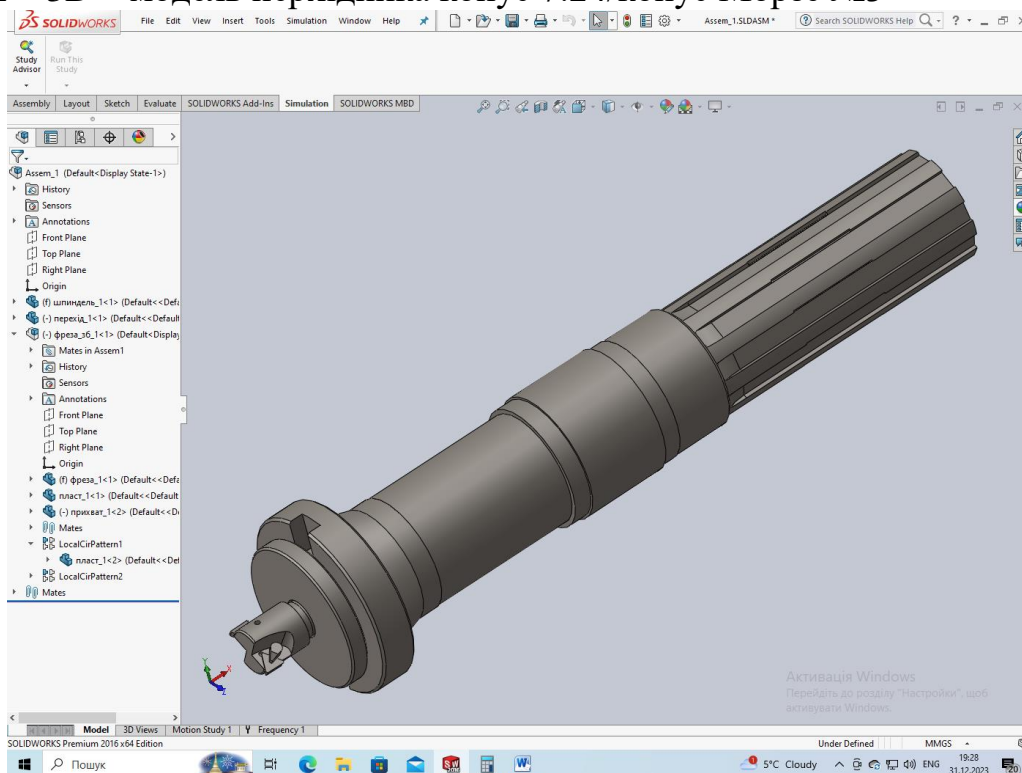


Рис.3.3 – 3D – модель шпиндельного вузла в зборі

Щоб розпочати дослідження, потрібно прикласти тангенційні сили різання. до передніх поверхонь змінних багатограних пластин, що притискаються до посадкових поверхонь фрези (рис.3.4). Розраховане значення тангенційної сили різання становить 280 Н.

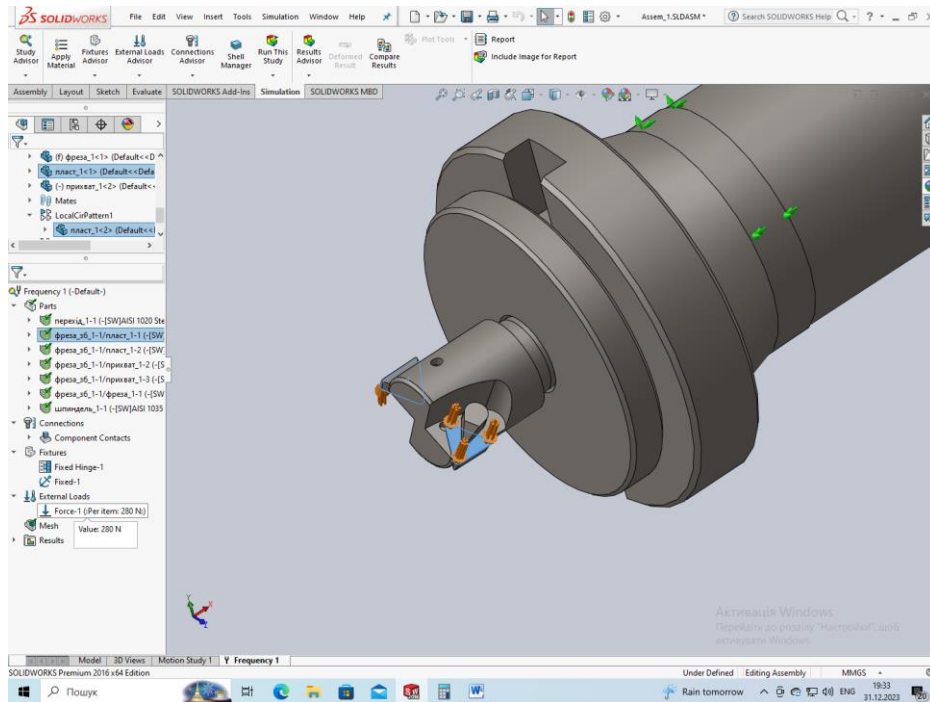


Рис.3.4 – Прикладання тангенційних сил різання до передніх поверхонь пластин

Задаємо умови закріплення шліцьової частини шпинделя як нерухомої, оскільки через неї передається крутний момент від коробки передач верстата (на рис. 3.5 це обмеження показане три координатними системами стрілок). Оскільки шпиндель обертається у підшипниках, то задамо з'єднання його шийок (виділені синім кольором) з верстатом радіальними стрілками (рис.3.5).

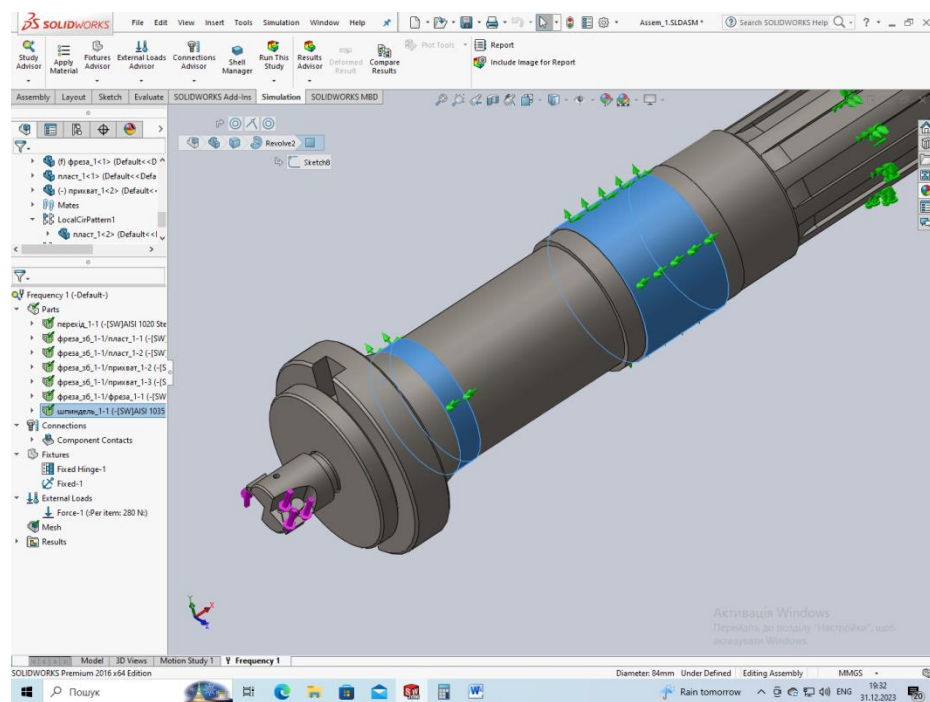


Рис.3.5 – Прикладання жорсткої опори та зв'язку типу «завіса» до поверхонь шпинделя

Заключним кроком перед виконанням розрахунків є створення об'ємної сітки елементів у моделі (рис.3.6). Для отримання точних результатів встановлюємо бігунком шкали по можливості дрібніший розмір елементів.

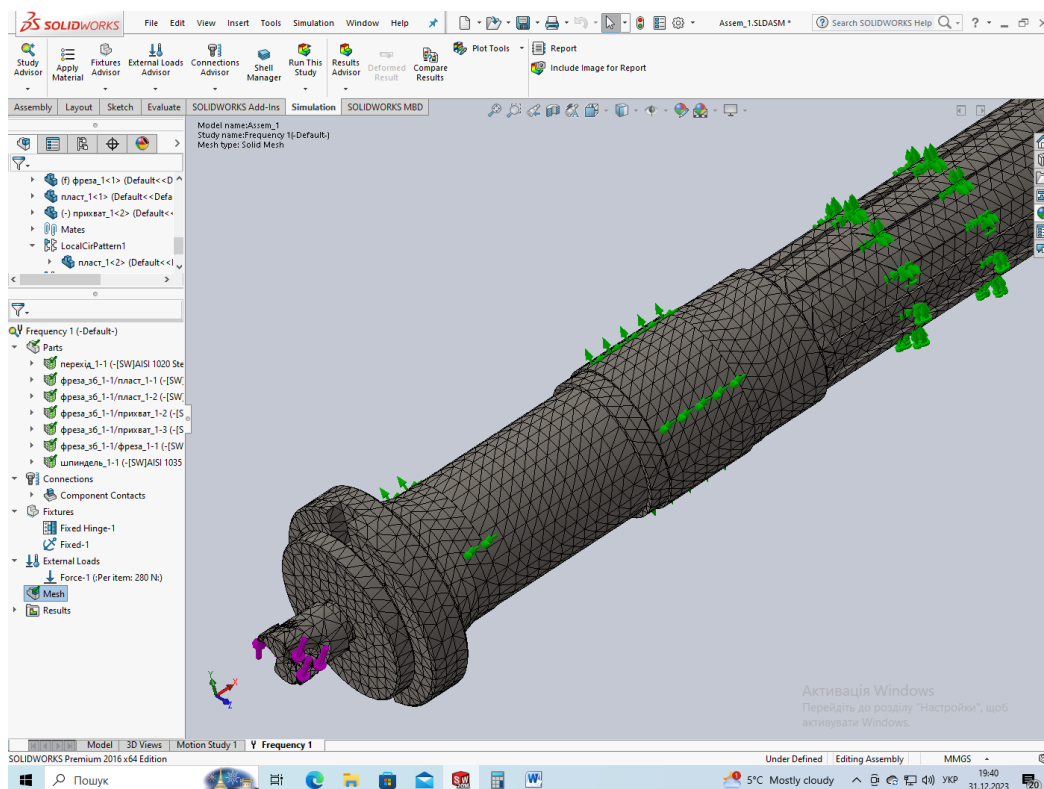


Рис.3.6 – Створення сітки елементів для виконання розрахунків

В налаштуваннях вибираємо потрібну програму – вирішувач і запускаємо розрахунки. По замовчуванню отримуємо 5 (п'ять) основних значень частот резонансних коливань системи шпиндельного вала.

Окрім цього, на епюрах можна спостерігати форму вібраційних деформацій окремих деталей вузла та їх частин (рис. 3.7 – 3.11).

Так, значення основних частот рівні 1561, 4866, 5257 та 5772 Гц.

З легенди на епюрах можна встановити, що помітна деформація властива лише шпинделю, як найдовшій порожнистій деталі і становить 0,654 мм на першій частоті та 0,543 на другій.

