

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

Когут Олександр Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.622  
(індекс)

## МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Удосконалення технології виготовлення деталі

Корпус ІА01017-200А  
(назва роботи)

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

131 Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

Когут О.М.  
(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 “ Удосконалення технології виготовлення деталі Корпус ІА01017-200А”

Розрахунково-пояснювальна записка: сторінок, рисунків, таблиць, посилань.

Графічна частина: 7 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси механічної обробки деталей.

Предмет дослідження – Корпус ІА01017-200А.

Мета роботи – вдосконалення базової технології механічної обробки деталі - корпусу - в за стосунку до верстатів з числовим програмним керуванням.

В магістерській роботі виконано аналіз конструкції корпусу і базового технологічного процесу його виготовлення, встановлено недоліки заводського маршруту обробки, який не відповідає сучасному рівню виробництва. Розроблено новий технологічний процес обробки корпусу, у якому задіяні токарний і п'ятикоординатний верстати з ЧПК.

Технологічна частина пояснювальної записки містить розрахунок припуску на розточування отвору  $\varnothing 40$  мм, аналітично виконано розрахунок режимів механічної обробки корпусу. Для забезпечення необхідної точності обробки отвору  $\varnothing 40$  мм розраховано вплив складових факторів обробки на точність розточування поверхні під підшипники осі.

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

У конструкторському розділі пояснювальної записки та графічної частини роботи розраховано пристрій до п'ятикоординатного верстата з ЧПК і виконано його складальне креслення.

В дослідницькій частині роботи зроблено перевірку механічної міцності затискного вузла пристрою у середовищі Solid Works (з використанням додатку Simulation).

**Ключові слова:** технологічний процес, операція, перехід, режим різання, припуск, багатоопераційні верстати, аналіз точності обробки, верстатний пристрій, напружено-деформований стан.

Студент Когут О.М.

# **ABSTARCT**

Master's thesis

Manufacturing technology of a part “Cover 260.30.10.118 zap”

Settlement note: pages, figures, tables, 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.Andrukhiv

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризовано машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Когут Олександр Миколайович

Прізвище, ім'я, по батькові

1 Тема роботи Удосконалення технології виготовлення деталі «Корпус  
ИА01017-200А» для умов серійного виробництва

керівник роботи Борушак Любомир Онуфрійович, к.т.н., доцент

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

Затверджена наказом закладу вищої освіти від " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 р. № \_\_\_\_

2 Термін подання студентом закінченої роботи 15 грудня 2025 р.

3 Вихідні дані роботи креслення деталі, базовий технологічний процес  
тип виробництва \_\_\_\_\_

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які належить  
опрацювати)

Аналіз деталі, базового техпроцесу та розробка нового варіанту технології.  
Проектування операційної технології та аналіз точності обробки.

Автоматизоване проектування операції для верстата з ЧПК Проектування  
верстатного пристрою для багатоопераційного верстата. Дослідницький розділ  
– створення моделі вузла затиску заготовки та імітаційне дослідження міцності.

5 Перелік графічного матеріалу

Карти налагоджень на операції з ЧПК (2 арк. ф.А1), аналіз точності при  
розточуванні отвору (1 арк. ф.А1), креслення заготовки та її модель (1 арк.  
ф.А2), 3D модель корпусу (1 арк. ф.А2), конструкція верстатного пристрою (1  
арк. ф.А1), графічна інтерпретація САПР ТП (1 арк. ф.А1), результати  
дослідницького розділу(1 арк. ф.А1)



## Зміст

Вступ.....	
1	Технологічний розділ .....
1.1	Аналіз призначення та конструкції деталі.....
1.2	Аналіз технологічності конструкції деталі.....
1.3	Визначення річної програми випуску та кількості деталей у партії...
1.4	Вибір та обґрунтування способу отримання заготовки.....
1.5	Вдосконалення технологічного процесу механічної обробки корпусу
1.5.1	Аналіз базового технологічного процесу.....
1.5.2	Проектування нового технологічного маршруту.....
1.5.3	Розробка операційної технології.....
1.5.3.1	Розрахунок припусків на механічну обробку
1.5.3.2	Розрахунок режимів різання
1.5.3.3	Аналіз точності обробки.....
1.5.4	Автоматизоване проектування операції свердління отворів корпусу
2	Конструкторський розділ Проектування верстатного пристрою для фрезерно-свердлильної операції з ЧПК 010.....
2.1	Конструювання пристрою.....
2.2	Застосування пристрою.....
2.3	Розрахунок пневмоприводу пристрою.....

					<b>МР.ПМК-013.00.000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Когут О.М.			<b>Пояснювальна записка</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Боруншак Л					1	
<i>Реценз.</i>						<b>ІФНТУНГ</b>		
<i>Н. Контр.</i>						<b>ПМКм-24-1</b>		
<i>Затверд.</i>		Панчук В.Г.						

2.4	Силова перевірка елементів пристрою.....
	Дослідницький розділ
3	Комп'ютерна перевірка міцності деталей затискного механізму верстатного пристрою .....
	Висновок.....
	Література.....
	Додатки.....

					MP.ПМК-013.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Технологічний розділ

## 1.1 Аналіз призначення та конструкції деталі

Деталь «Корпус ИА01017-200А» відповідно до класифікації Ф. С. Дем'янюка відноситься до корпусних деталей і є складовою одиницею зворотного клапана для парової магістралі охолодження теплоелектростанцій.

Заготовку деталь отримують способом литва у земляні форми із сталі 20 Л. Для конфігурації нашого корпуса цей метод отримання заготовки є оптимальним з точки зору затрат і якості металу.

Корпус (арк.1 граф. частини проекту) має форму порожнистого циліндра висотою 125 мм та діаметром Ø260 мм з двома кільцевими фланцями Ø260 мм по торцях. Зсередини корпус має кільцевий пояс Ø180 – 242 мм з наплавленим зносостійким шаром товщиною 5 мм min. На торцях великих фланців також проточені кільцеві канавки Ø252 мм, глибиною 3,7 і шириною 4,5 мм для ущільнюючих кілець. До бокових циліндричних стінок корпуса приєднані два патрубкі (один з фланцем) для монтажу осі клапана з отворами Ø30Н9 та Ø40Н9 мм відповідно. У фланцях виконані 16 отворів Ø11 мм для кріплення у магістралі. Циліндричні стінки корпуса та більший патрубок ззовні мають ребра жорсткості.

У торці бокового фланця зроблені чотири отвори з різьбо. М12 для кріплення кришки.

Проаналізуємо точність та шорсткість поверхонь корпуса.

Поверхні з найвищою точністю і шорсткістю:

- циліндрична посадочна поверхня ø40 мм 23 - 9 квалітет, – Ra 1,6 мкм;

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- циліндрична посадочна поверхня  $\varnothing 30$  мм 23 - 9 квалітет, – Ra 1,6 мкм;
- приєднувальна циліндрична поверхня на торці фланця патрубк  $\varnothing 108$  мм 25 - 11 квалітет, – Ra 6,3 мкм;
- поверхні канавок глибиною 3,7 мм – 14 квалітет, Ra 6,3 мкм;
- поверхні торців 3та 24 -  $\pm IT14/2$ , – Ra 12,5 мкм;
- різьбові поверхні M10 – 7 квалітет, Ra 6,3 мкм;
- циліндрична внутрішня поверхня  $\varnothing 180$  мм 8 - 12 квалітет, – Ra 3,2 мкм;
- поверхні кріпильних отворів  $\varnothing 11$  мм 58, - 14 кв., Ra 2,5 мкм,
- решта поверхонь 14 кв., Rz 40.

Габаритні розміри деталі: 335x300 x 125 мм. Маса – 12,3 кг.

Хімічний склад сталі 20Л вказаний у таблиці 1.1.

Механічні властивості сталі 20Л вказані у табл. 1.2. Основні характеристики поверхонь деталі наведені в таблиці 1.3.

**Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 20Л ГОСТ 977 - 88**

Вміст елементів, %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,17 - 0,25	0,20 - 0,52	0,35 - 0,90	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04

Механічні властивості сталі 20Л наводимо в таблиці 1.3

**Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 20Л ГОСТ 977 - 88**

$\sigma_B$ , МПа	KCU Дж/м <sup>2</sup>	$\Psi$ , %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	НВ	Розміри січення для випробування
420	50	35	277,6	160...165	50

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

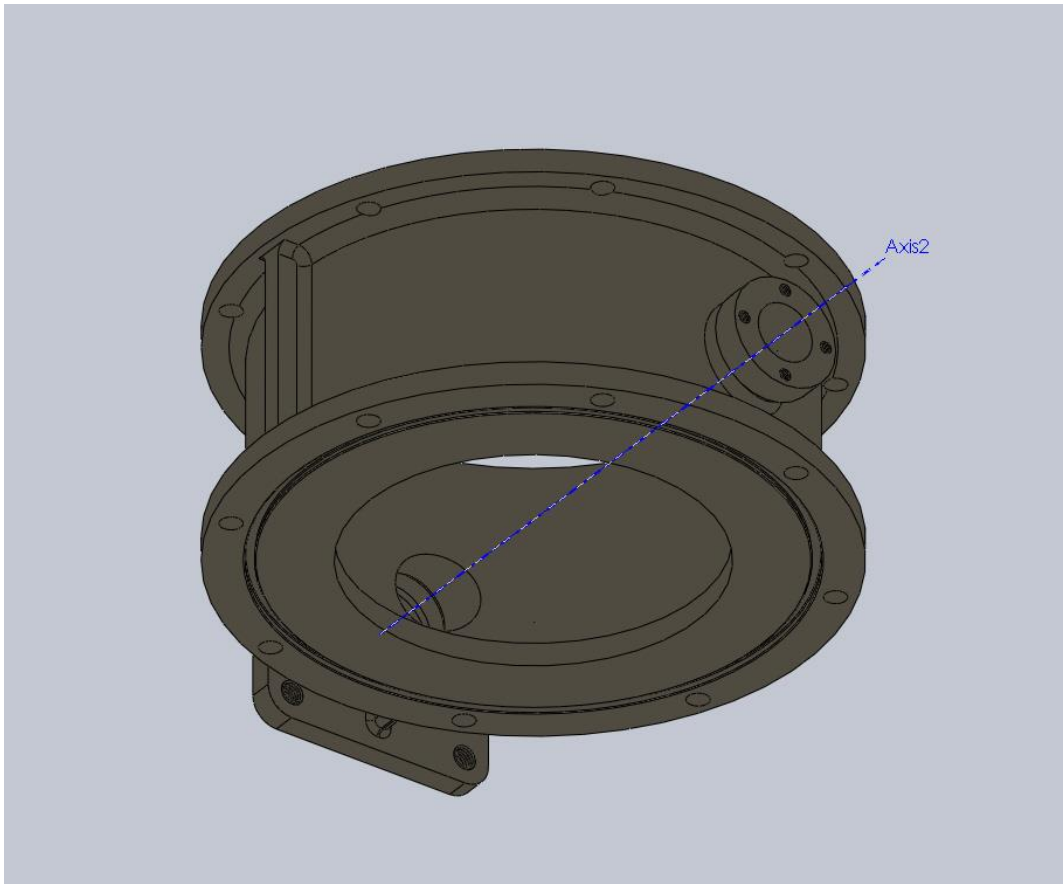
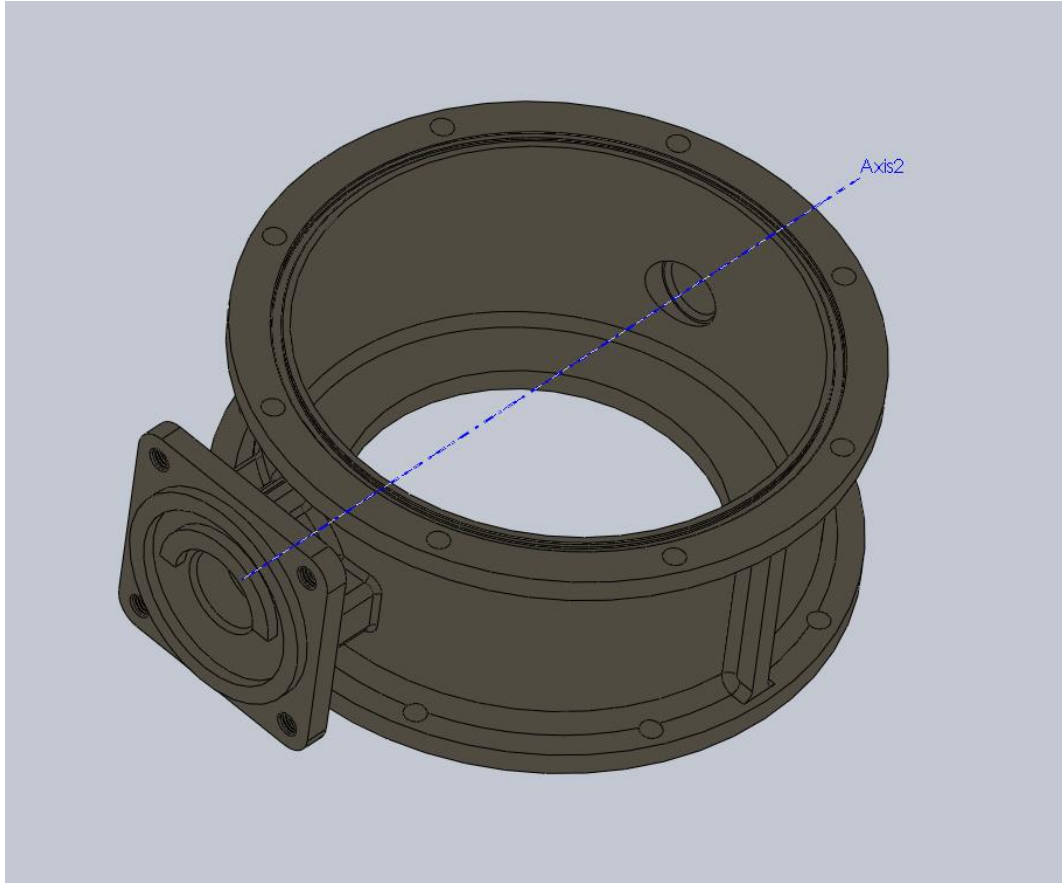


Рис.1 1 – Корпус ИА01017-200А

					<i>МР.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 1.3 – Характеристика поверхонь корпусу ІА01017-200А**

№ поверхні	Конфігурація та службове призначення поверхонь	Розміри, мм	Квалітет точності, допуск, мм	Точність форми та розміщення	Шорсткість Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
1, 2	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня. Технологічна база	Ø 300	12	12	Rz 80
3, 10	Плоский торець. Технологічна база, конструкторська база, приєднувальна поверхня. Вільна поверхня.	125	14	14	12,5
4	Внутрішня циліндрична поверхня. Технологічна база	Ø244	12	12	Rz 40
5	Внутрішня радіусна кільцева поверхня. Вільна поверхня.	R5	14	14	Rz 40
6	Внутрішній плаский торець. Вільна поверхня.	11	14	14	Rz 40
7	Внутрішній плаский торець. Вільна поверхня. Виконавча поверхня	12	14	14	1,6
8	Внутрішня циліндрична поверхня. Технологічна база	Ø180	12	12	3,2
9	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø260	14	14	Rz 80
10	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø60	14	14	Rz 80
11-16	Поверхні торцевих канавок. Виконавчі поверхні	Ø260x252	14	14	6,3
17	Плоский торець. Приєднувальна поверхня.	300	14	14	12,5
20	Внутрішній плаский торець. Вільна поверхня.	Ø 36	14	14	12,5
21	Внутрішня циліндрична поверхня. Приєднувальна поверхня.	Ø30	9	9	12,5
22,23	Внутрішня циліндрична поверхня. Приєднувальна поверхня	Ø40	H9	9	1,6

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24	Торець фланця. Приєднувальна поверхня	122x122	14	14	12,5
25	Зовнішня циліндрична поверхня. Приєднувальна поверхня	Ø108	h11	11	12,5
26	Торець фланця. Вільна поверхня. Конструкторська баз	Ø108	H11	11	12,5
27	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø90	14	14	12,5
28	Внутрішній торець фланця	Ø90x6,0	14	14	12,5
29	Торець.	Ø90	14	14	12,5
30	Конічна фаска	3,0x30°	14	14	12,5
31	Торець.	Ø56	14	14	12,5
32	Сегментний торець. Вільна поверхня.	Ø70	14	14	6,3
33	Зовнішня торцюва кільцева поверхня	Ø70	12	12	Rz 80
34, 35	Конічна поверхня	2,0x30°	14	14	3,2
36	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø43	14	14	12,5
39-46	Різьбові отвори	M12	7H	7	6,3
47	Циліндричні наскрізні отвори	Ø11x12	14	14	Rz 20
48-49	Різьбовий отвір	M10x1,0	7H	7	6,3
50-53	Різьбові отвори	M6	7H	7	6,3
54-57	Фаска	1x45°	14	14	Rz 40

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Способом отримання заготовки корпусу ІА01017-200А із сталі марки 20Л є литво в разові піщані форми з машинним формуванням.