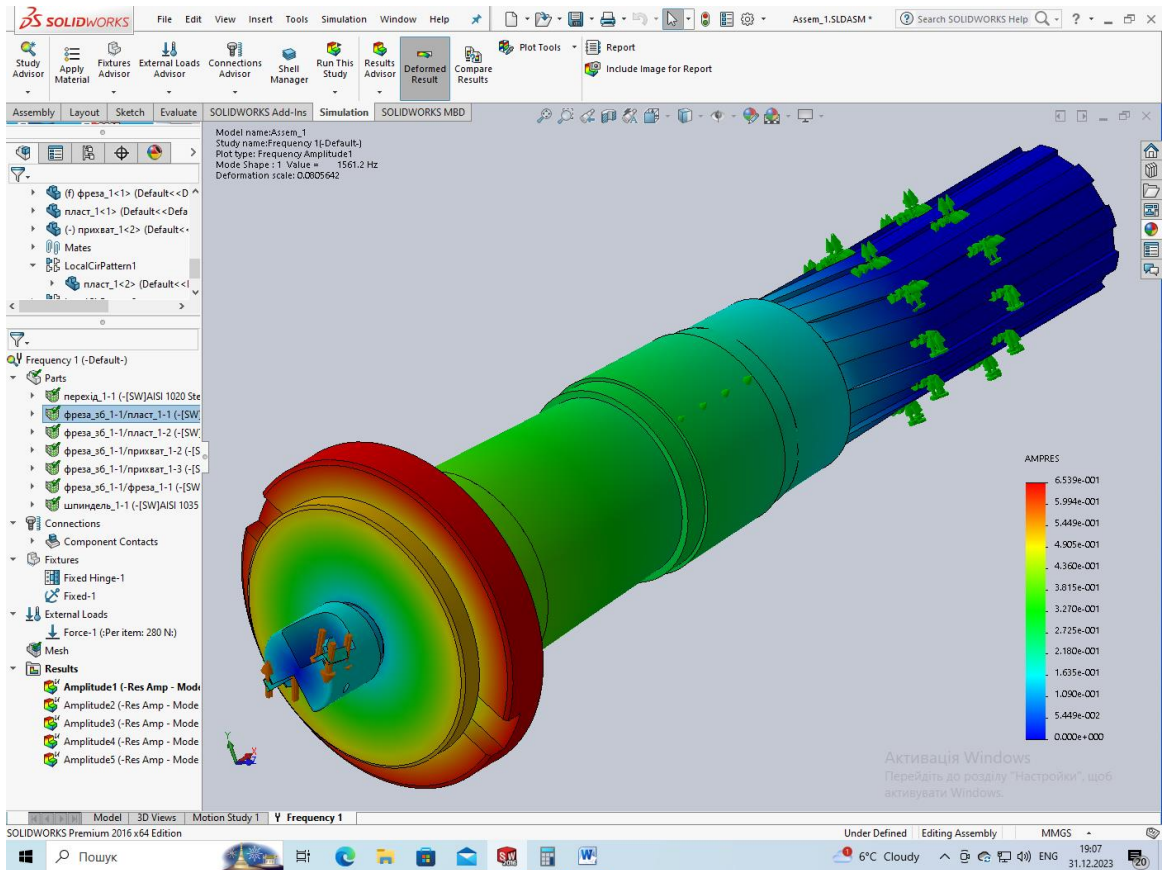


Рис.3.7 – Перша частота і характер деформацій

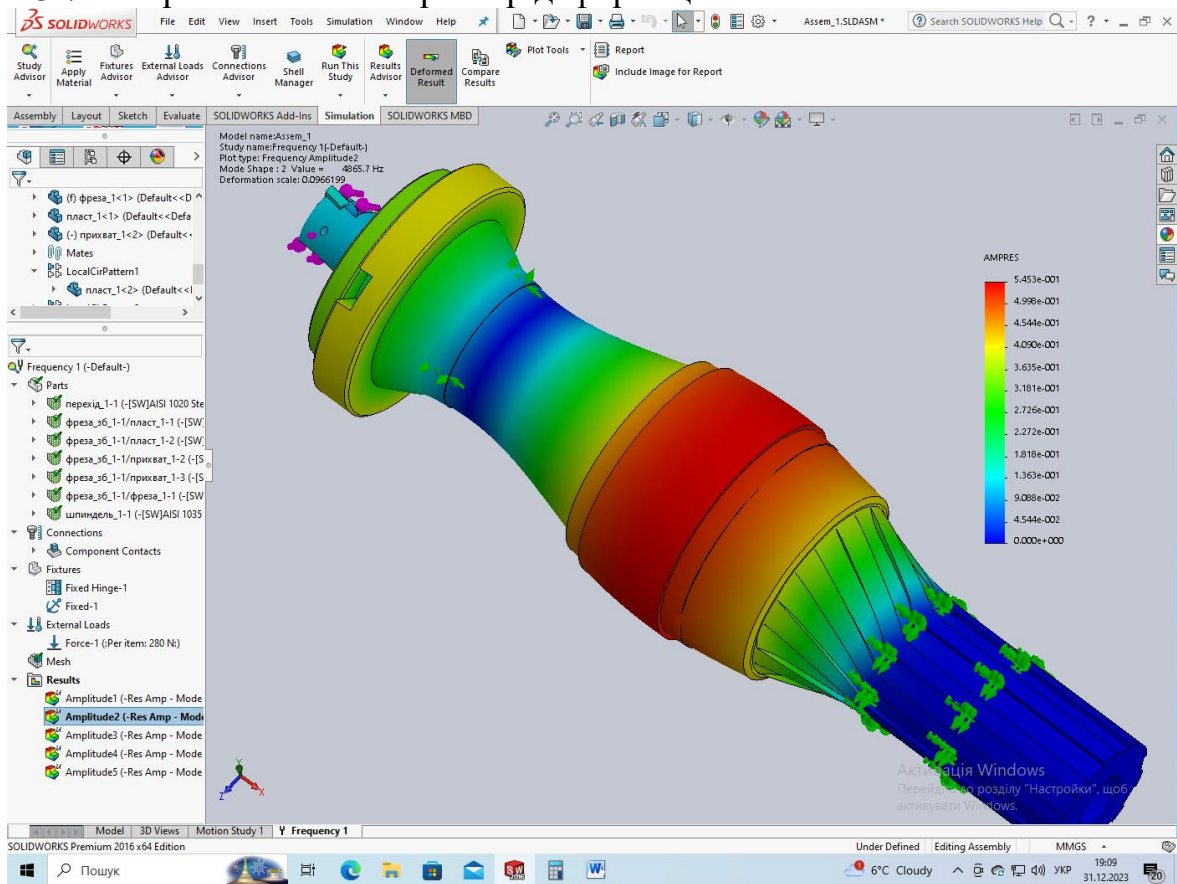


Рис.3.8 – Друга частота і характер деформацій

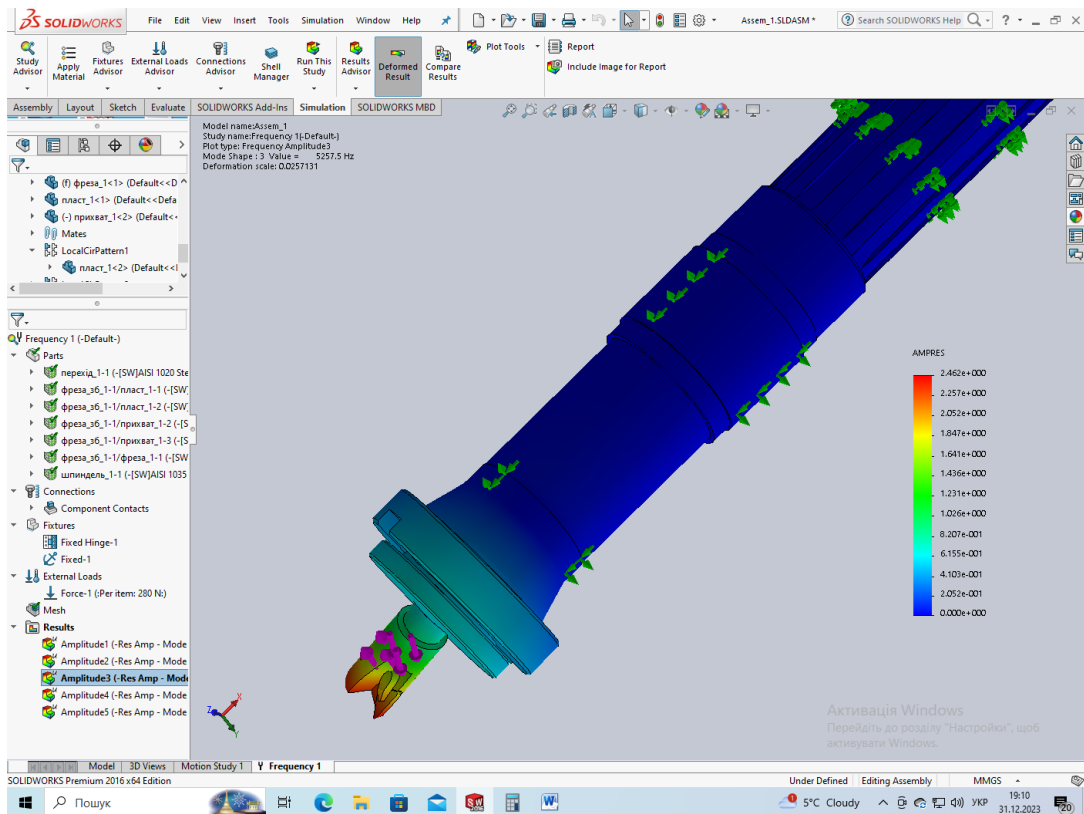


Рис.3.9 – Третя частота і характер деформацій

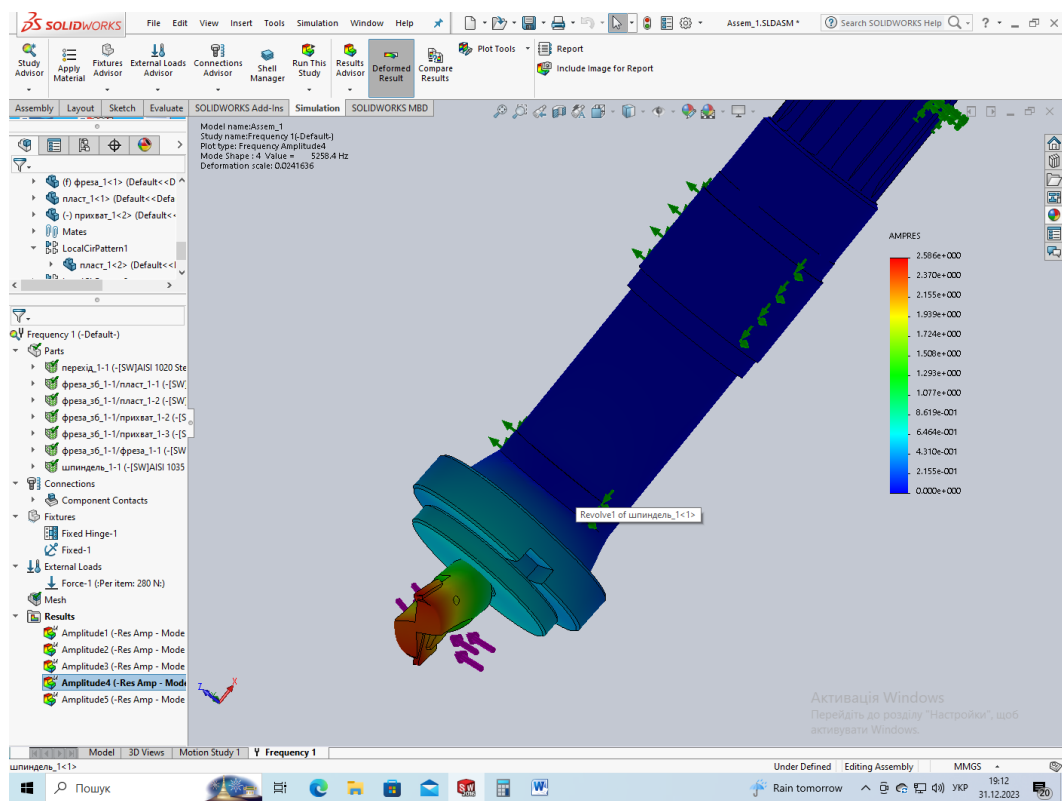


Рис.3.10 – Четверта частота і характер деформацій

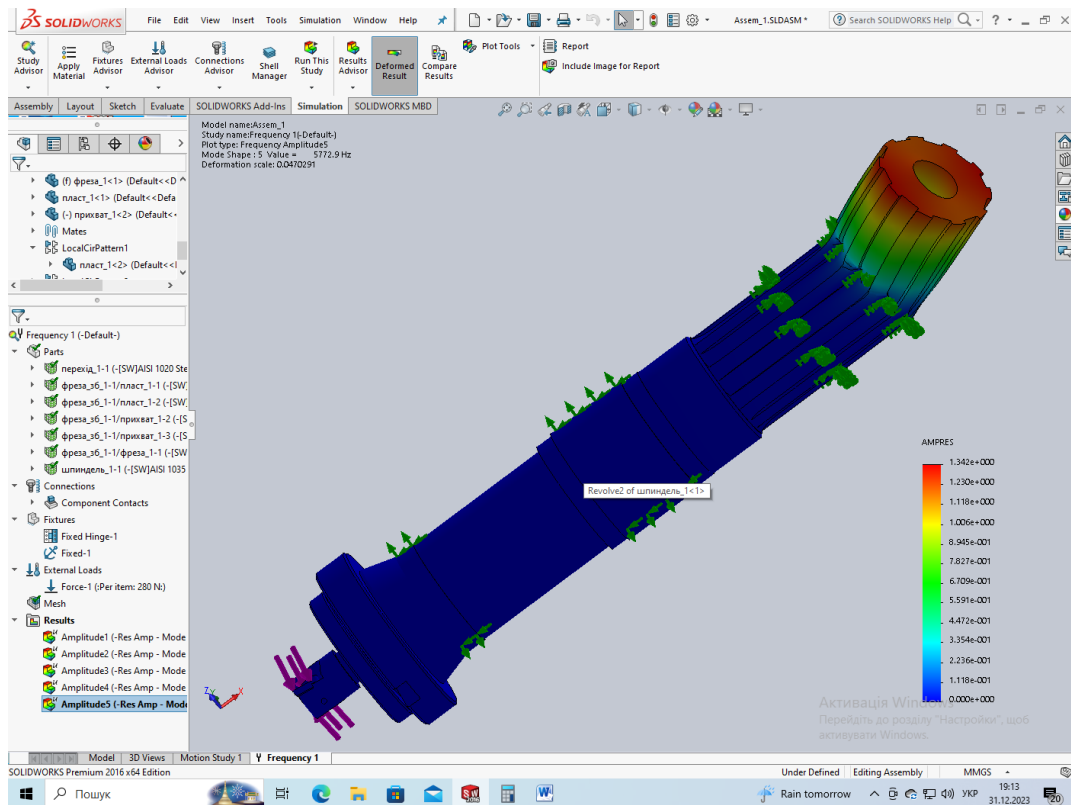


Рис.3.11 – П'ята частота і характер деформацій

Логічно вважати, що збурюючі частота системи шпиндельного вала буде рівною подвоєній частоті обертання шпинделя, бо інструмент двозубий і контакт із заготовкою не є неперервний. Виходячи з цих міркувань можемо вирахувати небезпечну частоту обертання шпинделя. Вона становить 46800 і вище об/хв.

### Висновок

Результати наших вишукувань можуть бути використані у технологічній підготовці окремих переходів, щоб не призначати значень частот обертання шпинделя, близьких до отриманих розрахунками.

## Література

1. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навчальний посібник. – Київ: ІСДО, 1996. – 300 с.
2. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: - Навчальний посібник. – К., Вища школа, 1993. – 414 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова. - Москва: “Машиностроение”, 1985.
4. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2. Под ред. А.Н.Малова. - Москва: “Машиностроение”, 1985.
5. Справочник инструментальщика под. ред. И.А. Ординарцева – Ленинград «машиностроение» Ленинградское отделение 1987
6. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть II. – Москва: ”Машиностроение”, 1974.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть I. – Москва: ”Машиностроение”, 1974.
8. Справочник техника-конструктора. Под ред. М.Я.Левицкого. – Киев: “Техника”, 1978.
9. М.А.Ансеров „Приспособления для металлорежущих станков”– М.: Машино-строение, 1987.
10. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. В.С.Корсаков. – М: Машиностроение 1971.
11. Сторож Б.Д., Карпик Р. Т. Розрахунок верстатних пристроїв на точність. – Івано-Франківськ, 1999.
12. Методичні вказівки з курсу “Проектування механоскладальних цехів” для студентів спеціальності 1201. – Івано–Франківськ, 1990р.
13. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Под. Ред. А. Ф. Горбачевича. – Минск: Высш. школа, 1976.

- 14.Анурьев В.Н. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3-х т. Т. 1  
М.: Машиностроение 1982.
- 15.Анурьев В.Н. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3-х т. Т. 3  
М.: Машиностроение 1982.
- 16.Дипломне проектування. Методичні вказівки до виконання  
конструкторської частини дипломних проектів спеціальності 1201.  
Проектування верстатних пристроїв. – Івано-Франківськ, 1990.
- 17.А.С.Зенкин, И.В.Петко «Допуски и посадки в машиностроении» –К.:  
«Техника» 1990.

# ДОДАТКИ

<i>Дубл.</i>														
<i>Взамін.</i>														
<i>Підпис</i>														

											<i>1</i>			
				<i>ІФНТУНГ</i>				<i>ПМКм-22-1</i>						

***КОМПЛЕКТ  
технологічної  
документації***

*Технологічний процес  
механічної обробки деталі:  
Кришка 260.30.10.118 зап*

*Розробив: ст. гр. ПМКм-22-1  
Андрухів В.І. ..  
Перевірів: Боруцак Л.О..*

--	--





Дубл.																			
Взамін																			
Підпис																			
Розробив	Андрухів В.І.																		
Перевірів	Борушак Л.О.																		
Н. контр.	Борушак Л.О.																		
Назва операції		Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	Конд							
015 Фрезерна з ЧПК		Сталь 25Л ГОСТ 977-88		σ 470			11	Ø320x79			13,2	1							
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми		To	Td	Tn.з	Tшт.	МОР											
Фрезерний з ЧПК Vector 650 M HDH				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								
O02	А Установити, закріпити заготовку, зняти																		
T03	ПР: Фрезерно-свердлильний																		
04	Фреза кінцева К 2216.В.40.Ζ2.10.Р16М D=32 мм																		
P05	Фрезерувати 8 виїмок 40x60 мм пов.18,19																		
06																			
P07	Свердлити 8 отв. Ø17 мм пов. 17 на прохід по Ø290 мм																		
08	РІ: Свердло В 3611.Ф17,4.Ζ02.160R																		
OK	Обробка різанням																		





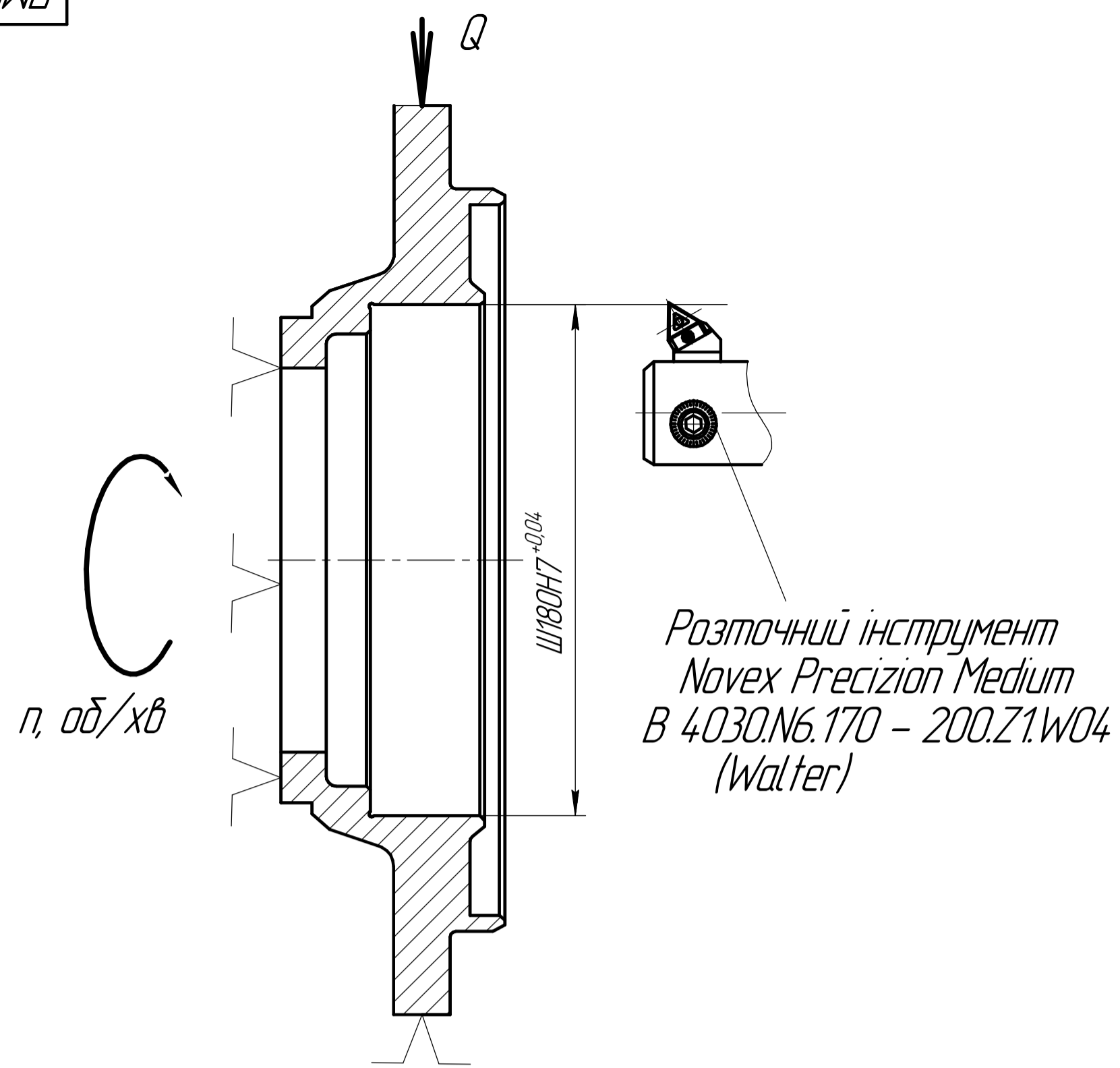


Рисунок 1 - Ескіз розточування отвору  $\varnothing 180H7$

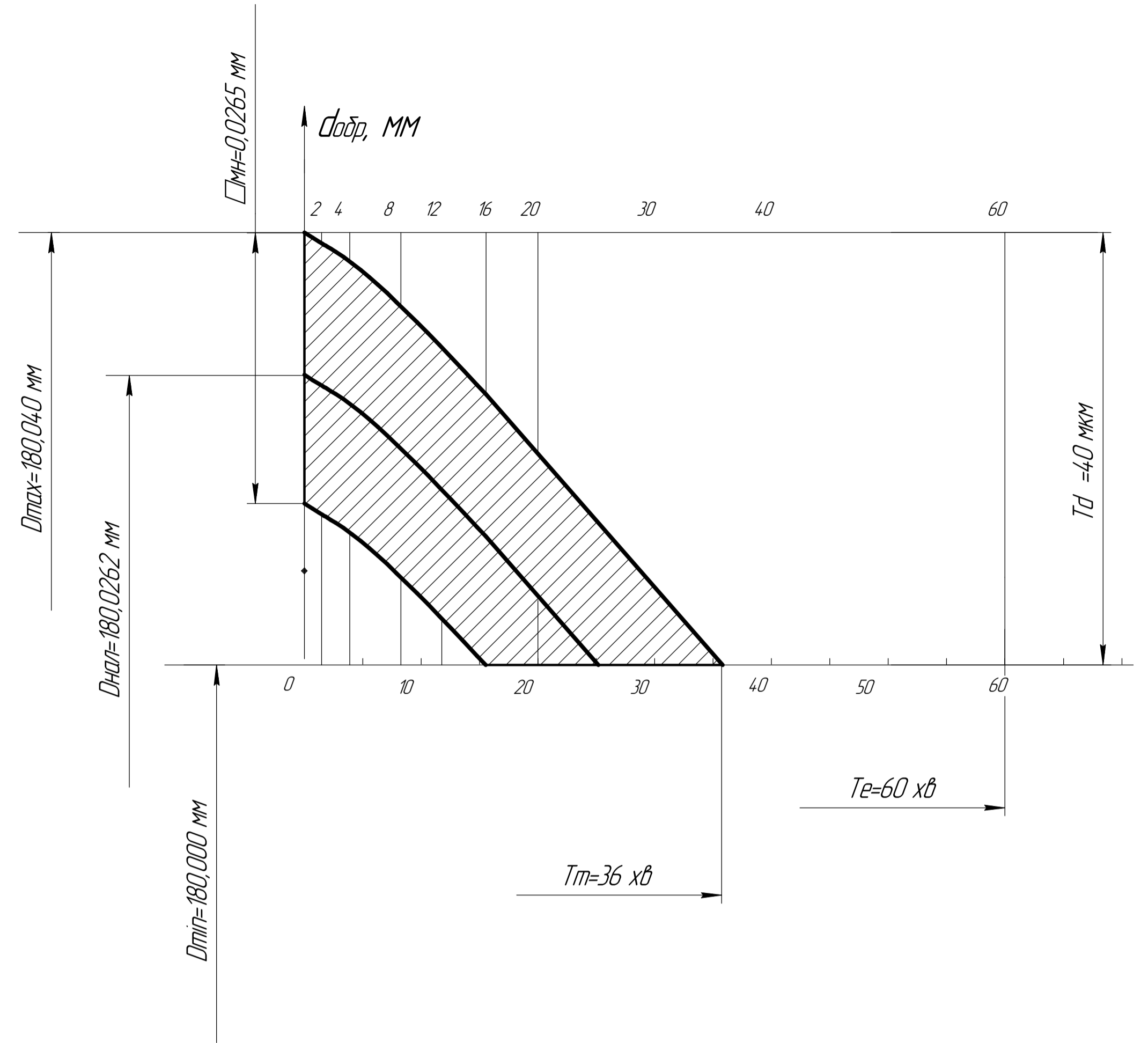


Рисунок 2 - Теоретична діаграма точності

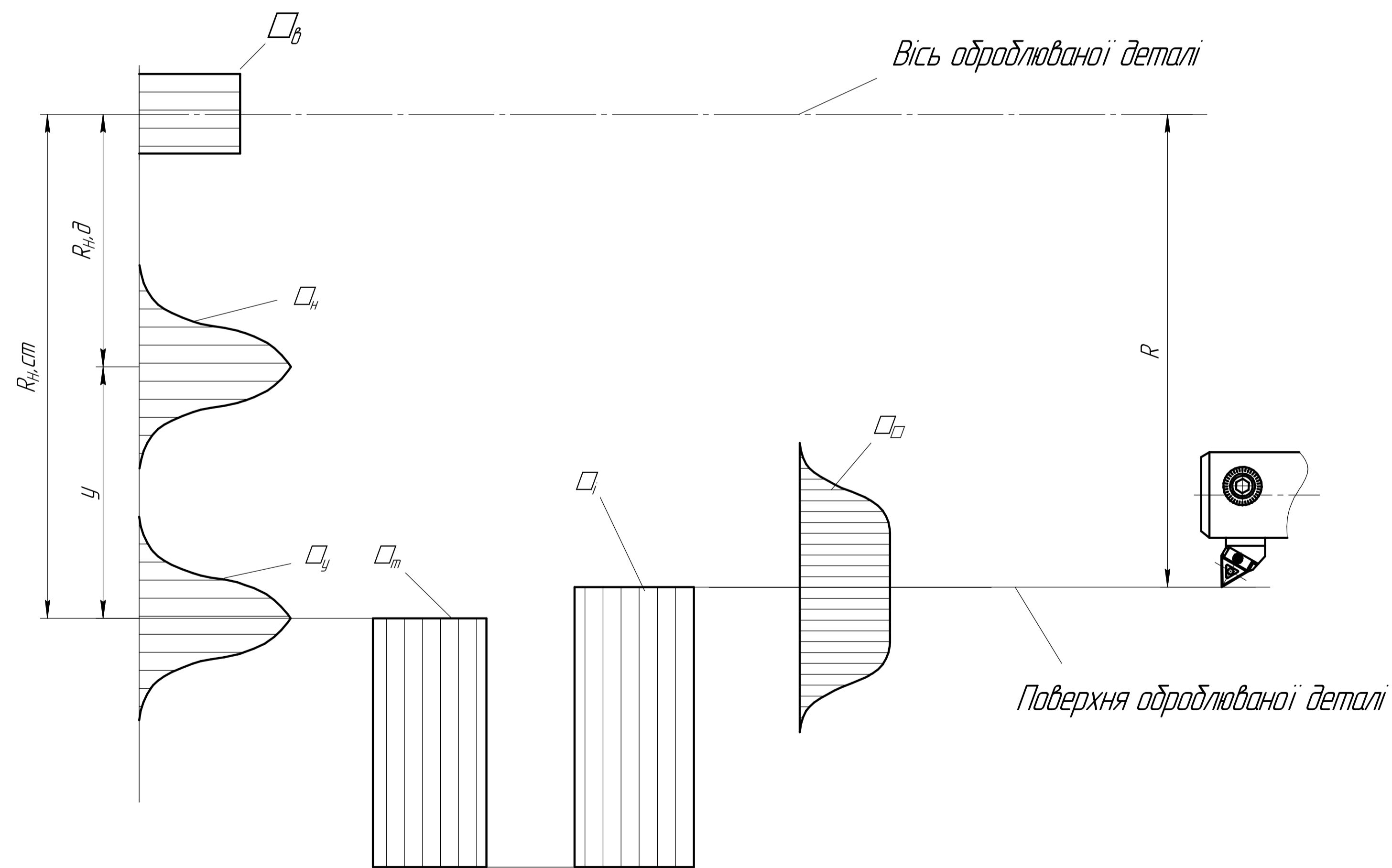


Рисунок 3 - Схема технологічного розмірного ланцюга

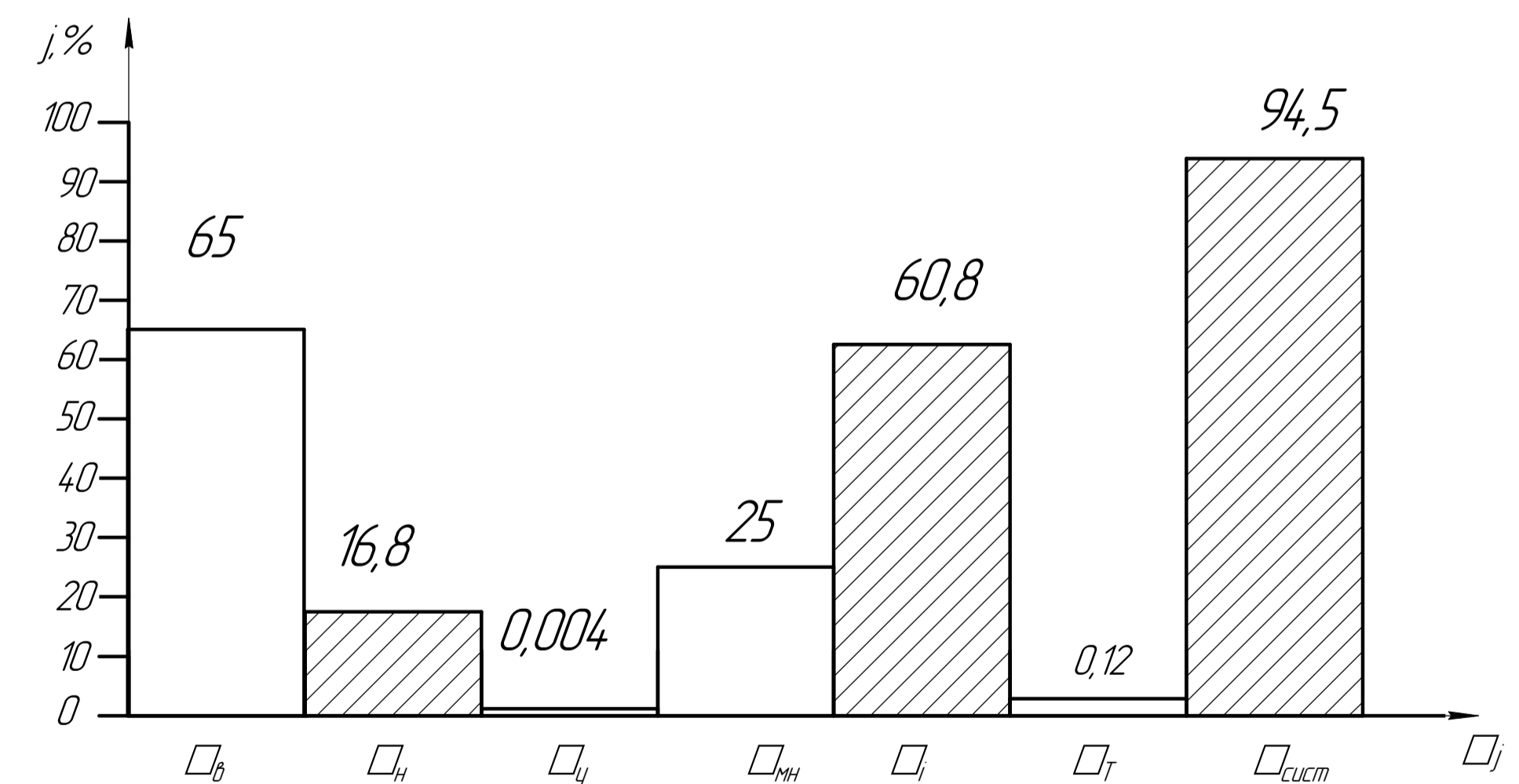
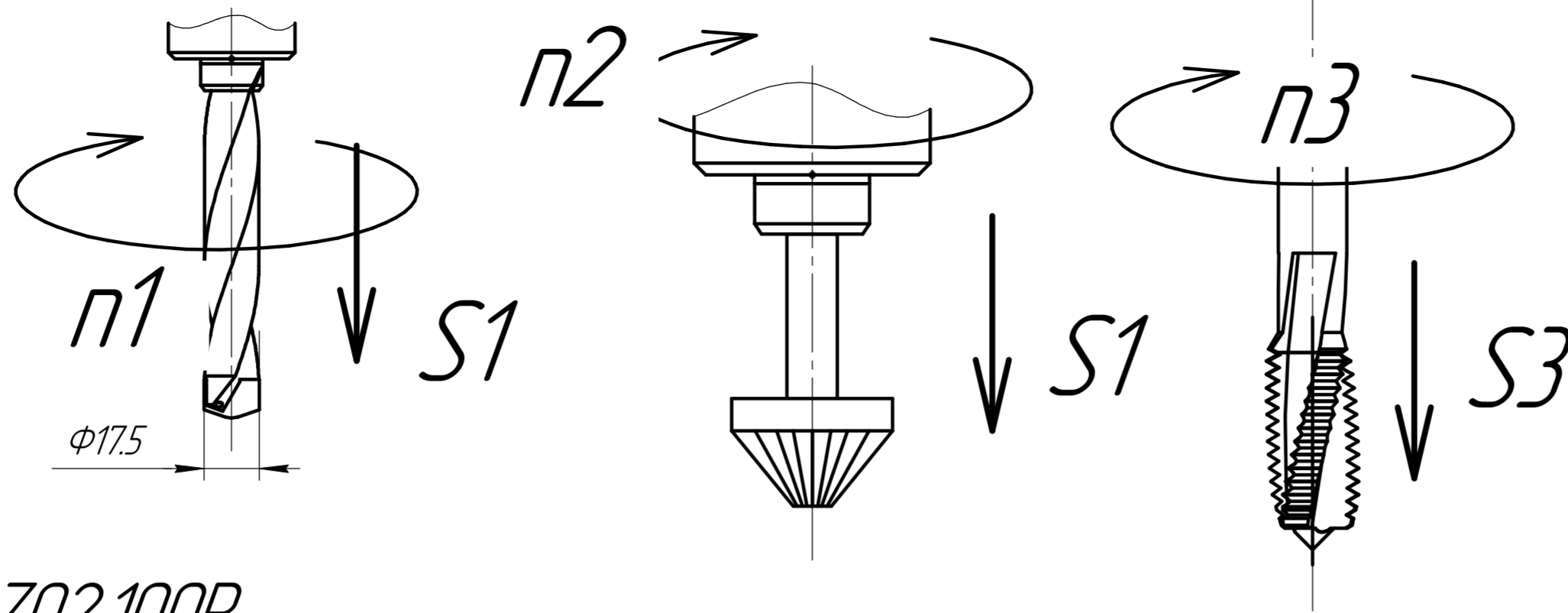


Рисунок 4 - Гістограма похибок обробки

$R, R_{\text{ст}}, R_{\text{дина}}$  - відповідно радіуси обробки (закриваюча ланка), статичного настроювання, динамічного настроювання.  
 $\square_y$  - постійна складова похибки від деформації системи ВПД під дією сил різання,  $\square_j$  - постійна складова похибки від розмірного спрацювання інструмента,  $\square_m$  - постійна складова похибки від температурної деформації інструмента

ПМКМ-339.00.000АТ						
Відк. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Аналіз точності при розточуванні отвору $\varnothing 180H7(+0.04)$		Лист
Розроб.	Андрушак ВІ					Масштаб
Проб.	Барцшак ЛО					1:1
Т.контр.	Барцшак ЛО					Лист
Н.контр.	Барцшак ЛО					Листів
Утв.	Ланчук ВІ					1
						ІФНТУНГ
						ПМКМ-22-1
						Формат А1

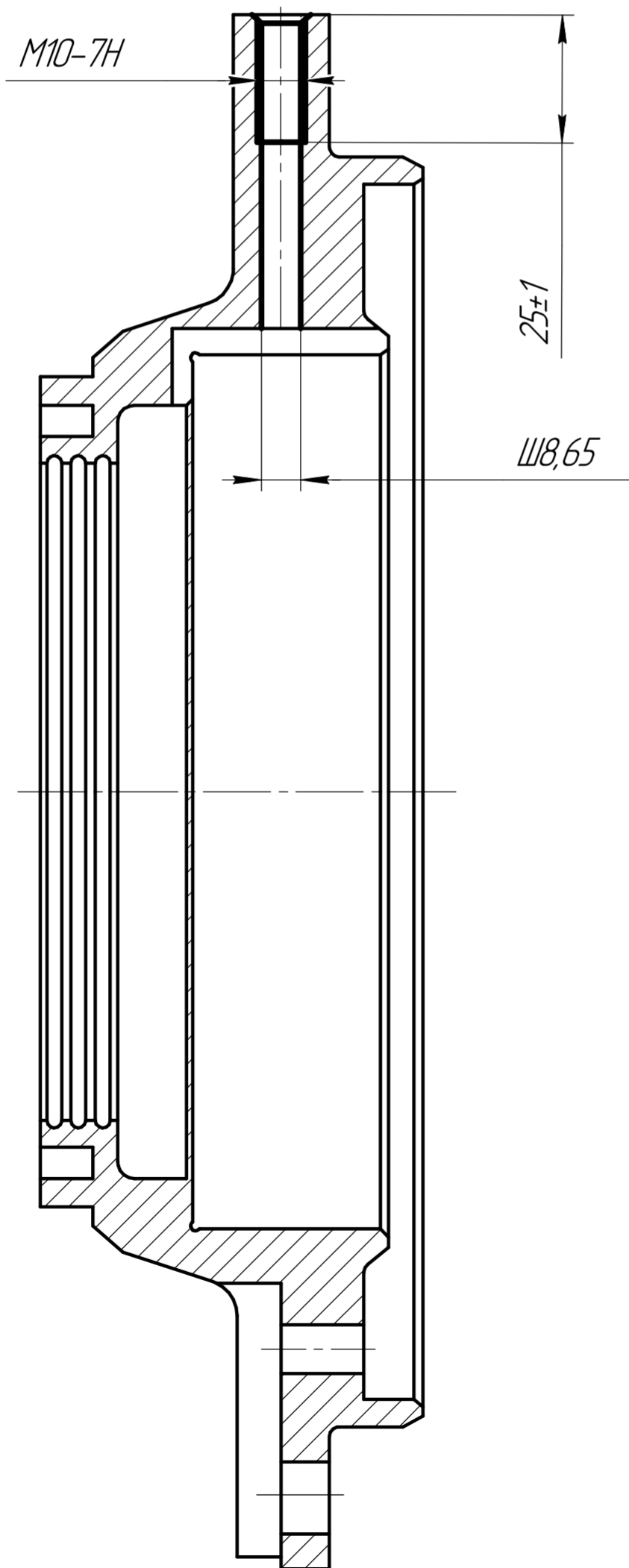


Свердло  
B 4015.F5,2.0.Z02.100R

Графотехнологія  
операція 015  
верстат  
вертикально-свердильний  
2A125<sub>5</sub>

Зенковка конічна  
1631 P6M5

Мітчик 1331-M10 P6M5

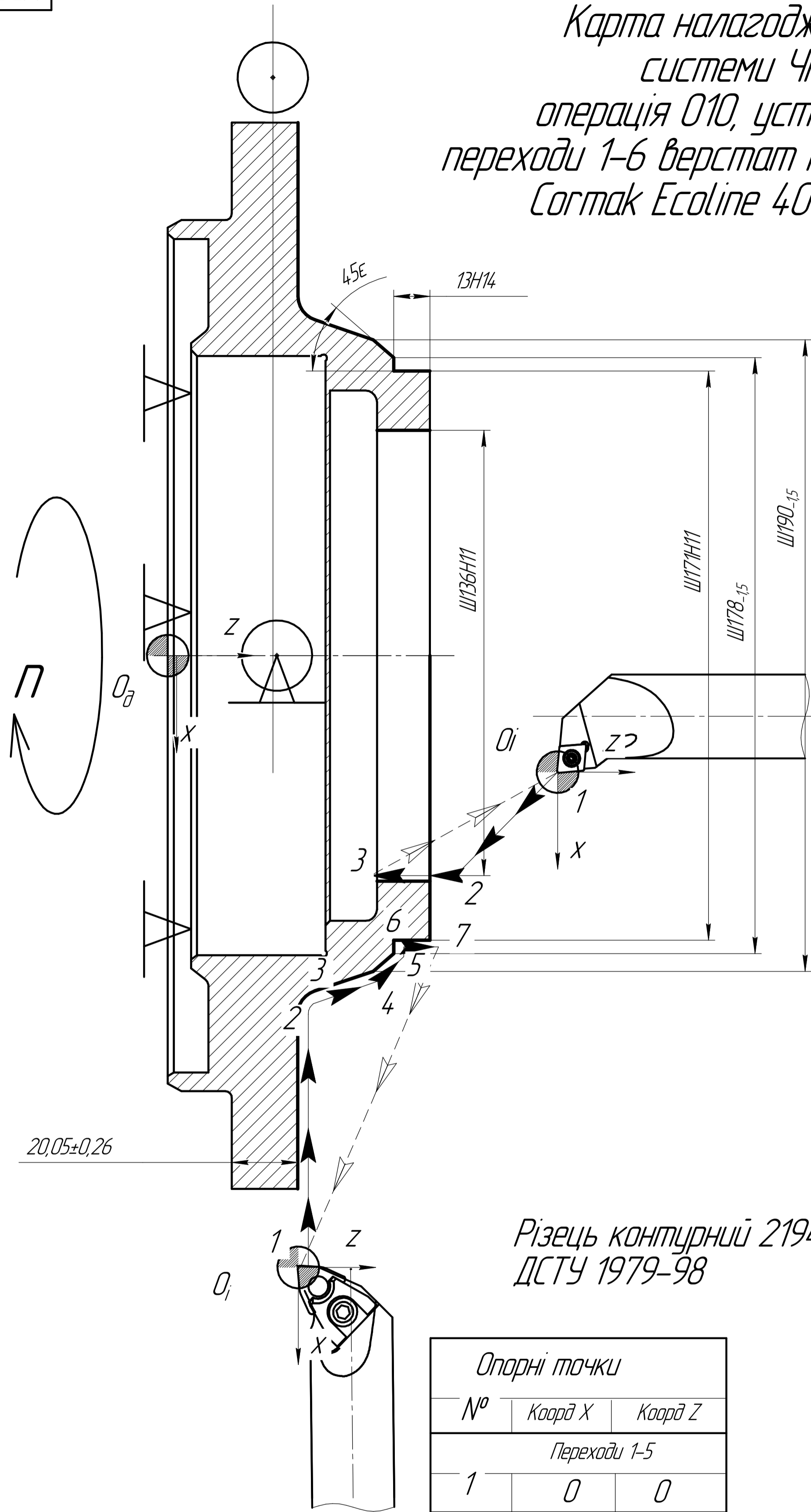


Режими різання			
1	t, мм	S, мм/хв	V, м/хв
2	4,3	110	12,5
3	1,5	85	17
4	0,87	165	7,5

Лист № докум.  
Стор. №  
Лист № докум.  
Взам. інв. №  
Лист № докум.  
Лист № докум.

				MP.ПМКМ-339.04.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Андрухив В.					1:1
Проб.		Борцшак ЛО.					
Т.контр.		Борцшак ЛО.			Лист	Листов	1
Н.контр.		Борцшак ЛО.			ПМКМ-22-1		
Утв.		Панчук В.Г.			ІФНТУНГ		
					Верстат 2A125		
					Формат А2		

Карта налагодження системи ЧПК операція 010, установ 2 переходи 1-6 верстат токарний Cormak Ecoline 400x1000

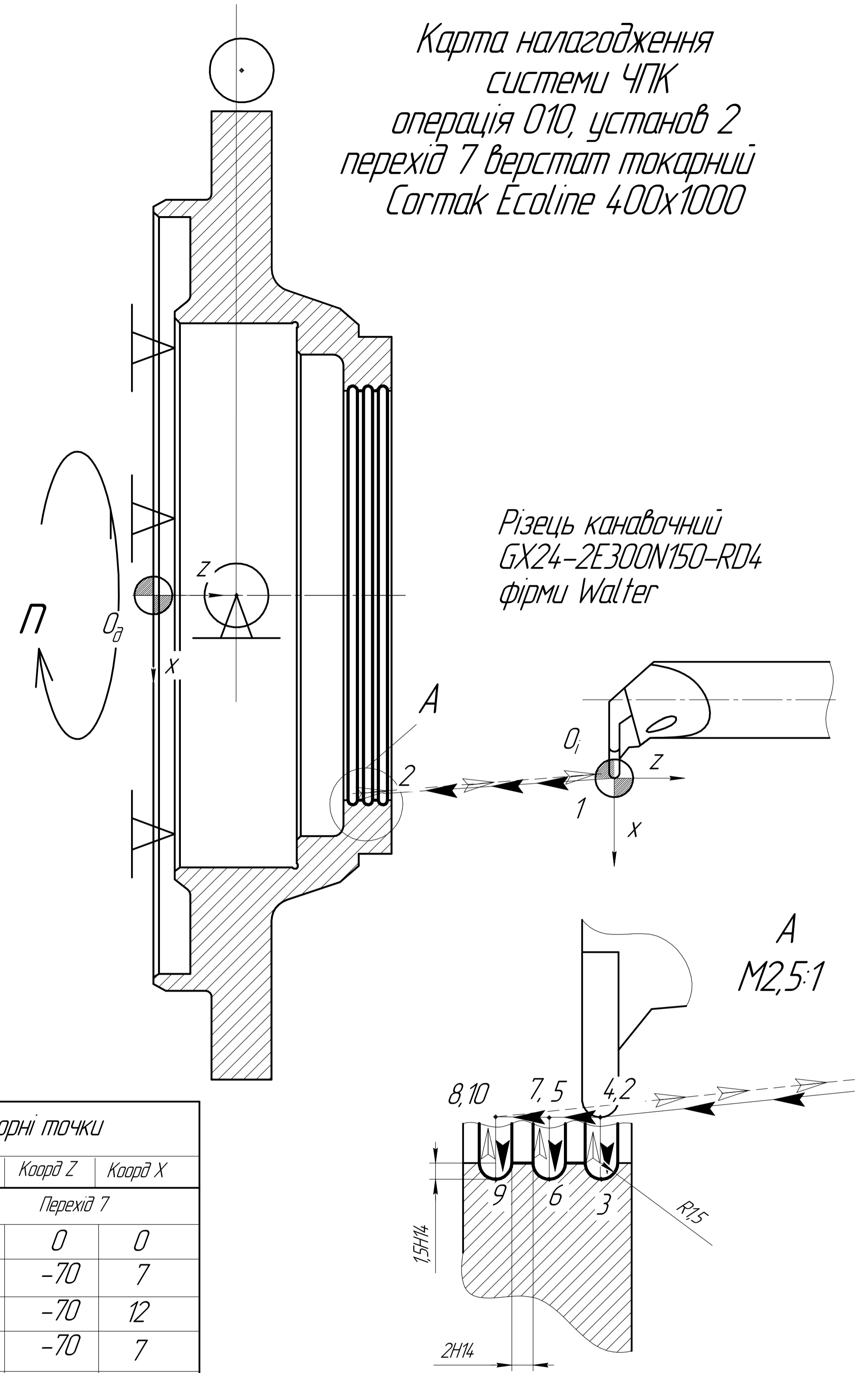


Різець контурний 2194-1221 ДСТУ 1979-98

Опорні точки		
№	Коорд X	Коорд Z
Переходи 1-5		
1	0	0
2	-50	0
3	-55	5
4	-60	19
5	-63	24
6	-67	24
7	-67	37