Деталь має порівняно конфігурацію середньої складності і є досить жорсткою, не зважаючи на значні габарити. За базовим технологічним процесом механічну обробку корпусу виконують на універсальних верстатах – токарних, горизонтально-розточному та радіально-свердлильному.

Торці і циліндричні поверхні фланців, торцьові канавки, внутрішні циліндричну і торцьову поверхні обробляють на токарно-гвинторізному верстаті 1М63, поверхні приєднувальних малих фланців – на горизонтально-розточному верстаті 2620, кріпильні отвори свердлять на радіально-свердлильному верстаті 2Н55, нарізають різьбу теж. Обробку вказаних поверхонь виконують з вільним доступом різального та вимірного інструменту, осі отворів перпендикулярні або ж паралельні до поверхонь технологічних баз. Обробку отворів виконують за розміткою.

Єдиним порівняно складним технологічним моментом є обробка торцевих канавок під ущільнення, яка вимагає застосування спеціальних канавкових різців і відповідального призначення режимів різання.

В процесі обробки деталі її жорсткість забезпечується наявністю кільцевих фланців і ребер жорсткості.

Робимо висновок, що деталь в цілому технологічна.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно ГОСТ 14.202-73 проводимо кількісний аналіз технологічності по трьох коефіцієнтах:

- коефіцієнту уніфікації  $K_y$
- коефіцієнту точності  $K_T$
- коефіцієнту шорсткості  $K_{ш}$ .

Загальна кількість поверхонь – 57

з них механічну обробку проходять – 50

уніфікованих поверхонь – 42

Поверхонь по 14-му квалітету точності – 20

Поверхонь по 12-му квалітету точності – 3

Поверхонь по 9-му квалітету точності – 1

Поверхонь по 7-му квалітету точності – 3

Поверхонь по 5 класу шорсткості – 20

Поверхонь по 7 класу шорсткості – 2

Поверхонь по 8 класу шорсткості – 6

Поверхонь по 8 класу шорсткості –

Поверхонь по 8 класу шорсткості –

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

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_y = 42/57 = 0,737$$

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

Визначаємо коефіцієнт точності за формулою  $K_m = 1 - \frac{1}{A_c}$

де  $A_c$  – середній клас точності

$$A_c = \frac{1 \cdot n_1 + 2n_2 + \dots + 19n_{19}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{19}}$$

$$A_c = \frac{20 \cdot 14 + 5 \cdot 12 + 1 \cdot 9 + 3 \cdot 7}{57} = 6,49$$

$$k_m = 1 - \frac{1}{6,49} = 0,846$$

Оскільки  $k_m > 0,8$ , то по цьому параметру деталь технологічна.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Заданий тип виробництва –серійний.

Режим роботи підприємства 2 зміни на добу.

Дані технологічного процесу наведені в таблиці 1.4.

**Таблиця 1.4 – Трудомісткість операцій.**

№ операції	Назва операції	Модель верстату	T <sub>шт</sub> , хв
1	2	3	4
025	Токарно-гвинторізна	1М63	16,8
035	Токарно-гвинторізна	1М63	22,8
040	Токарно-гвинторізна	1М63	29,23
055	Горизонтально-розточна	2620	89,2
060	Радіально-свердлильна	2Н55	15,8
065	Радіально-свердлильна	2Н55	46,3
075	Слюсарна	-	27,3

Число операцій  $n=7$ ; сумарний штучний час  $\sum T_{um} = 247,43$  хв.

Середній штучний час:

$$T_{umсер} = \frac{\sum T_{um}}{n} = \frac{247,43}{7} = 35,35 \text{ хв.}$$

Такт випуску деталей:

$$t_6 = k_3 \cdot T_{umсер} = 17 \cdot 35,35 = 600,9 \text{ хв,}$$

де  $k_3$  – коефіцієнт закріплення операцій для заданого типу виробництва:

$$10 < k_3 < 20. \text{ Приймаємо } k_3 = 17.$$

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{F_d \cdot 60}{t_6} = \frac{390060}{600,9} = 390 \text{ шт,}$$

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$F_{\partial} = 390 \text{ год.}$$

Розрахункова кількість деталей у партії:

$$n_{\partial} = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{390 \cdot 12}{252} = 1857 \text{ шт.},$$

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

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

Приймаємо  $n = 19$  шт.

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{\text{штпер}} \cdot n_{\partial}}{480 \cdot 0,8} = \frac{35,3519}{480 \cdot 0,8} = 1,74 \text{ змін.},$$

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:

$$n_{\partial} = \frac{C_{np} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{штпер}}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{35,5} = 21,63 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n_{\partial} = 22$  шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

$$\text{Число запусків } i = \frac{N}{n_{\partial}} = \frac{390}{19} = 19,53.$$

Остаточну розраховуємо річну програму випуску деталей

Приймаємо  $i = 20$ ;  $N = i \cdot n_{\partial} = 20 \cdot 22 = 440$  шт.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.4 Вибір та обґрунтування способу отримання заготовки

Спосіб отримання заготовки суттєво впливає на фізико-механічні характеристики матеріалу деталі, значення припусків на обробку різанням та, в кінцевому результаті, на собівартість виготовлення.

Метод отримання заготовки залежить від роду матеріалу деталі, її розмірів та конфігурації, точності розмірів і чистоти поверхонь, а також типу виробництва.

Бажано зменшувати припуски на обробку, якщо це не погіршить якості виробу.

Матеріал корпусу – сталь 20Л, конфігурація середньої складності, отже заготовку можемо отримати литвом.

У серійному виробництві на базі верстатів з ЧПК обираємо спосіб литва, що забезпечить достатню точність розмірів та порівняно незначні припуски. Згідно заводської технології, заготовку отримують литвом у піщано-глинисті форми з ручним формуванням. Таку заготовку можна отримати литвом у кокіль або оболонкові форми. Ці методи можуть дати високу точність розмірів і чистоту поверхонь, але відносно дорогі. При цьому стійкість форми невисока.

Обираємо литво у піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

Задаємо розміри заготовки.

За ГОСТ26645-85 обираємо клас точності 10, ряд припусків 4.

Площину рознімання форми встановлюємо перпендикулярно великим торцям корпусу через вісь отворів Ø30 та Ø 40 мм. Центральний великий отвір та отвори для осі заслінки формуємо стрижнями. Їх розміри це дозволяють (табл.2.5) [xxx].

Встановлюємо припуски на механічну обробку

Додатково встановлюємо припуски на малі отвори, бо допуск розташування перевищує половину допуску на відповідні діаметри.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Табл. 1.5 Визначення припусків заготовки**

Розмір, мм	Кваліте Т	Клас точності	Допуск , мм	Припуск на сторону, мм	Додатковий припуск на сторону, мм	Прийнятий розмір, мм
12 <b>(великий фланець)</b>	13	8	±0,9	3,0	0,2	15,2±0,9
Ø300h12	12	7	±2	4,0	-	308±2
Ø 244H12	12	7	±1,8	4,0	-	232±1,8
Ø180	12	7	±1,8	4,0	-	172±1,8
Ø 40H9	9	5	±1,1	3,0	0,3	Ø 33,4±1,1
Ø30H9	9	7	±1,1	3,0	0,3	24,4±1,1
12 h14 (дно)	14	8	±0,9	3,0	-	15,0±0,9
125 h14	13	7	±1,6	3,4	-	131,8±1,6
Ø128h12	12	7	±1,4	3,2	-	Ø134,4±1,4
Ø56h12	12	7	±1,2	3,0	-	Ø62±1,2
18±2	16	9	±1,0	3,4	-	21,4±1,0
15h14	14	8	±1,0	3,4	-	18,4±1,0
335	14	8	±2	4,4	-	343,8±2

Для визначення мас готової деталі і заготовки скористаємось 3D моделями корпусу (п. 1.1 записки, рис.1.1) та заготовки (рис.1.2).

Об'єми деталі і заготовки становлять 1778 та 2668 см<sup>3</sup> відповідно, а маси 13,87 та 20,82 кг відповідно.

Таким чином, коефіцієнт використання матеріалу для вилівка становитиме

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = M_d / M_3 = 13,87 / 20,82 = 0,662.$$

Призначаємо формувальні ухили модельного комплекту за табл 2.13 [ ].

Для отворів під діаметри Ø40 і Ø30 мм – 0°43'.

Для отвору під діаметр Ø 244Н12 - 0°46'.

Для торців вилівка в діаметр Ø 300Н12 - 0°46'.

Радіуси округлень за табл.. 2.15 [ ] приймаємо 4,0 мм для стінок 12 – 20 мм.

Виконуємо ескіз заготовки для литва в земляні форми з машинним формуванням (рис.1.ЧЧЧ)

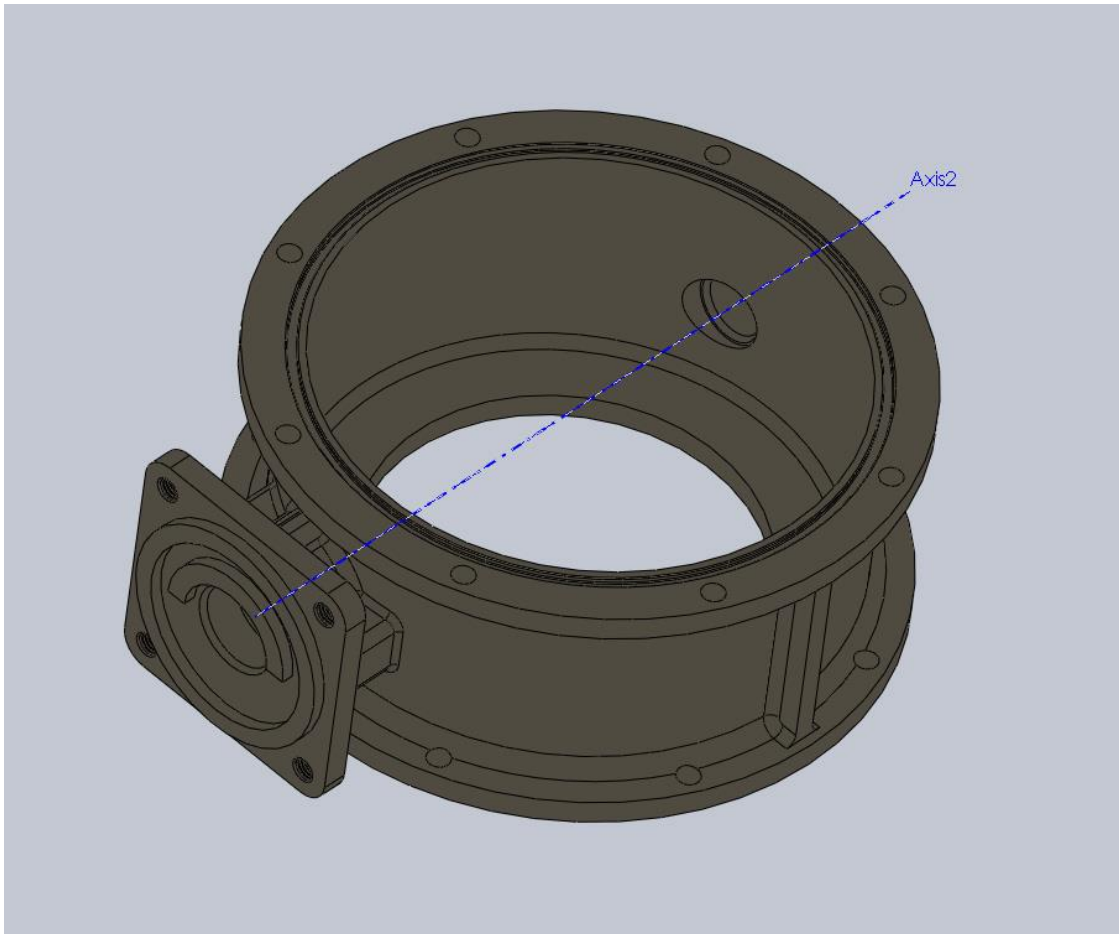


Рис 1.2 – 3D модель заготовки корпуса

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

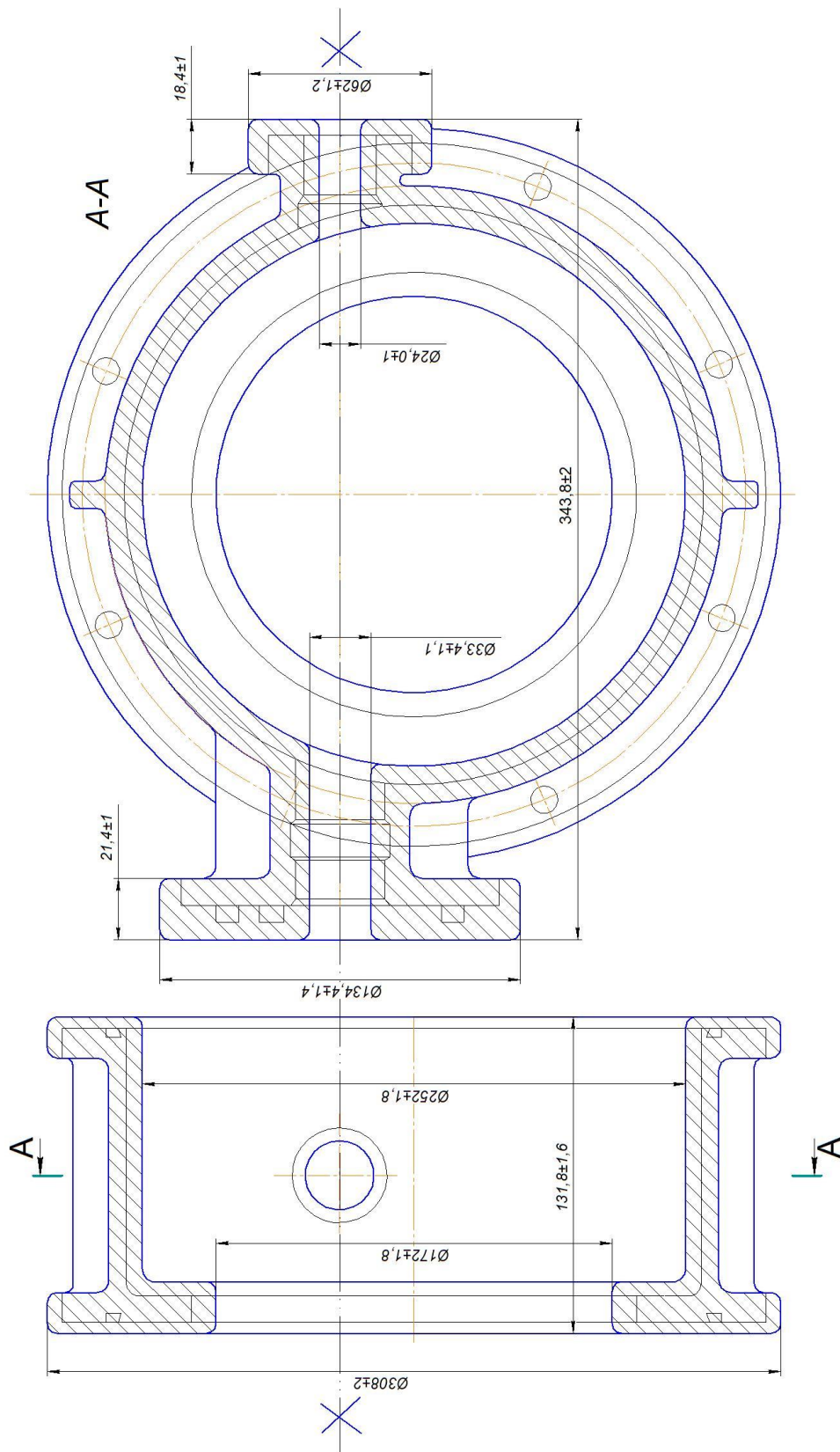


Рис. 1.3 – Ескіз заготовки корпусу для литва в земляній формі з машинним формуванням

					<i>МР.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 1.5 Вдосконалення технологічного процесу механічної обробки корпусу

### 1.5.1 Аналіз базового технологічного процесу

Деталь «Корпус ИА01017-200А» виготовляється на підприємстві ВАТ «Івано-Франківський арматурний завод». Заготовкою для деталі служить виливок, отриманий у піщаних формах, із сталі 20Л. Базова технологія обробки корпусу наступна.

Механічній обробці передуює піскоструменеве очищення поверхонь виливка..

Першою операцією 025 механічної обробки за базовою технологією є проточування на верстаті мод.1М63 кільцевого заглиблення у ширшому фланці корпусу під наплавку зносостійким матеріалом.

Наступними операціями є токарно-гвинторізні 035 та 040 на верстатах мод. 1М63 – точіння торців, канавок на торцях та зовнішніх поверхонь двох протилежних фланців, а також розточування центрального отвору в корпусі і точіння внутрішнього торця.

В подальшому на горизонтально-розточному верстаті мод. 2620 виконується:

- точіння торців патрубків;
- розточування отворів і канавки;
- зенкування фасок;
- свердління отворів під різьби;

					<i>МР.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- нарізання кріпильних різьб М12 та М6;
- фрезерування кінцевою фрезою заниження на торці більшого фланця патрубку.
- Свердління отворів виконують з накладними кондукторами.