Опорні точки		
№	Коорд X	Коорд Z
Перехід 6		
1	0	0
2	-50	0
3	-55	5

Карта налагодження системи ЧПК операція 010, установ 2 перехід 7 верстат токарний Cormak Ecoline 400x1000



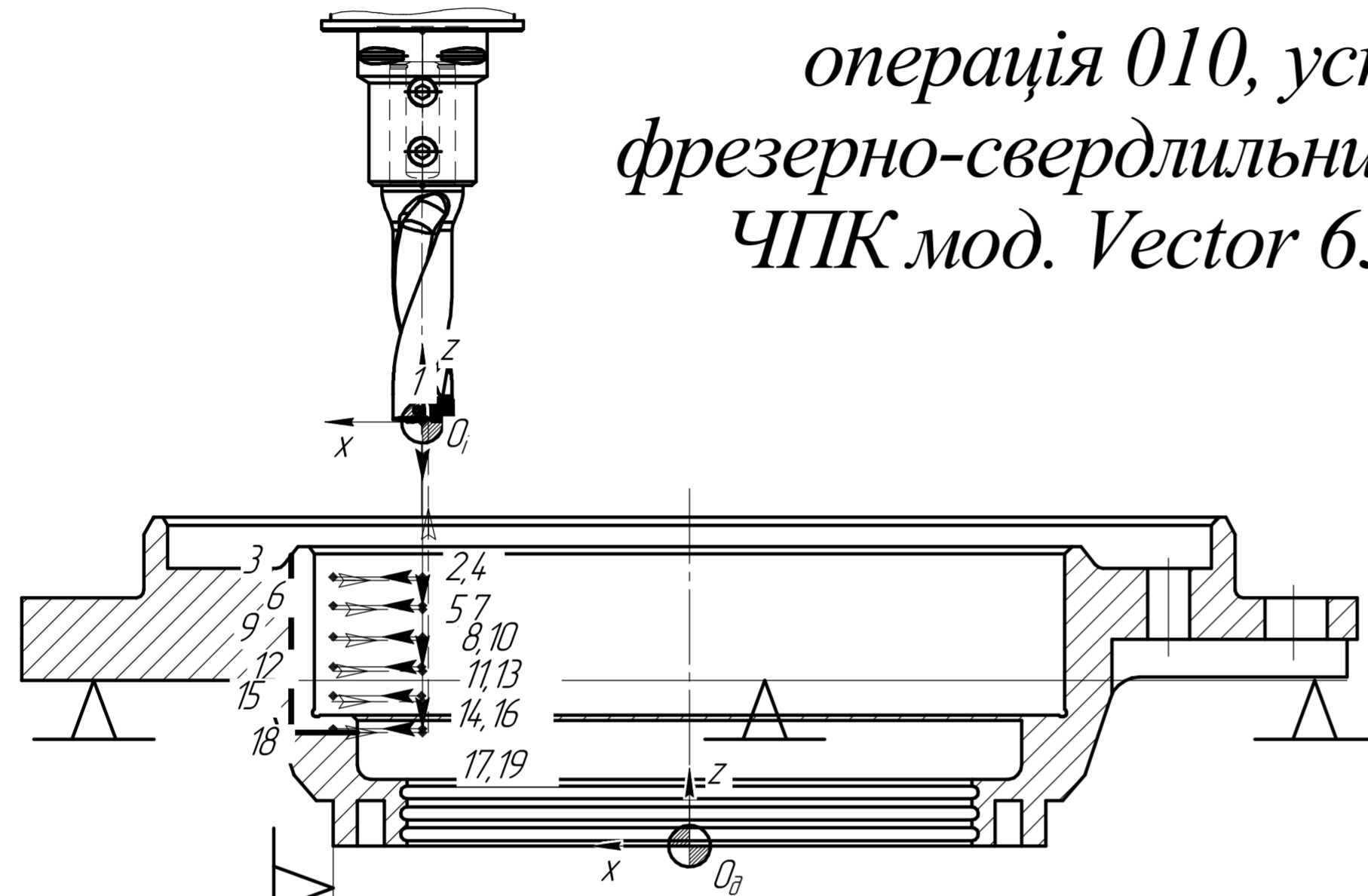
Різець канавочний GX24-2E300N150-RD4 фірми Walter

Опорні точки		
№	Коорд Z	Коорд X
Перехід 7		
1	0	0
2	-70	7
3	-70	12
4	-70	7
5	-75	12
6	-75	7
7	-75	12
8	-80	7
9	-80	12
10	-80	7

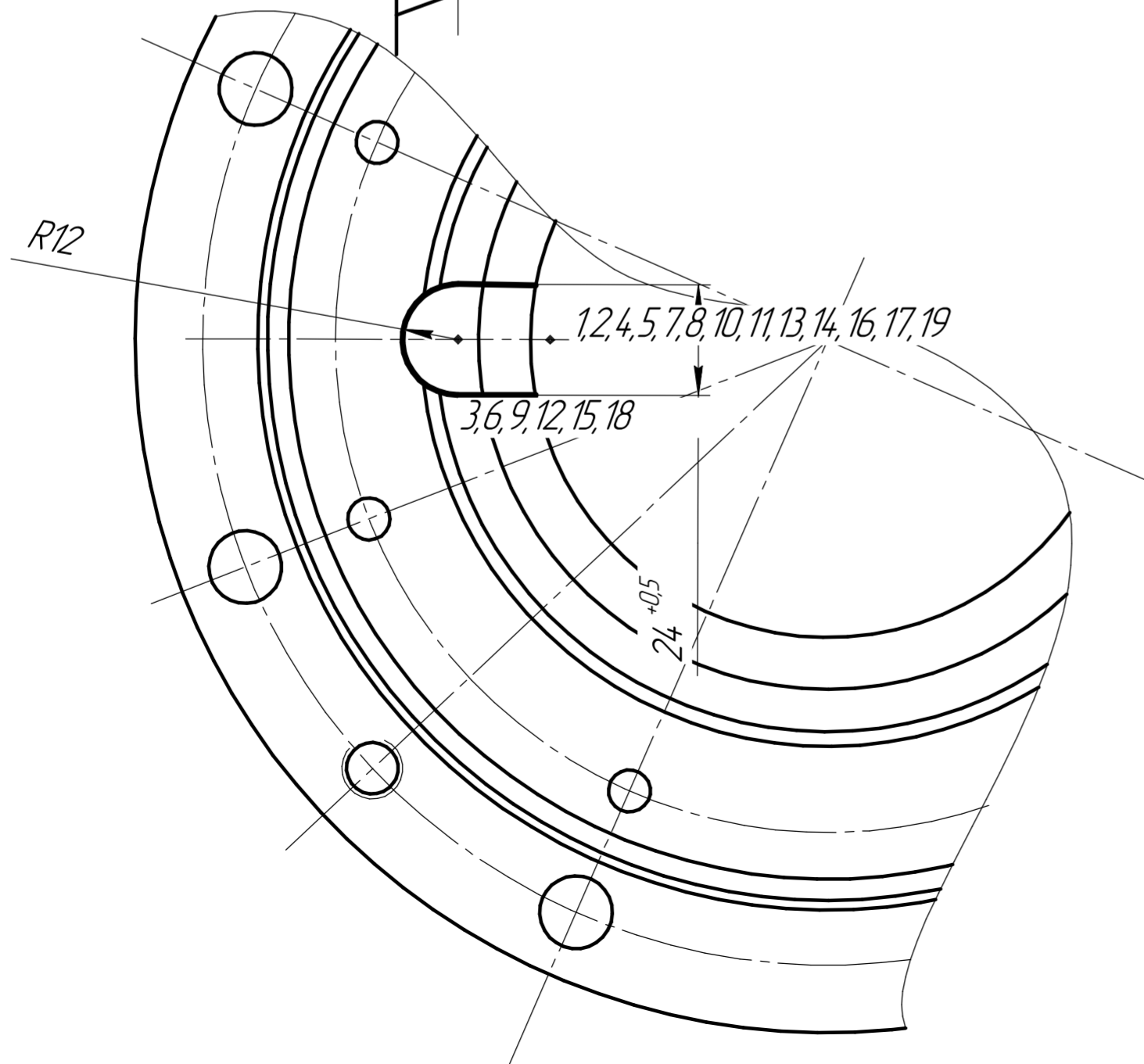
				МР.ПМКМ-339.02.000		
				Карта налагодження операції 010 токарної з ЧПК переходи 1-7		
Лист	Масштаб			Лист	Листів	1
				Токарний з ЧПК Cormak Ecoline 400x1000		
				ПМКМ-22-1		
				ІФНТЧНГ		
				Формат А1		

Лист 1 з 1  
 Дата: 2024.08.14  
 Автор: [blank]  
 Перевірив: [blank]  
 Інженер: [blank]  
 Підпис: [blank]

Карта налагодження  
системи ЧПК  
операція 010, установ 2  
фрезерно-свердильний верстат з  
ЧПК мод. Vector 650 M HDH



Фреза LPMT150612R-D5  
Walter, пластина F2237

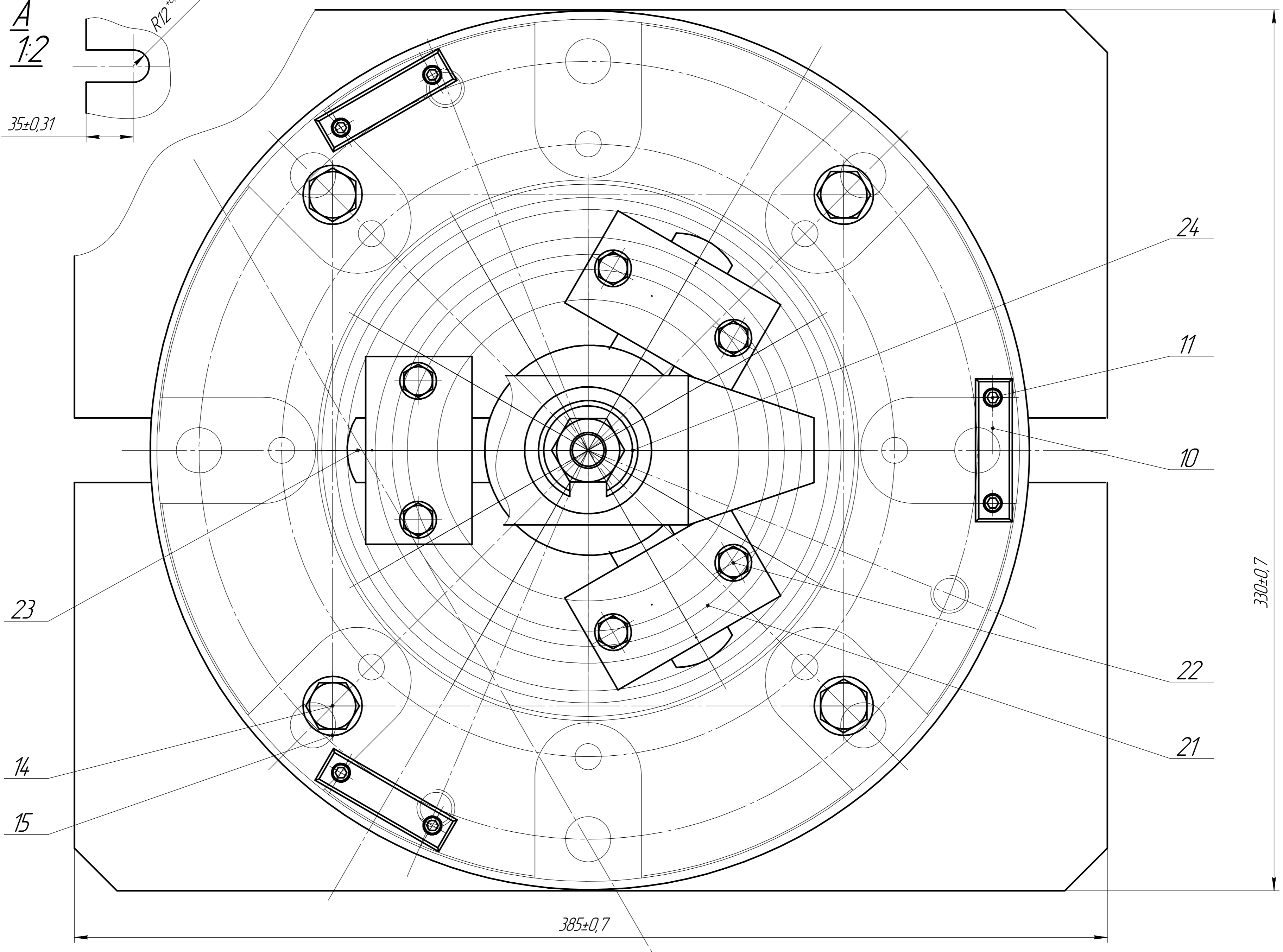
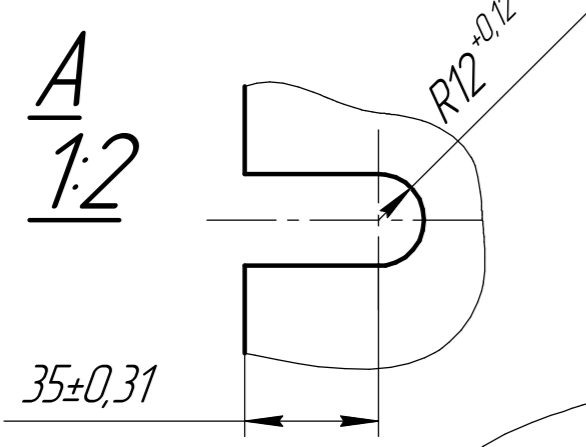
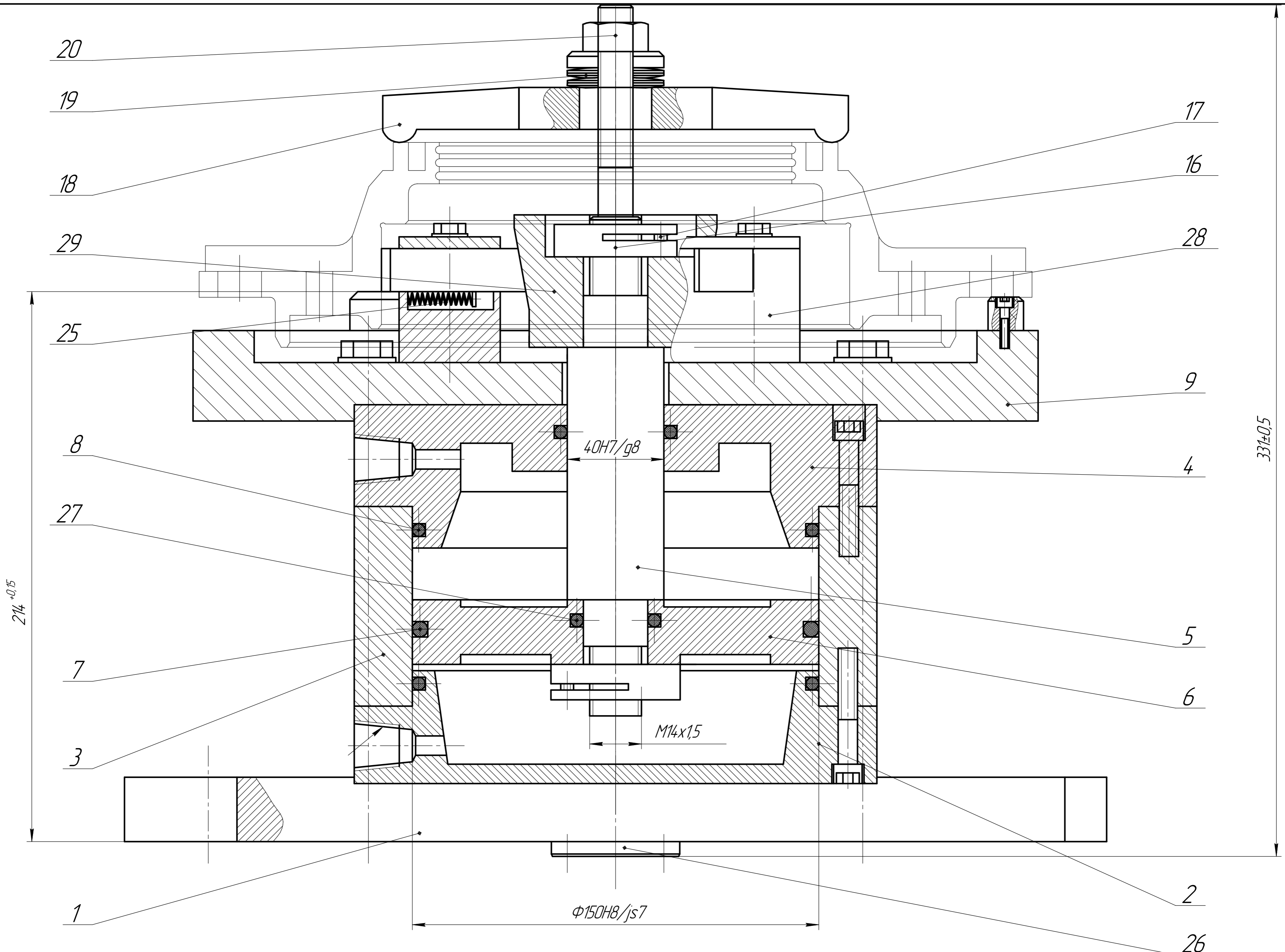


Режими різання			
	$t$ , мм	$S$ , мм/хв	$V$ , м/хв
1			
2	8	210	85

Опорні точки		
№	Коорд Z	Коорд X
Перехід 7		
1	0	0
2	-50	0
3	-50	27
4	-50	0
5	-58	0
6	-58	27
7	-58	0
8	-66	0
9	-66	27
10	-66	0
11	-74	0
12	-74	27
13	-74	0
14	-82	0
15	-82	27
16	-82	0
17	-90	0
18	-90	27
19	-90	0

МР.ПМКМ-339.03.000					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Карта налагодження операції 015 установ 2
Разроб.	Андрухів В.				
Проб.	Барцшак Л.О.				Верстат Vector 650 M HDH
Т.контр.	Барцшак Л.О.				
Н.контр.	Барцшак Л.О.				ПМКМ-22-1 ІФНТУНГ
Утв.	Панчук В.Г.				

Лист № 1  
Стор. № 1  
Підп. і дата  
Інв. № дідл.  
Інв. № дідл.  
Взам. инв. №  
Підп. і дата  
Інв. № подл.