Наступною є операція радіально-свердлильна. На верстаті мод.2Н55 свердлять отвори у патрубку та нарізають різьбу М10.

Останньою операцією є також радіально-свердлильна. На верстаті мод.2Н55, що полягає в свердлінні 16 отворів під різьбу М10 та нарізання вказаних різьб.

Для зручності інформацію про базовий технологічний процес зводимо в таблицю 1.2.

Послідовність операцій і переходів для обробки деталі в базовому технологічному процесі зводимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.5 - Базовий технологічний процес обробки деталі

№	Назва і зміст операції	Тип і модель верстата	Ескіз обробки
1	2	3	4
025	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний 1М63	Рис. 1.5
	Проточити кільцеве заглиблення в розміри 1, 2, 3 у ширшому фланці корпусу під наплавку (рис 1.1)		
035	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний 1М63	Рис. 1.6
	1 Підрізати торець, витримуючи розміри 1, 10.		
	2 Розточити отвір, витримуючи розмір 7.		

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	3 Точити канавку, витримуючи розміри 2, 3, 4, 5, 6.		
	4 Точити деталь, витримуючи розмір 9		
040	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний 1М63	Рис. 1.7
	1 Підрізати торець, витримуючи розміри 3, 15		
	2 Точити деталь, витримуючи розмір 1		
	3 Точити канавку, витримуючи розміри 4, 5, 6, 7, 8		
	4 Розточити деталь, витримуючи розміри 9, 14		
	5 Точити обниження, витримуючи розміри 10, 11, 12.		
055	Горизонтально-розточна	2620	Рис. 1.8
	Позиція 1		
	1 Підрізати торець, витримуючи розмір 10.		
	2 Точити поверхню 9 і підрізати уступ в розмір 8.		
	3 Точити деталь в розмір 6, 7 і підрізати дно в розмір 8 .		
	4 Точити деталь в розмір 5 і підрізати дно в розмір 8.		
	5 Точити поверхню в розмір 21		
	6 Вальцювати отвір, витримуючи розмір 21		
	7 Розточити канавку в розміри 20, 24, 22, 23, 26		
	8 Розточити фаску в розміри 3, 4, 25		
	9 Фрезерувати уступ, витримуючи розміри 1, 2, 8		
	Позиція 2		
	10 Підрізати торець втулки, витримуючи розмір 13		
11 Розточити отвір в розмір 18			
12 Вальцювати отвір, витримуючи розмір 18			
13 Розточити отвір в розмір 19, 12			

	14 Розточити фаску в розміри 15, 16, 17		
	Встановити кондуктор ТО 7347-4087-02		
	15 Свердли 4 отв.в розміри 14, 31, 33		
	Повернути стіл на 180°		
	Встановити кондуктор ТО 7347-4085		
	16 Свердли 4 отв.в розміри 29, 32 напрохід		
	Відкріпити, зняти кондуктор		
	17 Зенкувати фаски 1,6x45° в чотирьох отворах		
	18 Нарізати різьби в розмір 30		
060	Радіально-свердлильна		Рис. 1.9
	1 Свердли отвір, витримуючи розміри 1, 3 по розмітці.	Радіально-свердлильний 2Н55	
	2 Зенкувати фаску, витримуючи розмір 2		
065	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2Н55	Рис. 1.10
	Встановити кондуктор		
	1 Свердли. 8 отворів, витримуючи розміри 1, 2, 3		
	Зняти кондуктор		
	2 Зенкувати фаски 4		
	3 Нарізати різьбу, витримуючи розмір 1		
075	1 Зенкувати фаски в отворах, витримуючи розмір 4		Рис. 1.11
	2 Нарізати різьби, витримуючи розмір 1 та розміри 2, 3, в отворах		

Технологічні ескізи на операції базового техпроцесу подаються нижче.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