1. Пристрій призначений для свердління 8-ми отворів Ш17 мм, 8-ми отворів Ш13 мм, фрезерування трьох уступів шириною 42 мм, свердління трьох отв. Ш14 мм, нарізання трьох різьб М16 та фрезерування пазу R12x4,2,5 з перевстановленням деталі
2. Для перевстановлення деталі застосувати центруюче кільце
3. Пристрій встановлюється на столі верстата Vector 650 M HDH
4. Тиск в пневмомережі 6,3 Мпа

				МР.ПМКМ-339.04.000.СК		
				Пристрій		
				свердильно-фрезерний		
				Верстат Vector 650 M HDH		
Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
1	1			1		1:1
Ізвр.	Ізвр.	Ізвр.	Ізвр.	Ізвр.	Ізвр.	Ізвр.
Розроб.	Андрушків В.І.					
Проб.	Барцшак Л.О.					
Т.контр.	Барцшак Л.О.					
Ін.контр.	Барцшак Л.О.					
Утв.	Панчук В.І.					
				Лист 1 з 1		
				Формат А1		

Лист № 1 з 1  
 Вид № 1  
 Назва № 1  
 Стор. № 1  
 Вид № 1  
 Назва № 1  
 Стор. № 1  
 Вид № 1  
 Назва № 1  
 Стор. № 1

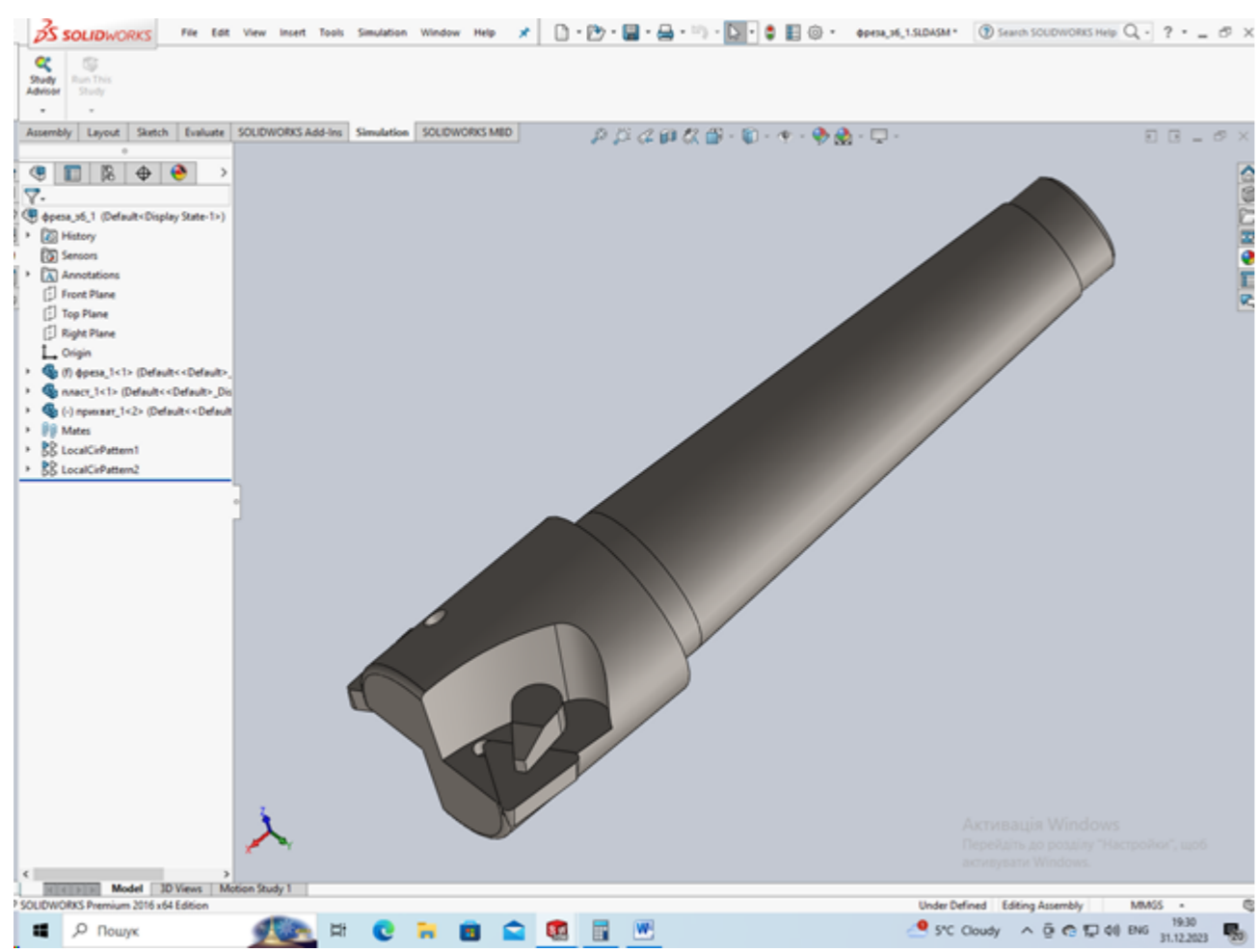


Рис.1-Тривимірна модель фрези в зборі

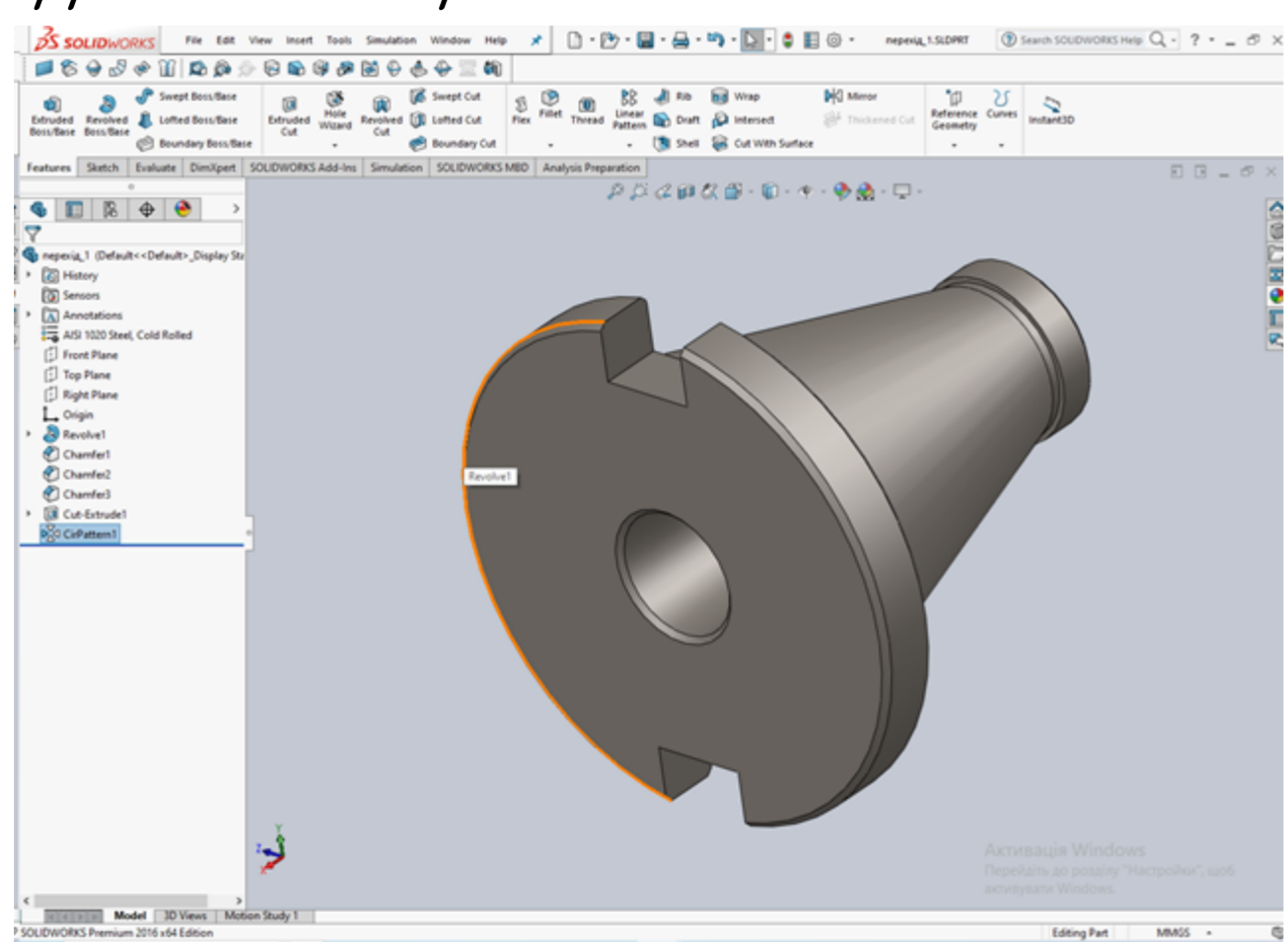


Рис.2-Тривимірна модель перехідного конуса

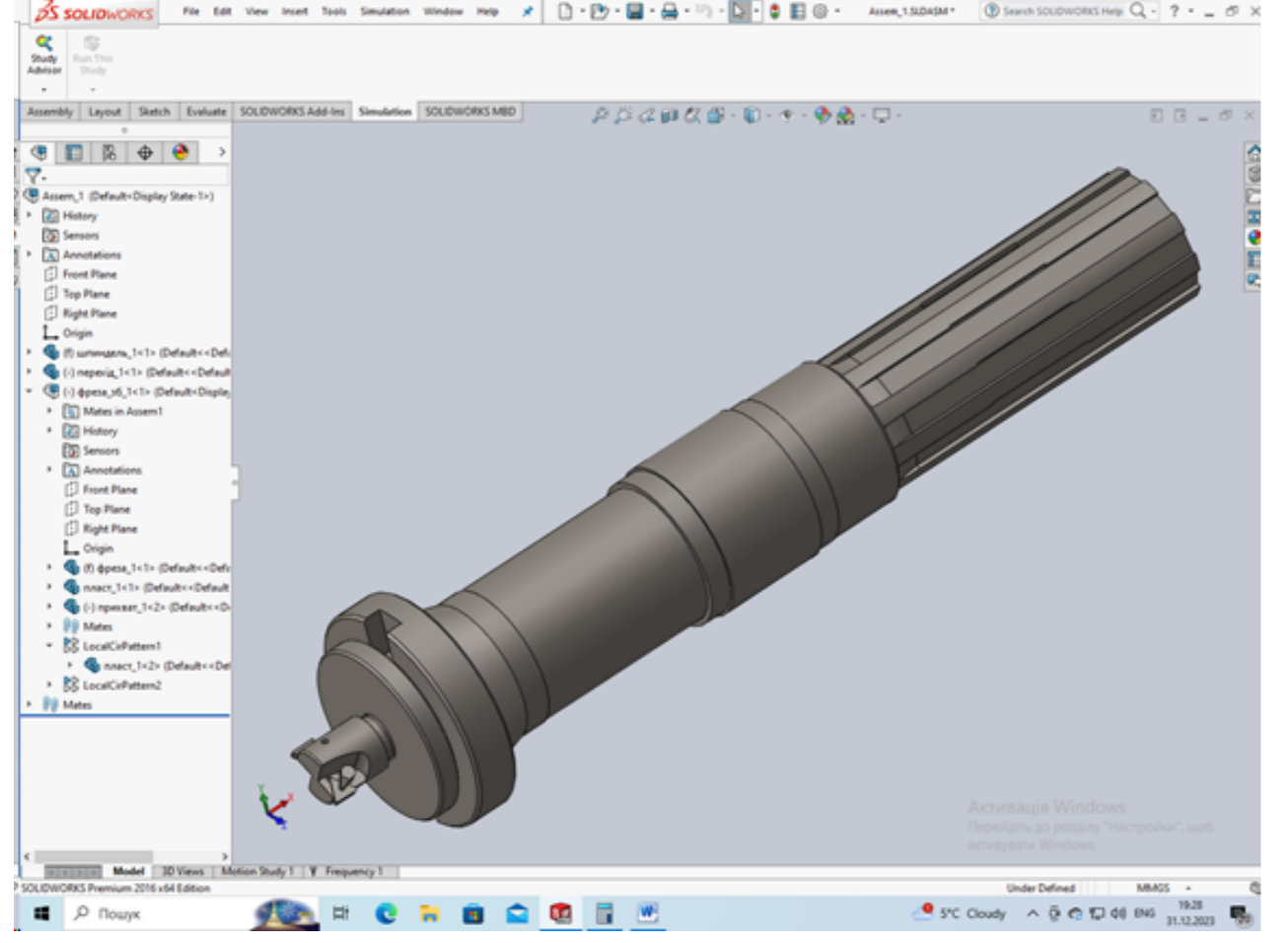


Рис.3-Тривимірна модель шпиндельного вузла

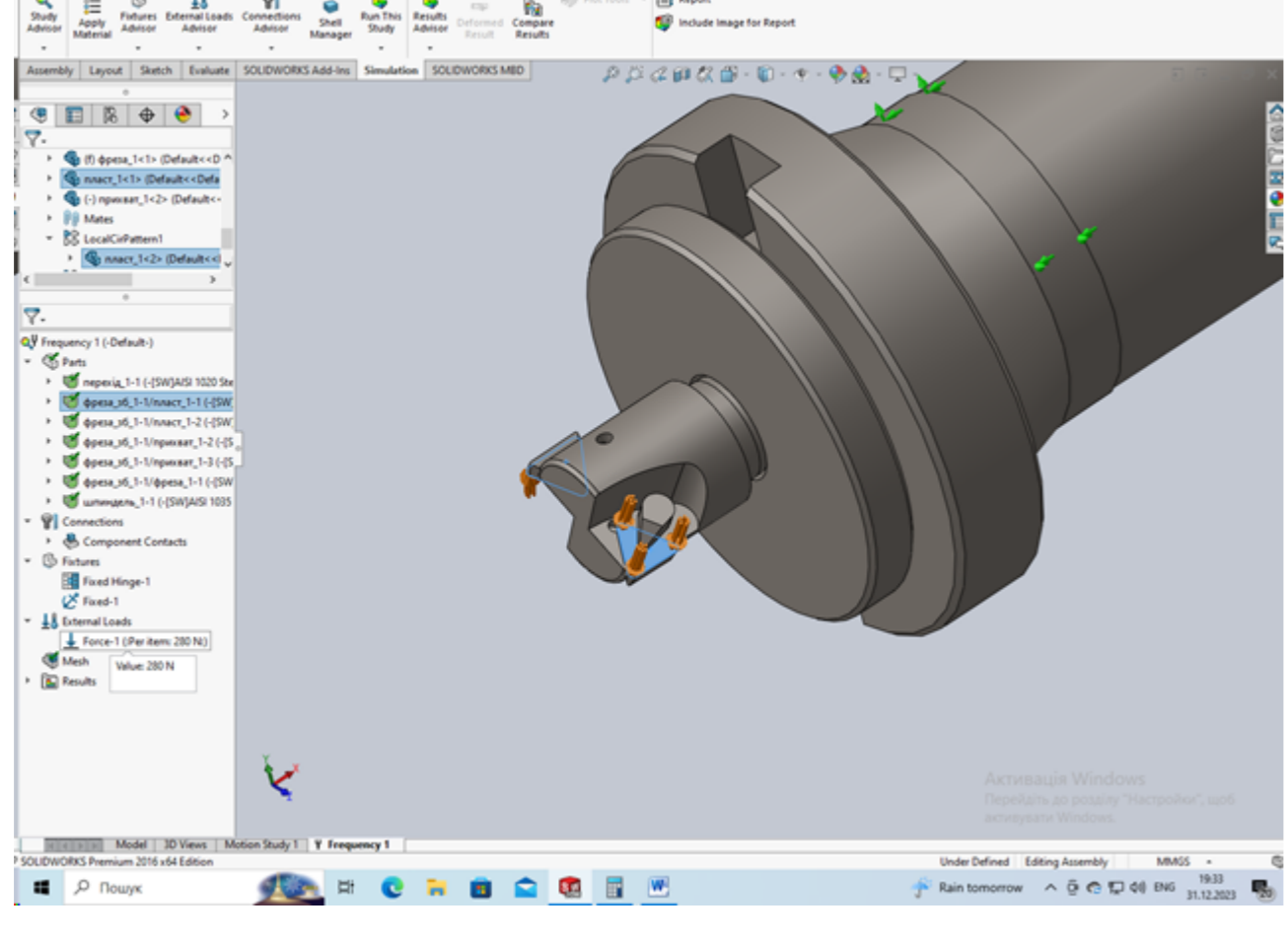


Рис.4-Модель з прикладеними тангенційними силами

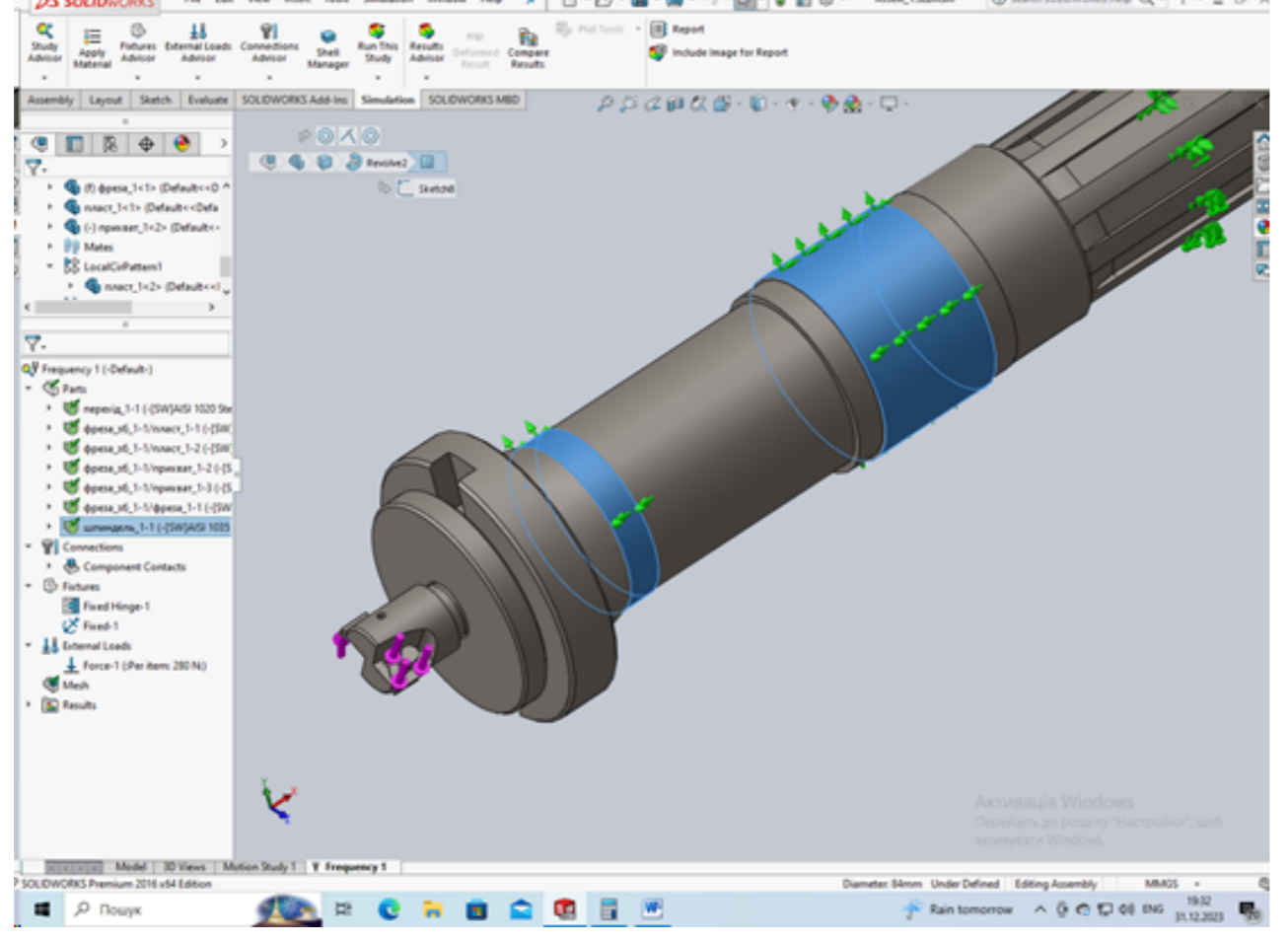


Рис.5-Модель з позначеннями зв'язків та обмежень

Мінімальна резонансна частота автоколивань шпиндельного вузла з навантаженням становить 46800 об/хв