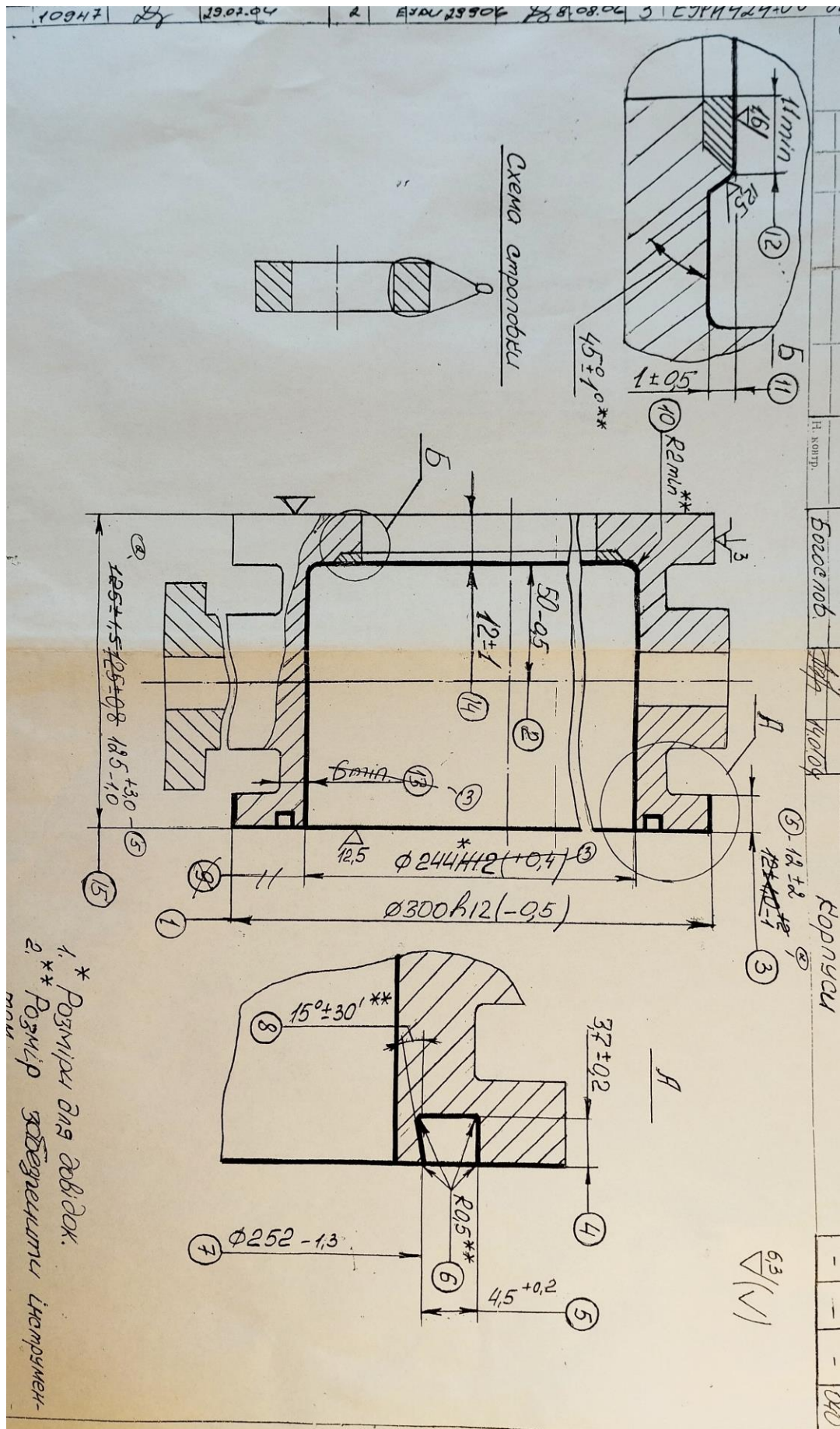


Рис.1.7 - Технологічний ескіз операції 040 базового техпроцесу

MP.ПМК-013.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	





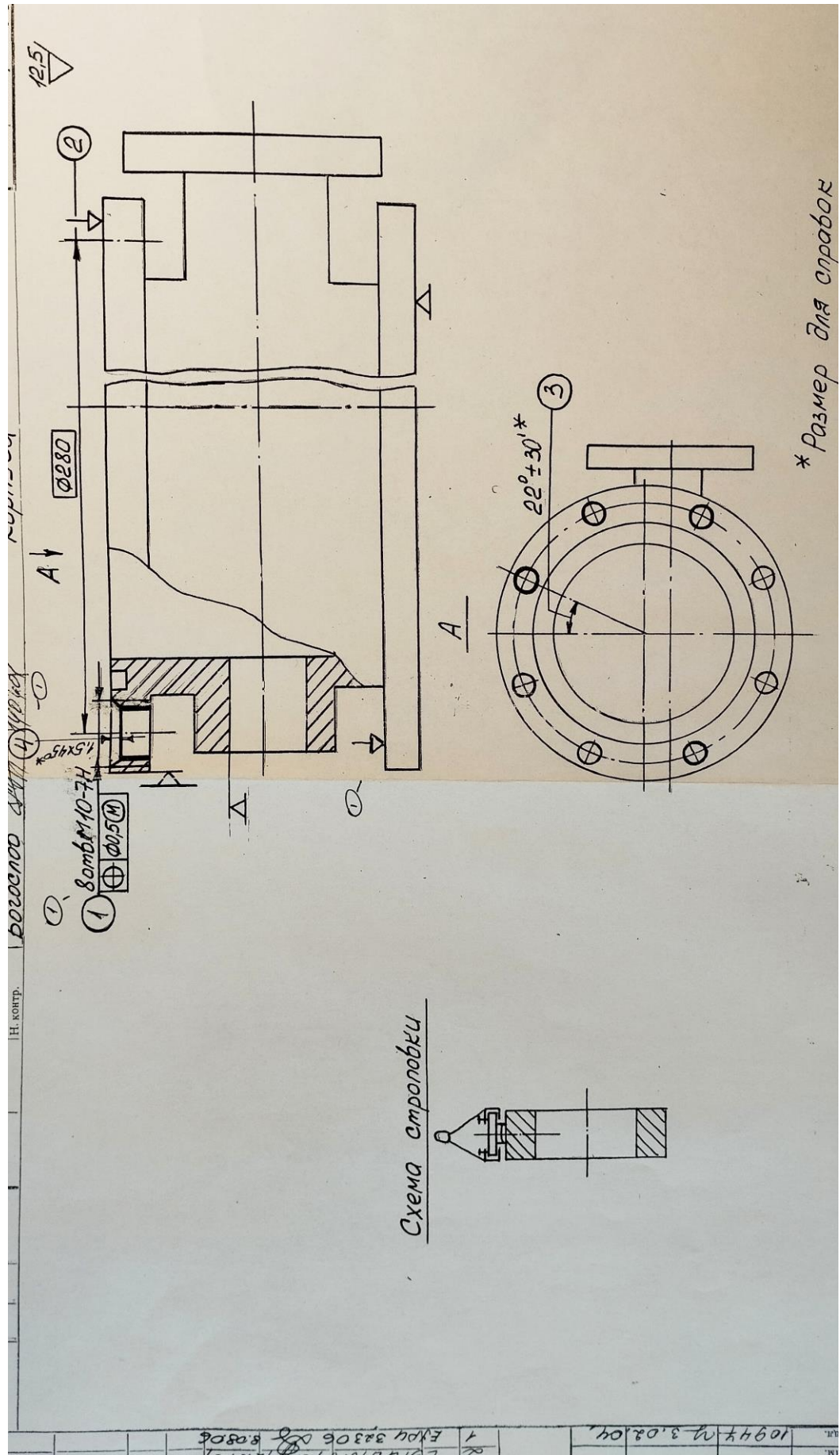


Рис.1.10 - Технологічний ескіз операції 060 базового техпроцесу

					MP.ПМК-013.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



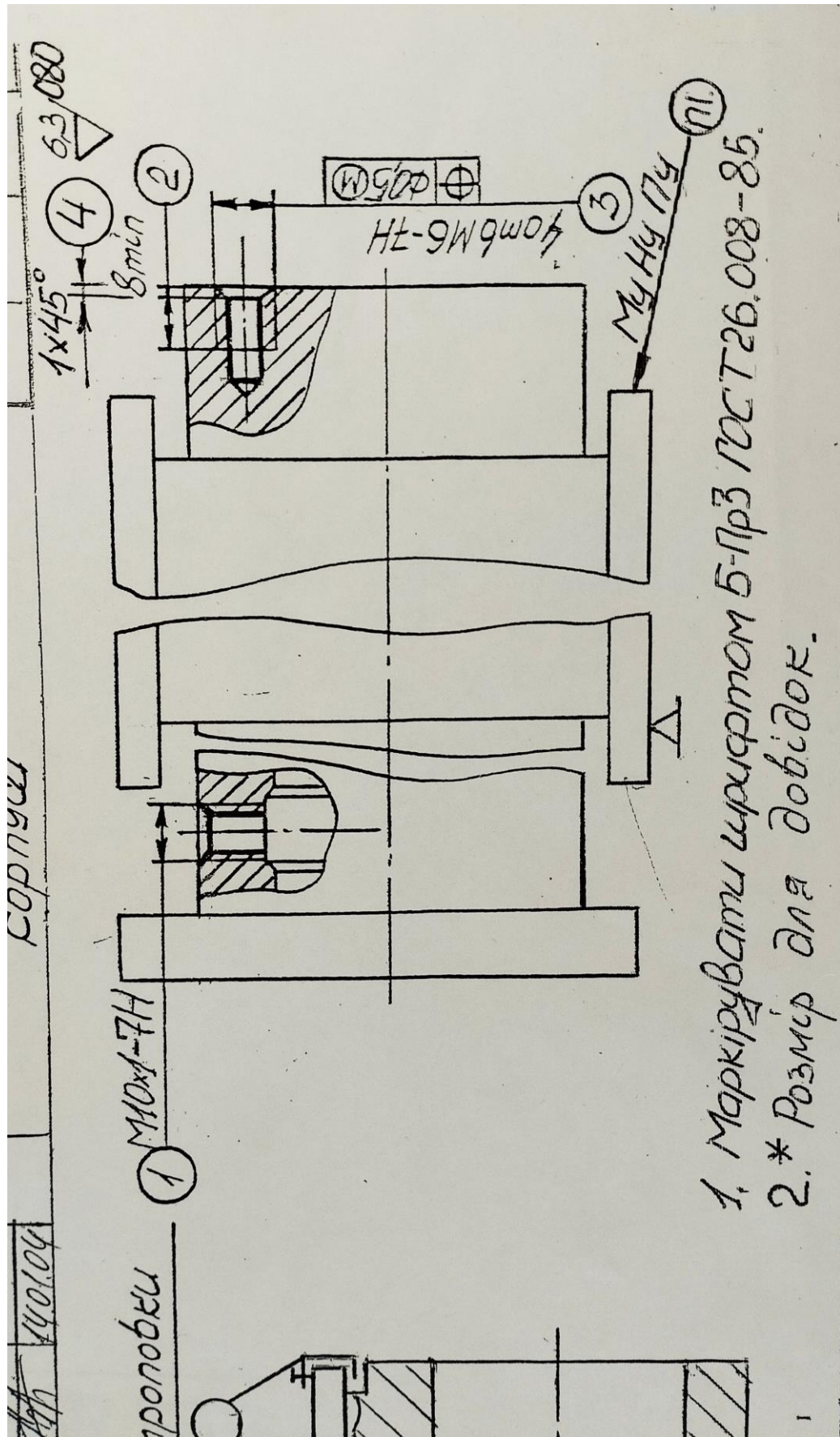


Рис.1.12 - Технологічний ескіз операції 075 базового техпроцесу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-013.00.000 ПЗ

Арк.

В базовому технологічному процесі наявні наступні недоліки:

- токарну обробку корпусу виконують на токарно-гвинторізних верстатах 1М63 з ручним керуванням та невисокої точності;
- обробку бокових патрубків з фланцями (фрезерування, розточування, свердління отворі та нарізання різьб) виконують на горизонтально-розточному верстаті мод 2620;
- свердління отворів, зенкування фасок виконують на низькопродуктивному радіально-свердлильному верстаті з використанням кондуктора та по розмітці;
- слюсарні операції дуже трудомісткі;
- транспортування заготовки з однієї операції на іншу вимагає додаткових затрат часу.

### 1.5.2 Проектування нового технологічного маршруту

В сучасних умовах за наявності на підприємстві високопродуктивного обладнання з ЧПК доцільно об'єднати операції 035 та 040 базової технології і виконати обробку на токарному верстаті з ЧПК моделі Comak 660x1500. Обробку слід вести за два установи. Характеристики верстата за потужністю приводу головного руху, точністю та розмірами відповідають нашим потребам. Цим самим позбавимося вказаних вище недоліків базової технології.

Операцію 025 по розточуванні виїмки під наварку зносостійкого шару залишаємо без змін, оскільки вона проста і не є трудомісткою.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Решту операцій в технології (розточування отворів під вісь, свердління кріпильних отворів, зенкування фасок та нарізання кріпильних різьб як у великих фланцях корпусу, так і в бокових патрубках) доцільно об'єднати в одну і застосувати для цього п'ятикоординатний оброблюючий центр мод. КІТАМУРА МҮСЕНТЕР 3ХТ.

Завдяки цьому зросте продуктивність і точність обробки, кондуктори та слюсарні операції не застосовуватимуться.