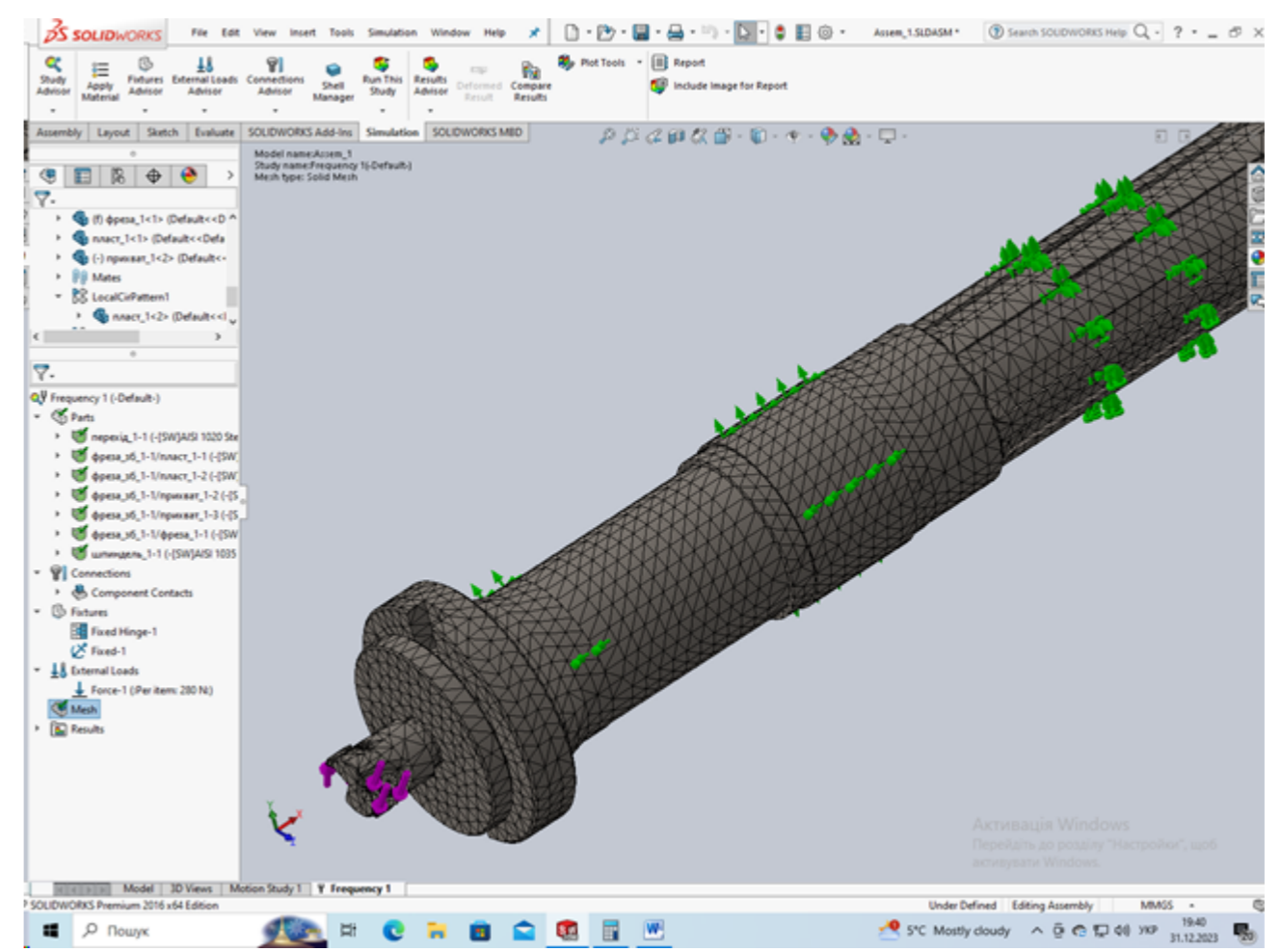


Рис.6-3D-сітка скінченних елементів в об'ємі моделі шпиндельного вузла

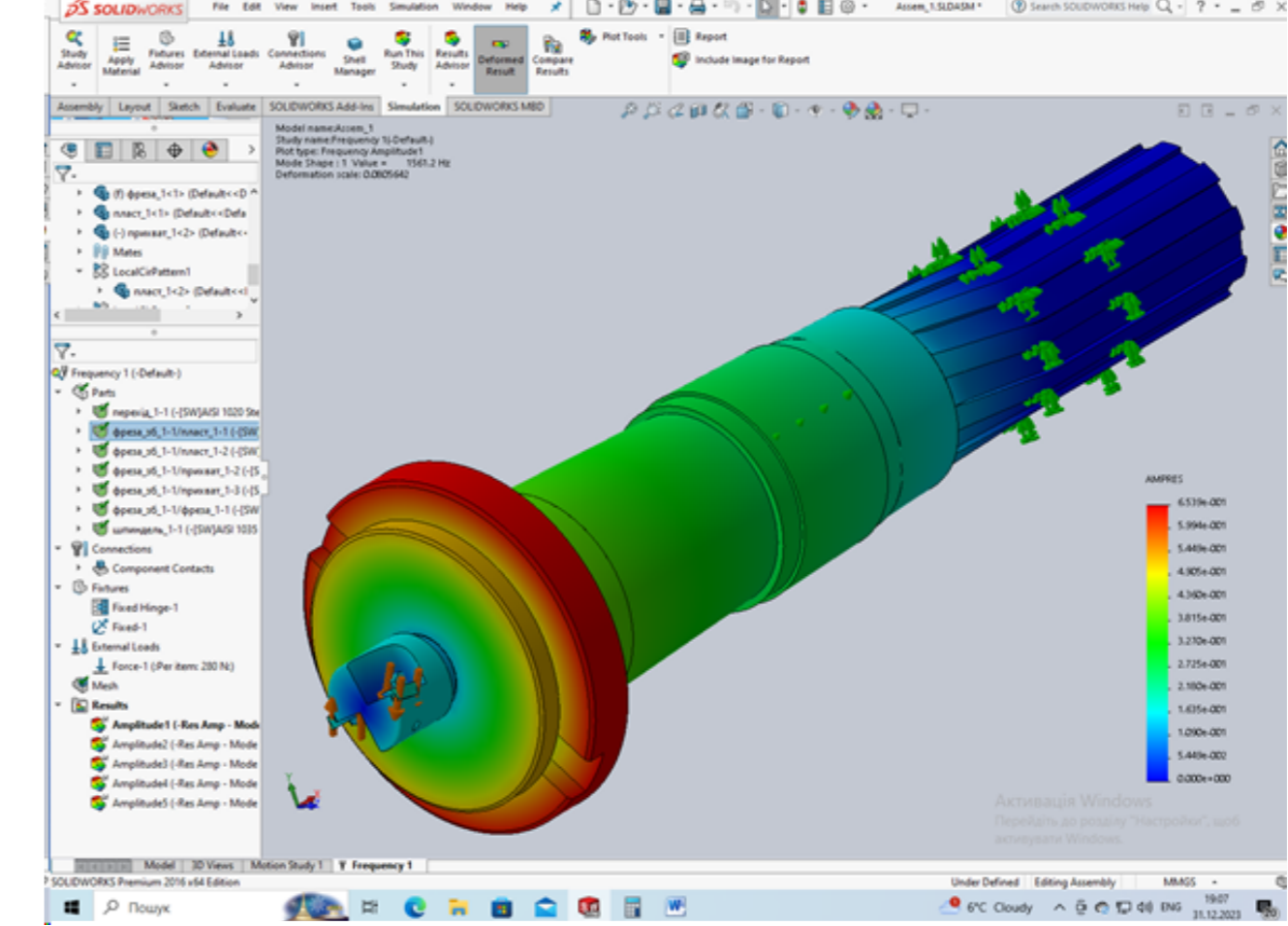


Рис.7-Основна частота коливань та характер деформації (1560 Гц)

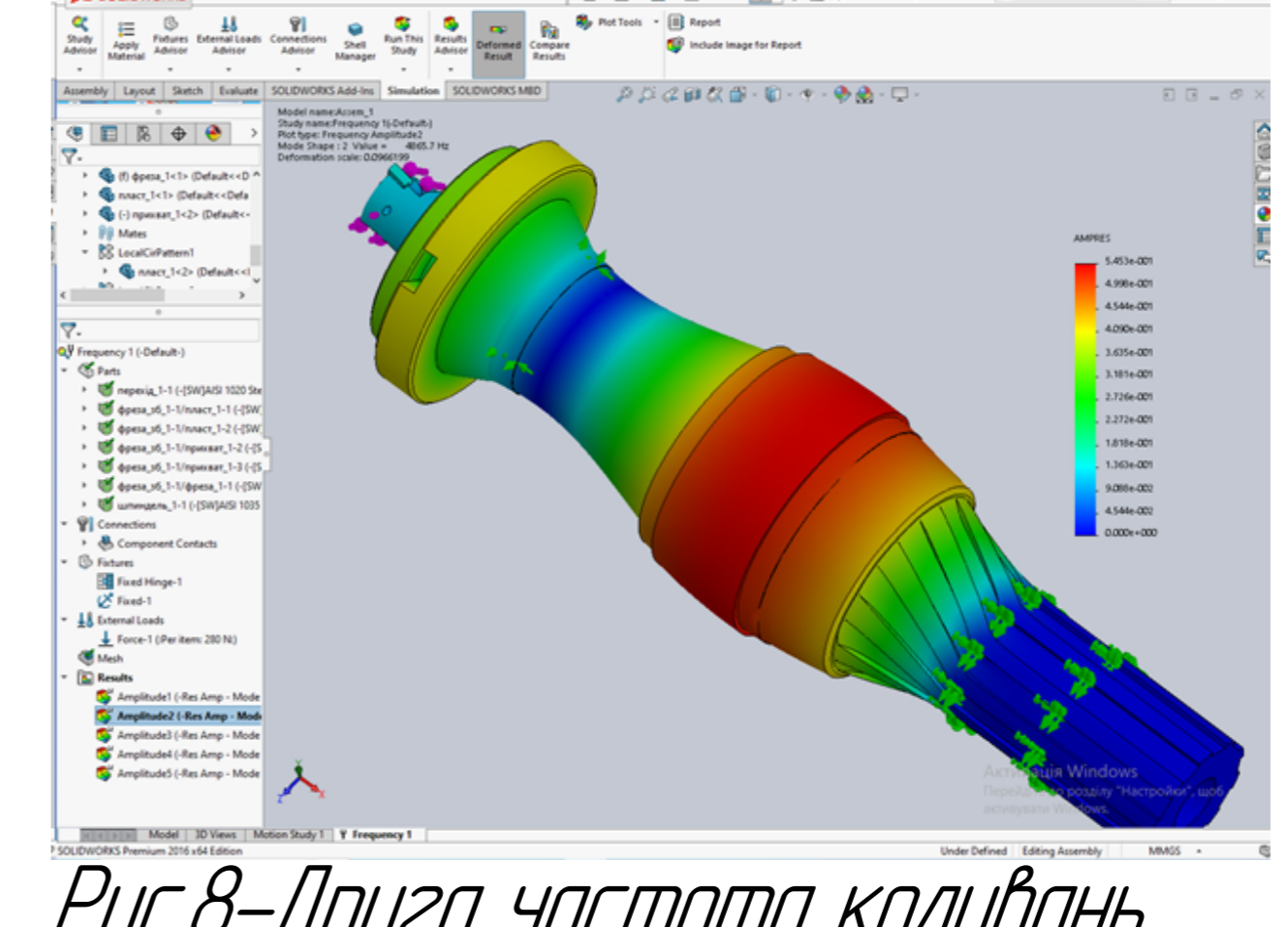


Рис.8-Друга частота коливань та характер деформації (4865 Гц)

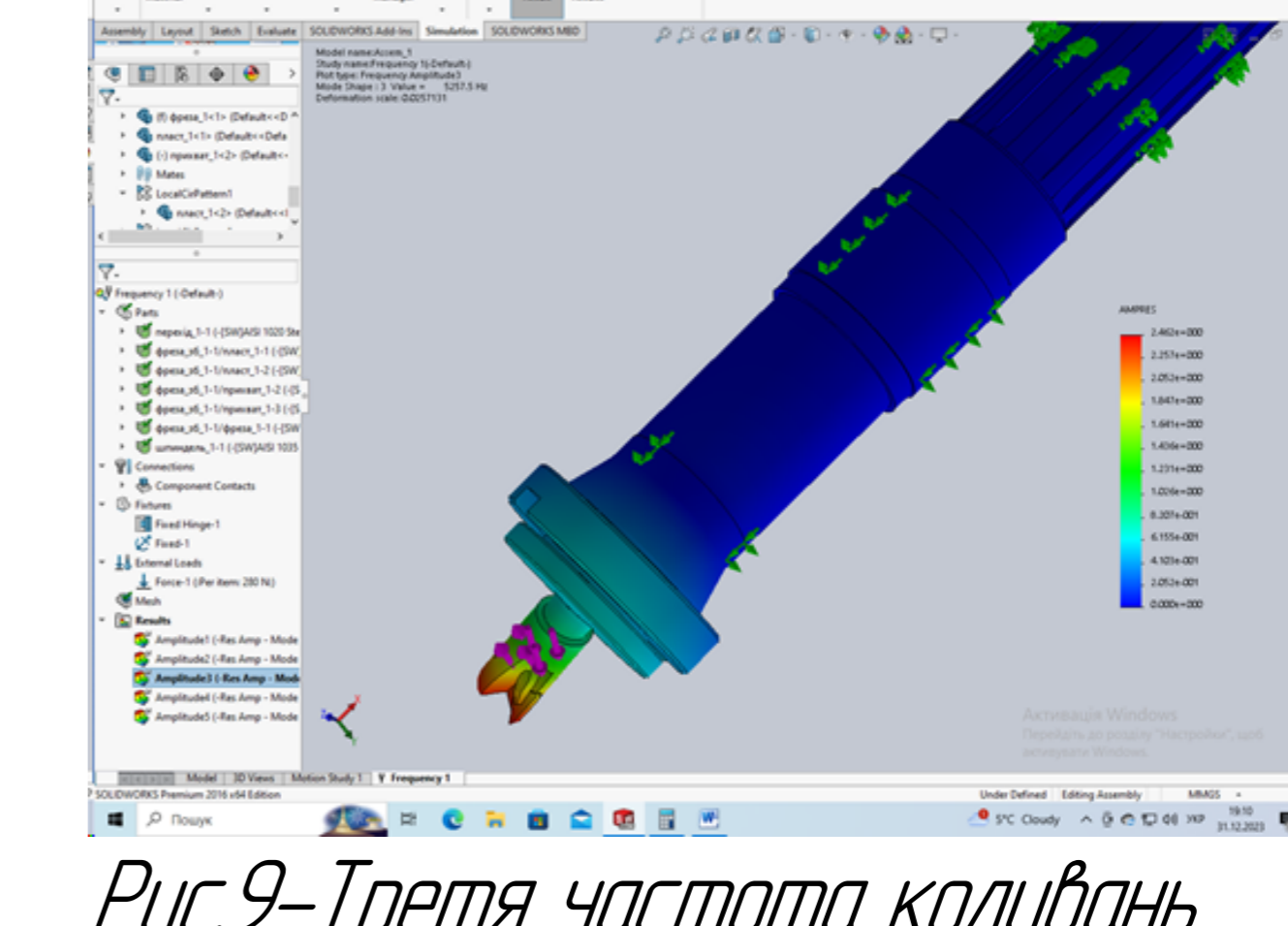


Рис.9-Третя частота коливань та характер деформації (5257 Гц)

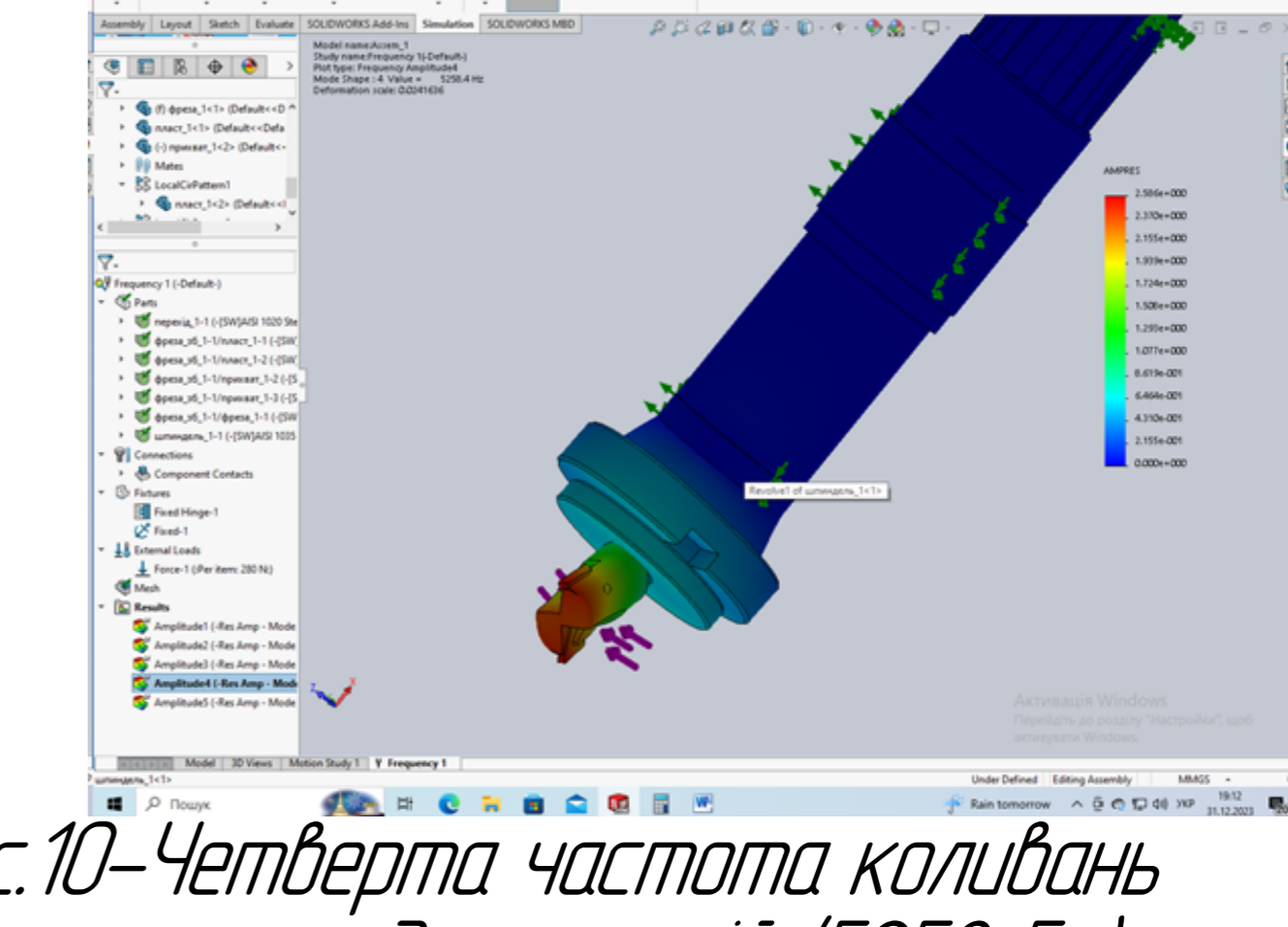
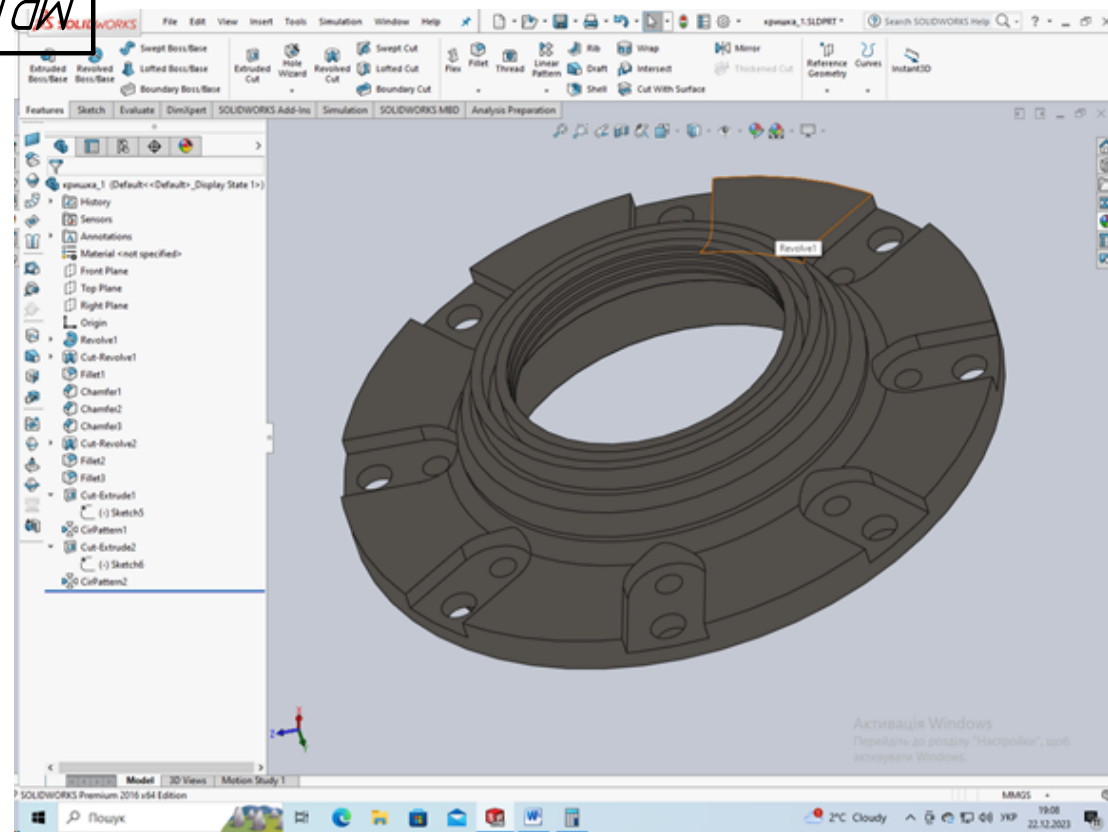


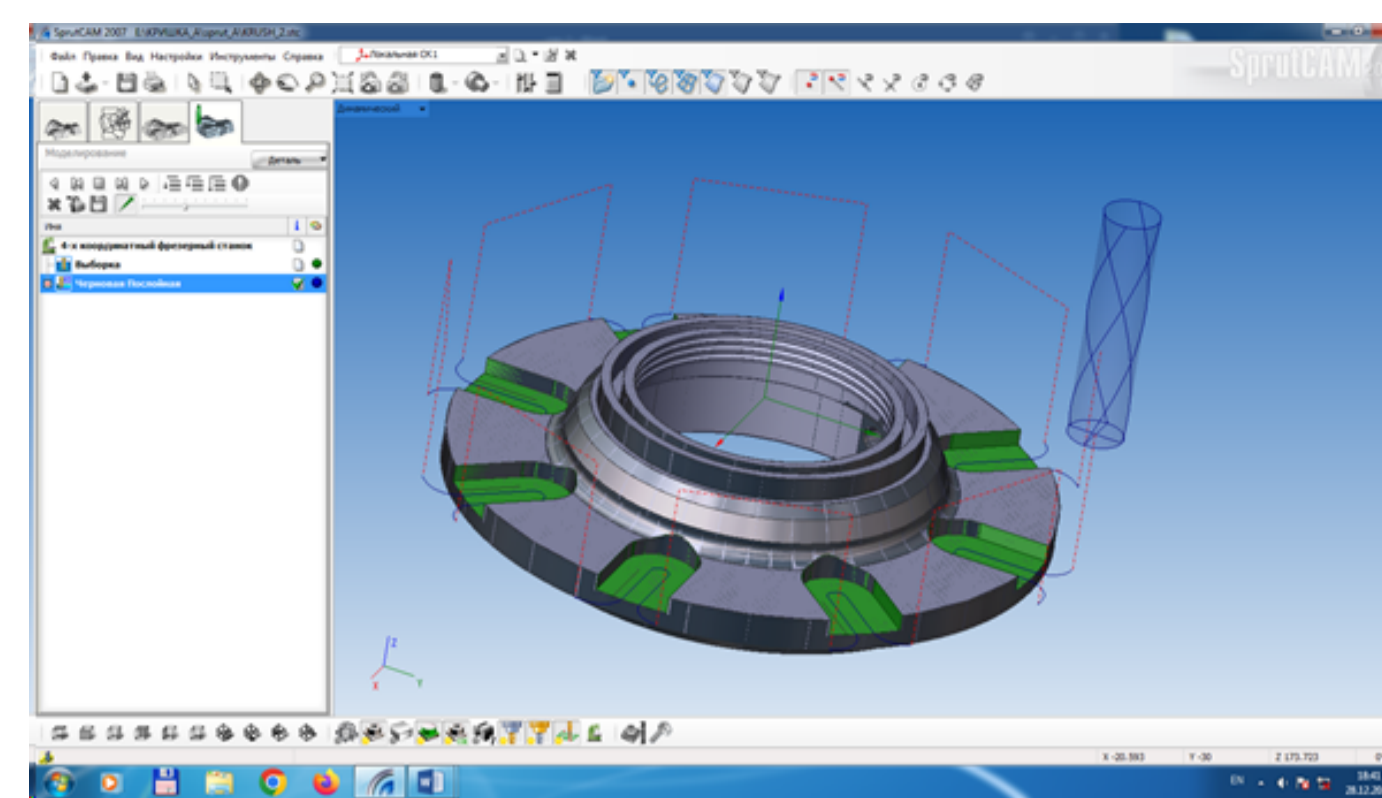
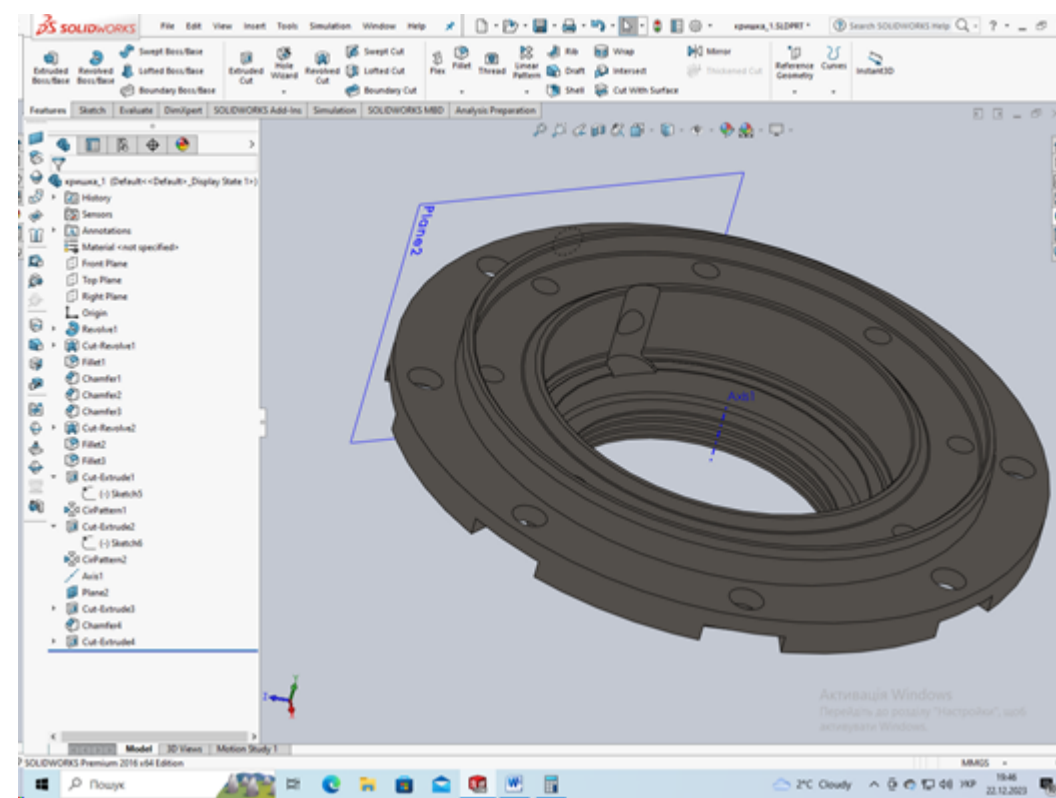
Рис.10-Четверта частота коливань та характер деформації (5258 Гц)

Лист № 001  
Лист № 002  
Лист № 003  
Лист № 004  
Лист № 005  
Лист № 006  
Лист № 007  
Лист № 008  
Лист № 009  
Лист № 010  
Лист № 011  
Лист № 012  
Лист № 013  
Лист № 014  
Лист № 015  
Лист № 016  
Лист № 017  
Лист № 018  
Лист № 019  
Лист № 020  
Лист № 021  
Лист № 022  
Лист № 023  
Лист № 024  
Лист № 025  
Лист № 026  
Лист № 027  
Лист № 028  
Лист № 029  
Лист № 030  
Лист № 031  
Лист № 032  
Лист № 033  
Лист № 034  
Лист № 035  
Лист № 036  
Лист № 037  
Лист № 038  
Лист № 039  
Лист № 040  
Лист № 041  
Лист № 042  
Лист № 043  
Лист № 044  
Лист № 045  
Лист № 046  
Лист № 047  
Лист № 048  
Лист № 049  
Лист № 050  
Лист № 051  
Лист № 052  
Лист № 053  
Лист № 054  
Лист № 055  
Лист № 056  
Лист № 057  
Лист № 058  
Лист № 059  
Лист № 060  
Лист № 061  
Лист № 062  
Лист № 063  
Лист № 064  
Лист № 065  
Лист № 066  
Лист № 067  
Лист № 068  
Лист № 069  
Лист № 070  
Лист № 071  
Лист № 072  
Лист № 073  
Лист № 074  
Лист № 075  
Лист № 076  
Лист № 077  
Лист № 078  
Лист № 079  
Лист № 080  
Лист № 081  
Лист № 082  
Лист № 083  
Лист № 084  
Лист № 085  
Лист № 086  
Лист № 087  
Лист № 088  
Лист № 089  
Лист № 090  
Лист № 091  
Лист № 092  
Лист № 093  
Лист № 094  
Лист № 095  
Лист № 096  
Лист № 097  
Лист № 098  
Лист № 099  
Лист № 100

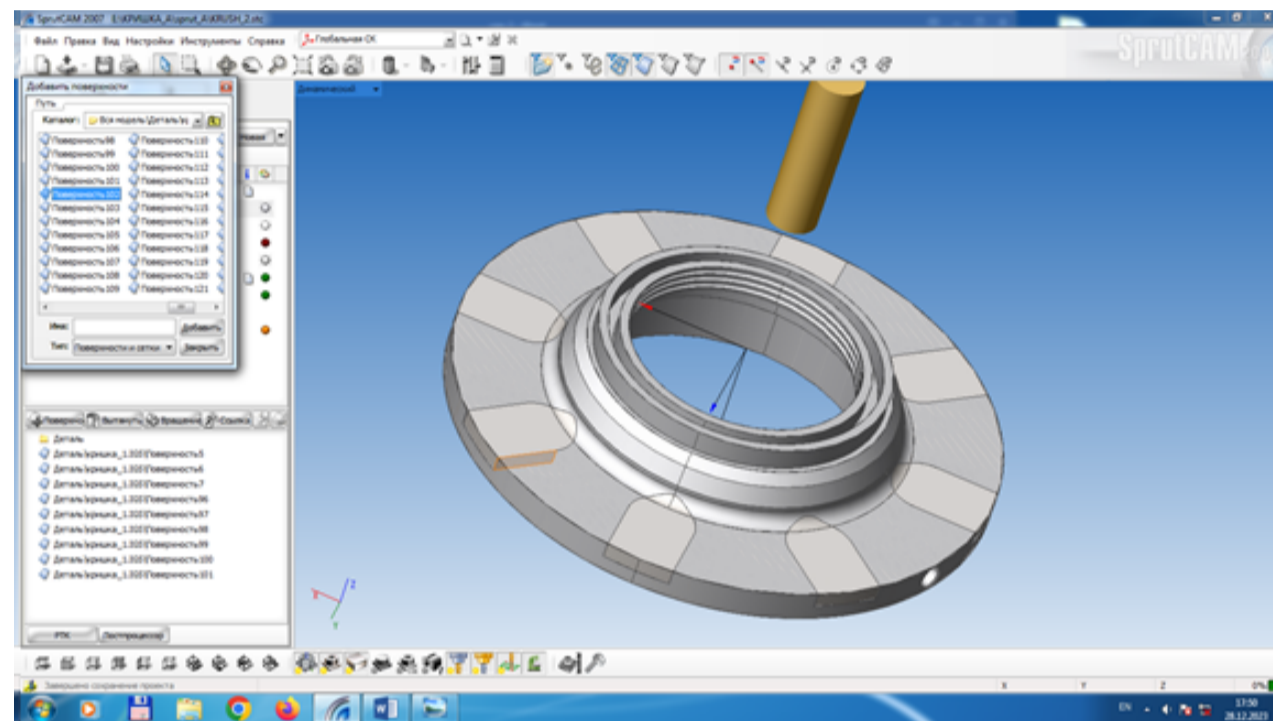
			МР.ПМКМ-339.07.000НДР		
Мен. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Визначення резонансних частот шпиндельного вузла	Лист 1
Розроб.	Андрухів В.				Маса
Проб.	Борщак ЛО				Масштаб 1:1
І.контр.	Борщак ЛО				Лист 1
І.контр.	Панчук ВГ			Модель, алгоритм і результати дослідження	Листов 1
				Копірвалд	ПМКМ-22-1
					Формат А1



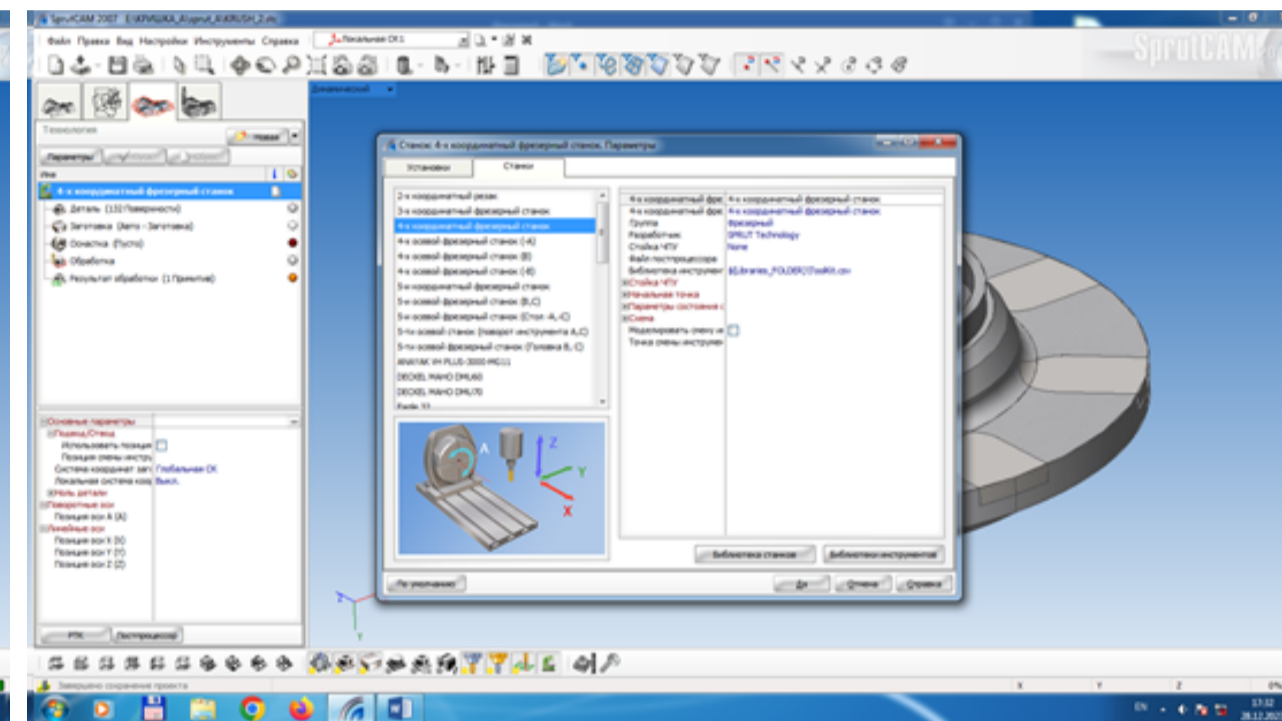
1,2 Модель кришки, створена в програмі Solid WORKS



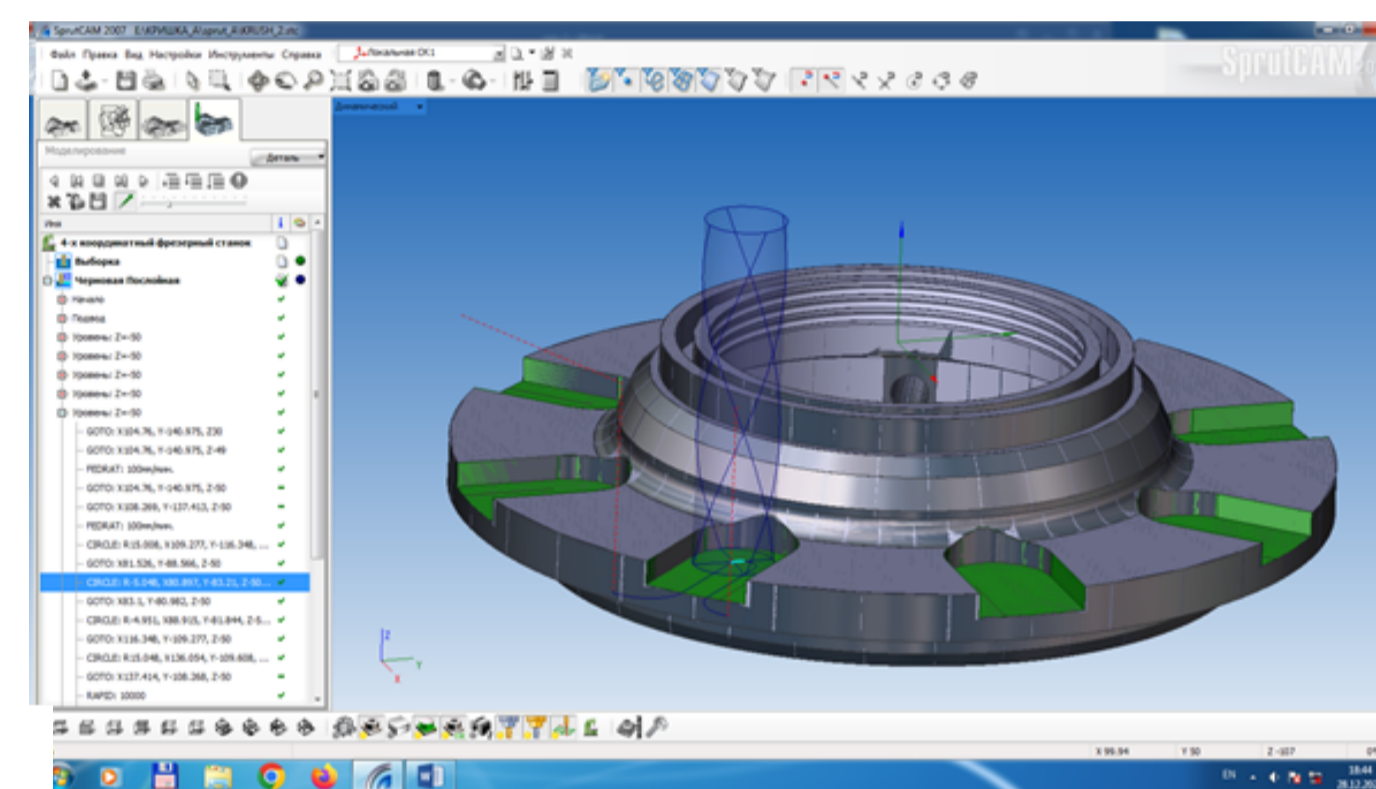
9а Інструмент перед початком робочого ходу