Зображення вибраних верстатів наведено на рис. 1.13, 1.14 та 1.15



Рис. 1.13 - Вигляд верстата мод. Cormak 660x1500

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.14 – Панель керування верстата мод. Cormak 660x1500

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕРСТАТА мод. Cormak 660x1500**

Максимальний діаметр обробки над станиною - 660 мм

Максимальний діаметр над супортом - 450 мм

Відстань між центрами 2000 мм

Діаметр отвору шпинделя 86 мм

Патрон – гідравлічний

Конус шпинделя – А2-11

Конус задньої бабки – МК5

Діаметр задньої бабки – 105 мм

Рух пінолі задньої бабки – 250 мм

Тип станини – горизонтальна

**РЕВОЛЬВЕРНА ГОЛОВКА**

кількість інструментів 8шт

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Габаритні розміри - 4600x1800x1900 мм

Діапазонів обертів – 27 - 1630 об./хв

Потужність двигуна 12 кВт

Система ЧПК – Sinumerik 808D

Час індексації голови / інструмент до інструменту /1сек.

точність позиціонування+/-0,005мм

Вага нетто5200 кг



Рис. 1.15 - Вигляд верстата мод. КІТАМУРА MYCENTER 3ХТ

Параметри верстата наведені у табл.. 1.6

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 1.6 Параметри верстата КІТАMURA MYCENTER 3ХТ**

Група параметрів	Назва	Значення
<b>МАКС. НАВАНТАЖЕННЯ НА СТИ</b>	150 кг (для нахилу стола від / 0~45°)	85 кг
	(для нахилу стола від / 0~90°)	
<b>ПЕРЕМІЩЕННЯ</b>	Переміщення вздовж осі X	780 мм
	Переміщення вздовж осі Y	510 мм
	Переміщення вздовж осі Z	439 мм
	Обертання відносно осі A	160°(-120~ +40°)
	Обертання відносно осі B	0 - 360°
<b>ШПИНДЕЛЬ</b>	Розмір конуса шпинделя	NST. №40
	Діапазон обертів шпинделя	50 - 12 000 об/хв
	Тип приводу	Ремінна передача
	Потужність двигуна шпинделя	18, кВт (30 хв.) 15 кВт (постійна робота)
<b>ШВИДКОСТІ ПОДАЧ</b>	Подачі вздовж осей X, Y	48 м/хв
	Подачі вздовж осей Z	42 м/хв
	Робоча подача X,Y, Z	20 м/хв
	Обертання відносно осі A	4 800°/хв (13,3 об/хв)

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	Обертання відносно осі В	4 800°/хв (13,3 об/хв)
<b>ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ МАГАЗИН</b>	Ємність магазину	40 інструментів
	Метод підбору інструменту	Випадковий
	Конус шпинделя	MAS CT (BT) 40 (HSK-A63 Варіант вибору)
	Найбільший діаметр інструменту	150 мм
	Найбільша довжина інструменту	200 мм
	Найбільша маса інструменту	7 кг
	Час заміни інструменту	2.3 с
<b>ВИМОГИ ПО ЖИВЛЕННЮ</b>	Електроенергія	35 кВА, 400 В змінного струму, 3 фази
	Стиснене повітря	0,6 МПа, 300 л/хв.
<b>ГАБАРИТИ ВЕРСТАТА</b>	Ширина x глибина	3 724 x 5 320 мм
	Висота	4 169 мм
	Маса нетто	33 000 кг
	Керування	Arumatik-Mi
<b>ДОДАТКОВЕ ОСНАЩЕННЯ</b>	Охолодження крізь шпиндель	30-70 бар
	Зонд заміру деталі	Renishaw OMP400
	Зонд заміру інструменту	Renishaw RP3 або Renishaw TS-27R
	Лазерний зонд заміру інструменту	Renishaw NC-4
	Збільшення пам'яті контролера	1Мб/2Мб

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пропонований варіант технології обробки корпусу з використанням верстатів з ЧПК має вигляд, як у табл. 1.7

**Таблиця 1.7 - Пропонований варіант технології обробки корпусу**

№	Назва і зміст операції	Тип і модель верстата	Характеристика пристрою
1	2	3	4
005	Токарно-гвинторізна	1М63	Трикулачковий патрон
	Проточити кільцеве заглиблення в розміри 1, 2, 3 у ширшому фланці корпусу під наплавку (рис 1.1)		
010	Токарна з ЧПК	Cormak 660x1500.	Трикулачковий патрон
	Установ 1		
	1 Підрізати торець, витримуючи розміри 1, 10.		
	2 Розточити отвір, витримуючи розмір 7.		
	3 Точити канавку, витримуючи розміри 2, 3, 4, 5, 6.		
	4 Точити деталь, витримуючи розмір 9		
	Установ 2		
	1 Підрізати торець, витримуючи розміри 3, 15		
	2 Точити деталь, витримуючи розмір 1		
	3 Точити канавку, витримуючи розміри 4, 5, 6, 7, 8		
	4 Розточити деталь, витримуючи розміри 9, 14		
5 Точити обниження, витримуючи розміри 10, 11, 12.			
015	Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК	KITAMURA MYCENTER 3ХТ	Стіл поворотний двохосьовий, верстатний пристрій з пневмоприводо
	Позиція 1		
	1 Підрізати торець, витримуючи розмір		

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.
2 Точити поверхню 9 і підрізати уступ в розмір 8.
3 Точити деталь в розмір 6, 7 і підрізати дно в розмір 8.
4 Точити деталь в розмір 5 і підрізати дно в розмір 8.
5 Точити поверхню в розмір 21
6 Вальцювати отвір, витримуючи розмір 21
7 Розточити канавку в розміри 20, 24, 22, 23, 26
8 Розточити фаску в розміри 3, 4, 25
9 Фрезерувати уступ, витримуючи розміри 1, 2, 8
10 Свердлити 4 отв. під різьбу М10х1,0
11 Зенкувати фаски 1х45°
12 Нарізати різьбу М10х1,0-7Н в чотирьох отворах
Позиція 2
13 Розточити отвір в розмір 19, 12
14 Розточити фаску в розміри 15, 16, 17
15 Свердлити 4 отв. в розміри 14, 31, 33
16 Зенкувати фаски 1х45°
17 Нарізати різьбу М6-7Н в чотирьох отворах
Позиція 3
18 Свердлити. 8 отворів, витримуючи розміри 1, 2, 3
19 Зенкувати фаски 4

М

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20 Нарізати різьбу, витримуючи розмір 1		
Позиція 4		
1 Свердлити отвір, витримуючи розміри 1, 3.		
2 Зенкувати фаску, витримуючи розмір 2		
3 Нарізати різьбу M10x1,0		

Операційні ескізи нового технологічного процесу за своїм змістом аналогічні базовим з тою особливістю, що технологічні переходи операцій 035-040 та 055 - 075 об'єднані в одну операцію відповідно, а схеми базування заготовки аналогічні базовим, тому особливої потреби наводити їх немає.

Інструменти у проектному технологічному процесі застосовуються нормалізовані, діаметри отворів під свердління та розміри різьб невеликі і стандартні, тому наводити їхні ескізи чи креслення немає потреби.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.5.3 Розробка операційної технології

### 1.5.3.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Визначення операційних припусків аналітичним методом на розточування внутрішньої циліндричної поверхні кронштейна  $\varnothing 40H9^{+0.062}$ .

Прийнятий технологічний маршрут обробки

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

Для розрахунку припуску для обробки даної поверхні на операції 010 приймаємо як заготовку поверхню отвору  $\varnothing 43^{+0.2}$  після литва. Сумарне відхилення розміщення поверхні визначаємо як для литва. Це необхідно для призначення параметрів складових припуску на розточування.

Двосторонній мінімальний припуск при обробці:

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

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

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

$\rho_{i-1}$  – 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 (вилівок):  $R_Z + h = 500$  мкм ([9], табл.28, с. 190);
- для чорнового розточування:  $R_Z = 60$  мкм, (табл.6, ст..182) ;
- для чистового розточування:  $R_Z = 1,6$  мкм, (табл.6, ст..182);

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{3,м}^2}$$

Короблення отвору треба врахувати в діаметральному і осьовому перерізі, тому

$$\rho_{3,м} = \sqrt{\left(\frac{\delta_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_L}{2}\right)^2} = \sqrt{200^2 + 300^2} = 360 \text{ мкл}$$

Де  $\rho_B$  і  $\rho_L$  – допуски на розміри B і L за класом точності, що відповідає виливку;

L, = 100 мм – довжина отвору, (за кресленням деталі).