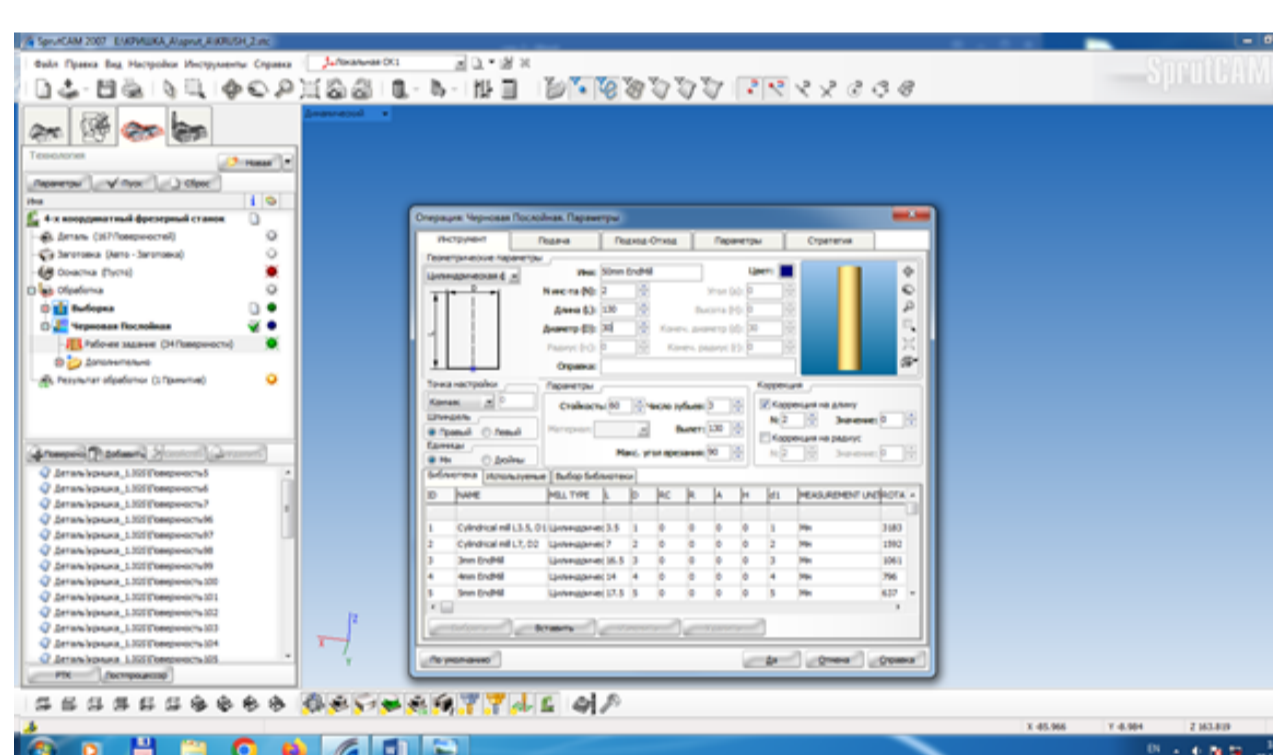
3 Призначення припуску на оброблювану поверхню в Sprut CAM



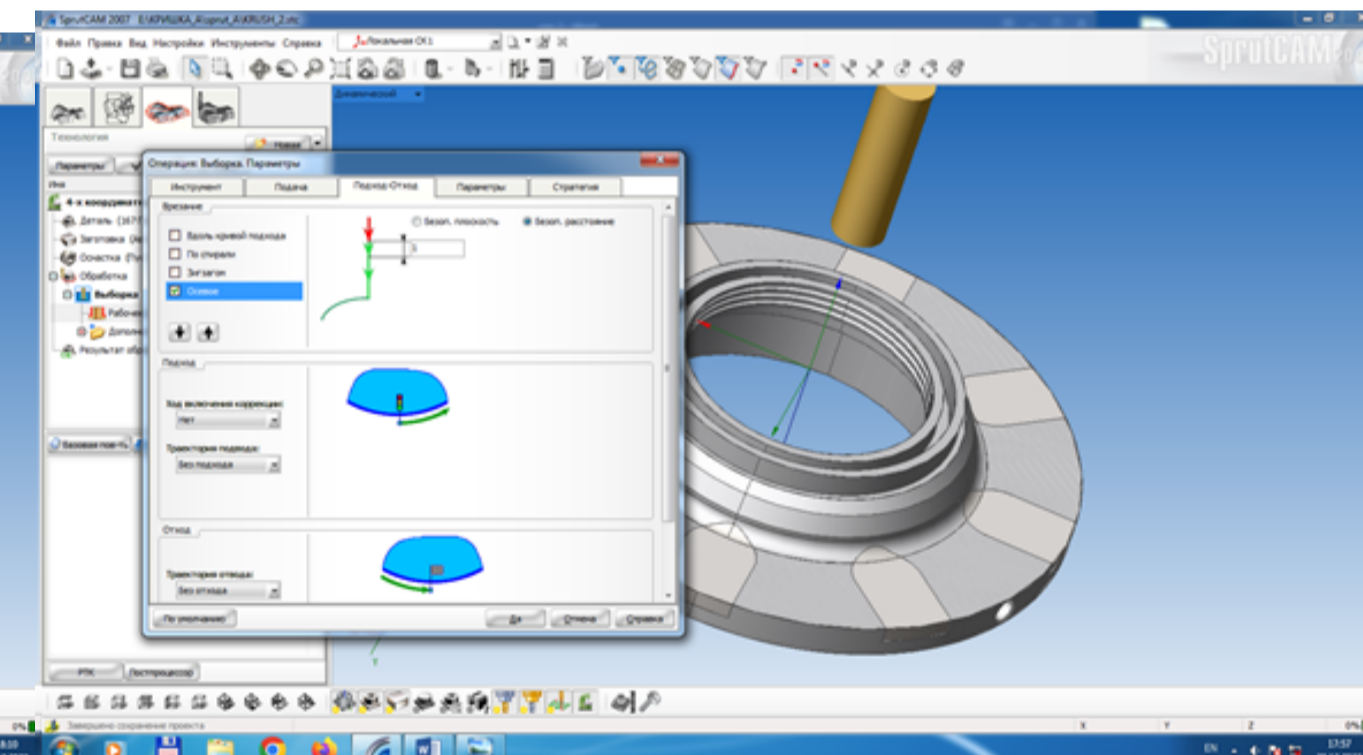
4 Вибір багатоперіодичного верстата



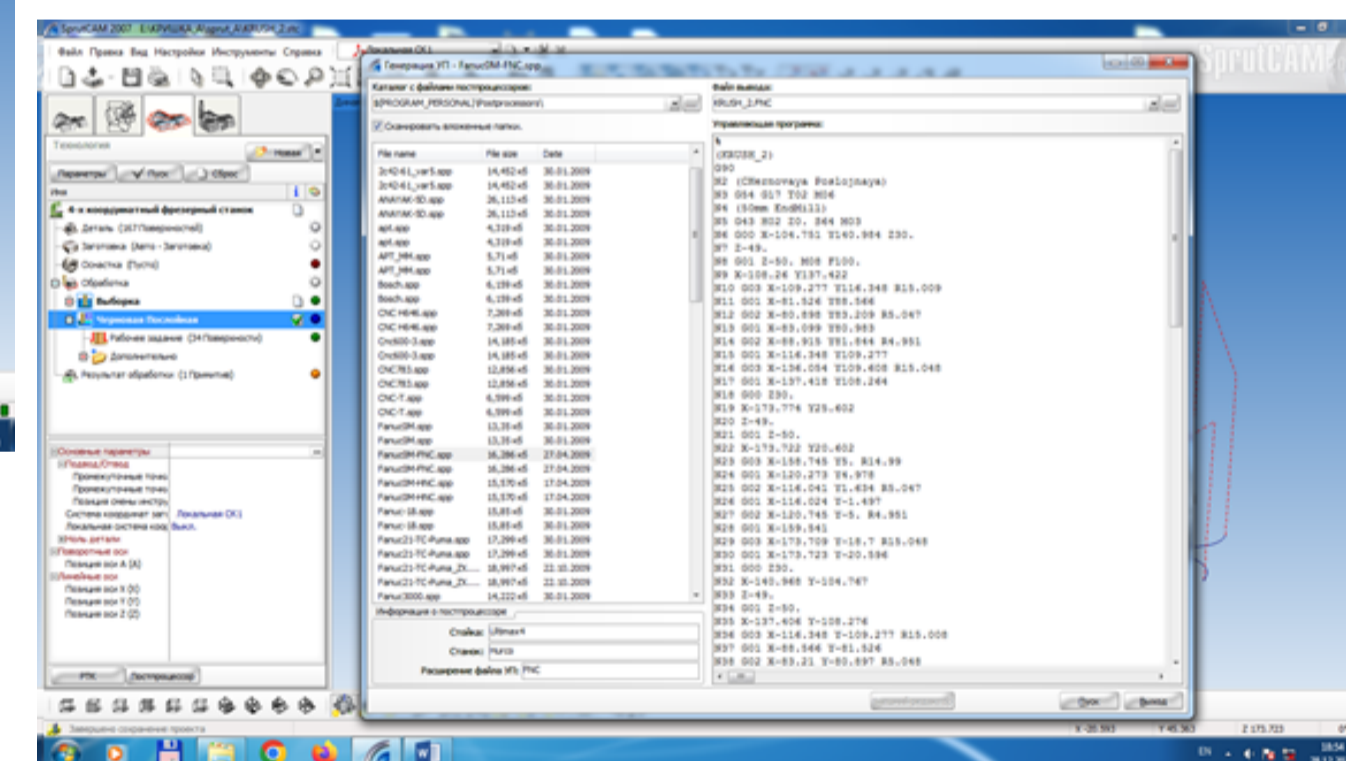
9б Фрагмент імітації фрезерного переходу операції



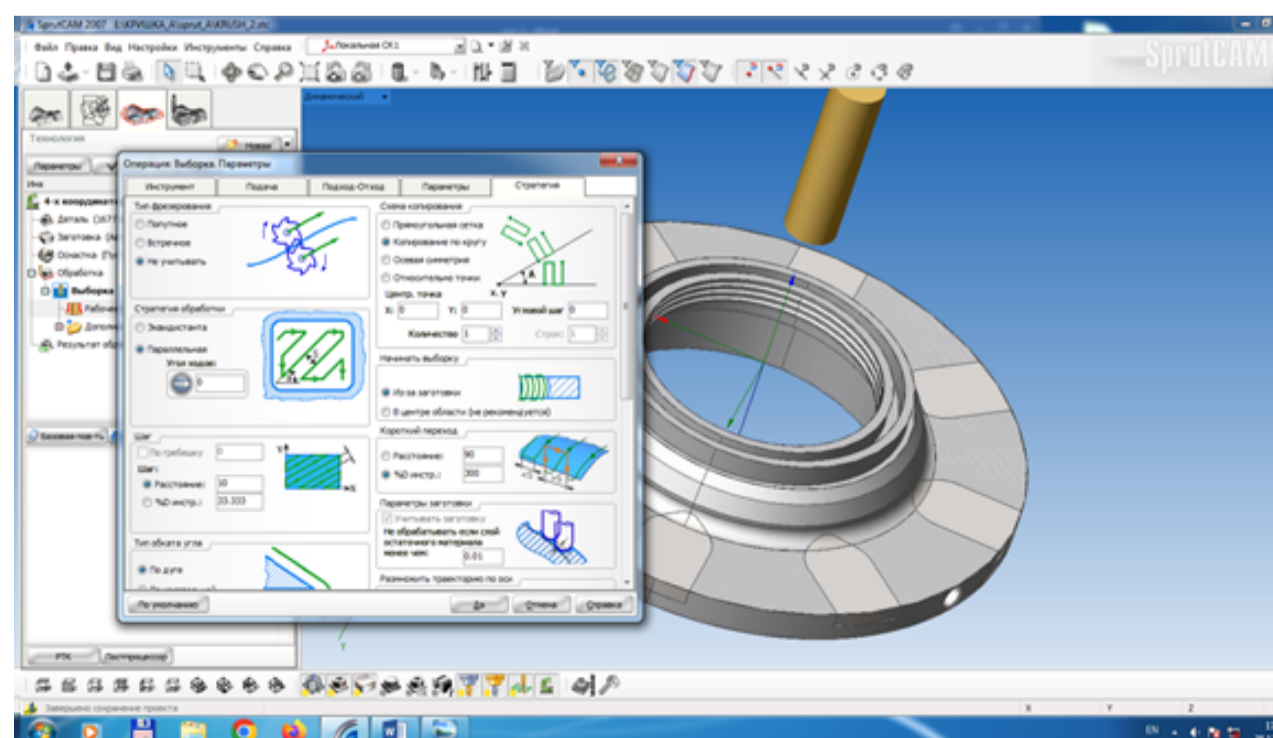
5 Вибір параметрів інструмента фрези



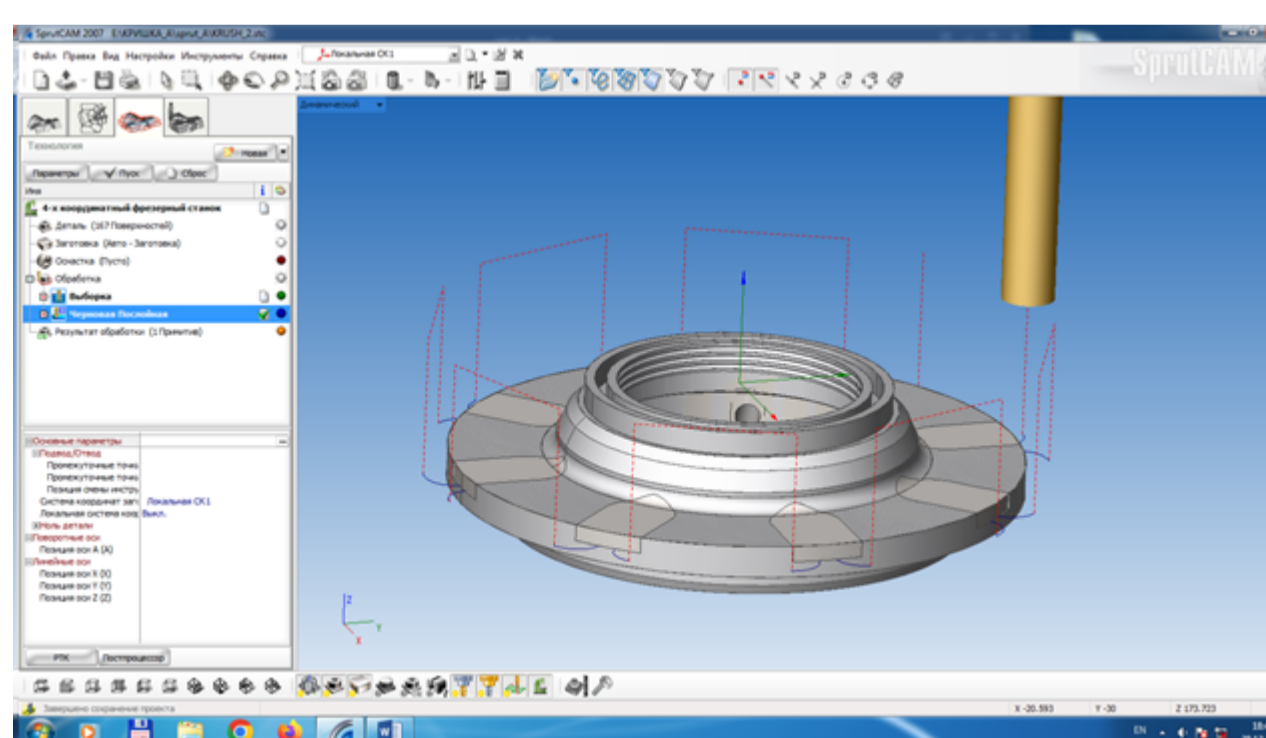
6 Задання підводу-відводу інструмента



10 Генерація програми у вікні постпроцесора



7 Вибір стратегії обробки-фрезерування виімок



8 Ілюстрація траєкторії фрезерування

%		
(KRUSH_2)		N56 G01 X20.608 Y-173.723
G90		N57 G00 Z30.
N2 (Chernovaya Poslojnaya)		N58 X104.76 Y-140.975
N3 G54 G17 T02 M06		N59 Z-49.
N4 (50mm EndMill)		N60 G01 Z-50.
N5 G43 H02 Z0. S64 M03		N61 X108.269 Y-137.413
N6 G00 X-104.751 Y140.984 Z30.		N62 G03 X109.277 Y-116.348 R15.008
N7 Z-49.		N63 G01 X81.526 Y-88.566
N8 G01 Z-50. M08 F100.		N64 G02 X80.897 Y-83.21 R5.048
N9 X-108.26 Y137.422		N65 G01 X83.1 Y-80.982
N10 G03 X-109.277 Y116.348 R15.009		N66 G02 X88.915 Y-81.844 R4.951
N11 G01 X-81.526 Y88.566		N67 G01 X116.348 Y-109.277
N12 G02 X-80.898 Y83.209 R5.047		N68 G03 X136.054 Y-109.608 R15.048
N13 G01 X-83.099 Y80.983		N69 G01 X137.414 Y-108.268
N14 G02 X-88.915 Y81.844 R4.951		N70 G00 Z30.
N15 G01 X-116.348 Y109.277		N71 X173.774 Y-25.615
N16 G03 X-136.054 Y109.608 R15.048		N72 Z-49.
N17 G01 X-137.418 Y108.264		N73 G01 Z-50.
N18 G00 Z30.		N74 X173.722 Y-20.615
N19 X-173.774 Y25.602		N75 G03 X158.745 Y-5. R14.991
N20 Z-49.		N76 G01 X120.273 Y-4.978
N21 G01 Z-50.		N77 G02 X116.041 Y-1.634 R5.047
N22 X-173.722 Y20.602		N78 G01 X116.024 Y1.497
N23 G03 X-158.745 Y5. R14.99		N79 G02 X120.745 Y5. R4.951
N24 G01 X-120.273 Y4.978		N80 G01 X159.541
N25 G02 X-116.041 Y1.634 R5.047		N81 G03 X173.709 Y18.7 R15.048
N26 G01 X-116.024 Y-1.497		N82 G01 X173.723 Y20.604
N27 G02 X-120.745 Y-5. R4.951		N83 G00 Z30.
N28 G01 X-159.541		N84 X140.968 Y104.766
N29 G03 X-173.709 Y-18.7 R15.048		N85 Z-49.
N30 G01 X-173.723 Y-20.596		N86 G01 Z-50.
N31 G00 Z30.		N87 X137.406 Y108.275
N32 X-140.968 Y-104.767		N88 G03 X116.348 Y109.277 R15.008
N33 Z-49.		N89 G01 X88.566 Y81.526
N34 G01 Z-50.		N90 G02 X83.209 Y80.898 R5.047
N35 X-137.406 Y-108.276		N91 G01 X80.983 Y83.099
N36 G03 X-116.348 Y-109.277 R15.008		N92 G02 X81.844 Y88.915 R4.951
N37 G01 X-88.566 Y-81.526		N93 G01 X109.277 Y116.348
N38 G02 X-83.21 Y-80.897 R5.048		N94 G03 X109.608 Y136.054 R15.048
N39 G01 X-80.982 Y-83.1		N95 G01 X108.277 Y137.405
N40 G02 X-81.844 Y-88.915 R4.951		N96 G00 Z30.
N41 G01 X-109.277 Y-116.348		N97 X25.603 Y173.774
N42 G03 X-109.608 Y-136.054 R15.048		N98 Z-49.
N43 G01 X-108.272 Y-137.409		N99 G01 Z-50.
N44 G00 Z30.		N100 X20.603 Y173.722
N45 X-25.615 Y-173.774		N101 G03 X5. Y158.745 R14.99
N46 Z-49.		N102 G01 X4.978 Y120.273
N47 G01 Z-50.		N103 G02 X1.634 Y116.041 R5.047
N48 X-20.615 Y-173.722		N104 G01 X-1.496 Y116.023
N49 G03 X-5. Y-158.745 R14.991		N105 G02 X-5. Y120.745 R4.951
N50 G01 X-4.978 Y-120.273		N106 G01 Y159.541
N51 G02 X-1.635 Y-116.041 R5.047		N107 G03 X-18.7 Y173.709 R15.048
N52 G01 X1.497 Y-116.024		N108 G01 X-20.593 Y173.723
N53 G02 X5. Y-120.745 R4.951		N109 G00 Z30.
N54 G01 Y-159.541		N110 G40 M30 M05 M09
N55 G03 X18.7 Y-173.709 R15.048		%

Текст керуючої програми в середовищі SprutCAM 2007

				MP.ПМКМ-339.00.000.КТ				
№м.Лист	№ док.	Подп.	Дата	Автоматизоване проектування технології і генерація керуючої програми		Лист	Масштаб	Масштаб
Розроб.	Андриш ВІ							1:1
Проб.	Борщак ІО							
Т.контр.	Борщак ІО							
				Структура проекту операційної технології у Sprut CAM		Лист	Листів	1
Н.контр.	Борщак ІО							ІФНТУНГ
Утв.	Ланчук ВІ							ПМКМ-22-1
				Копірабат				Формат А1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1