Сумарне значення просторового відхилення заготовки

$$\rho_{3,м} = \sqrt{\rho_{3,м}^2 + \rho_{кор}^2} = \sqrt{360^2 + 80^2} = 368 \text{ мкл}$$

Оскільки вся механічна обробка ведеться з однієї установки, то залишкове просторове відхилення визначаємо після чорнового розточування

$$\rho_1 = 0,05, \rho_3 = 0,05 \times 280 = 14 \text{ мкм}$$

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

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon^2 + \varepsilon^2} = \sqrt{40^2 + 120^2} = 126 \text{ мкл.}$$

Залишкова похибка установки після кожного переходу рівна:

Чорнове розточування:

$$\varepsilon_y = 0,05 \varepsilon_1 + \varepsilon_{інд} = 7 \text{ мкм}$$

Чистове розточування:

Похибка індикатора  $E_{інд} = 0$ , оскільки обробка ведеться з однієї установки.

Тоді значення мінімальних припусків на технологічні переходи будуть рівні:

Чорнове розточування

$$2Z_{i_{\min}} = 2 \left[ (500) + \sqrt{368^2 + 126^2} \right] = 1778 = 2 \cdot 889 \text{ мкл.}$$

Чистове розточування

$$2Z_{i_{\min}} = 2 \left[ (60) + \sqrt{14^2 + 7^2} \right] = 152 = 2 \cdot 76 \text{ мкл}$$

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

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чистове розточування

$$d_{p3} = 40,062 \text{ мм.}$$

Чорнове розточування

$$d_{p2} = 40,062 - 0.152 = 39,910 \text{ мм.}$$

Для заготовки

$$d_{p1} = 39,910 - 1,78 = 38,130 \text{ мм.}$$

Допуск після кожного переходу знаходимо за по табл.6 [1]

Чистове розточування

$$\delta_2 = 62 \text{ мкм}$$

Чорнове розточування

$$\delta_1 = 150 \text{ мкм.}$$

Заготовка

$$\delta_3 = 460 \text{ мкм.}$$

Мінімальні розміри на переходи визначаємо за формулою

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

на чистове розточування

$$d_{\min 2} = 40,062 - 0,062 = 40,00 \text{ мм мм}$$

на чорнове розточування

$$d_{\min 1} = 39,910 - 0,15 = 39,76 \text{ мм}$$

для заготовки

$$d_{\min 0} = 38,130 - 0,46 = 37,67 \text{ мм}$$

Всі розраховані значення заносимо в табл. 1.7

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 1.8 – Значення елементів припуску для отвору  $\text{Ø}47\text{H}9^{+0,062}$**

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\text{min}}$ , мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	Rz	T	$\Delta$	$\epsilon$				dmin	dmax	$2Z_{\text{min}}$	$2Z_{\text{max}}$
Заготовка	500		85	200	-	38,130	460	37,670	38,130	-	-
Розточування я: -чорнове	60	-	20	80	2*889	39,910	150	39,760	39,910	1778	2090
Розточування чистове	8	-	-	-	2*76	40,062	62	40,000	40,062	152	240

Будуємо розрахункову схему припусків на поверхню отвору

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

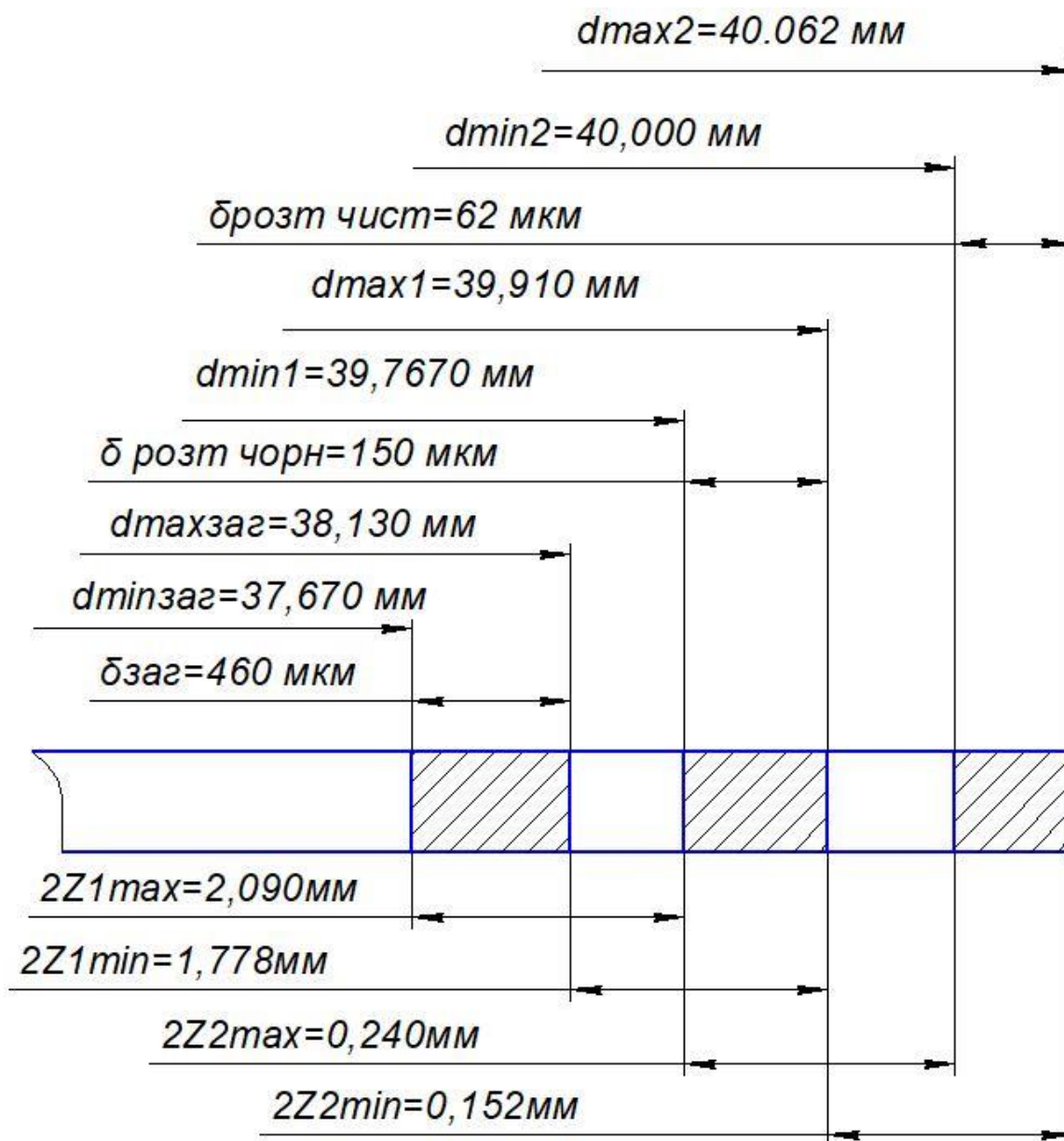


Рисунок 1.16 – Схема графічного розміщення припусків та допусків на обробку поверхні  $\varnothing 40(H9)^{+0.062} ..$

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.5.3.2 Розрахунок режимів різання

Розрахуємо режими різання для розточування отвору Ø40H9 мм та свердління чотирьох отворів Ø9,0 мм під різьбу M10x1,0. Розрахунок режимів для розточування отвору доцільно зробити для чорнового проходу. Значення сили різання можна використати для визначення сили затиску заготовки у пневматичному пристрої.

Розрахунок режимів різання зробимо аналітичним методом (довідник [6]). Дані нормативного методу занесемо у таблицю режимів 1.XXX (довідник [4]).

Розрахунок основного часу робимо за формулою:

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

де величина робочого ходу розточної оправки  $L=l+l_1+l_2$ , 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, хв<sup>-1</sup>;

$S_0$  – 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.** Розточна з ЧПК. Перехід - розточування чорнове отвору Ø40 мм

Верстат п'ятикоординатний- KИTAMURA MYCENTER-3XT.

Потужність головного двигуна верстата  $N_{\text{дв}} = 142$  кВт.

Коефіцієнт корисної дії приводу  $\eta = 0,82$  ([1], с. 95).

Ефективна потужність на шпинделі верстату  $N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 142 \cdot 0,82 = 116,4$  кВт.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оброблюваний матеріал вуглецева конструкційна ливарна сталь марки 20Л ГОСТ 977 - 88,  $\sigma_B = 420$  МПа.

Обробляється внутрішня циліндрична поверхня  $\text{--}\varnothing 39,91_{-0,15}$ .

Обробка – чорнове розточування

Різальний інструмент: оправка розточна з різцевою вставкою S 50 W FCLNR 12T

### Режими різання.

Глибина різання  $t = 0,94$  мм.

Радіус при вершині різця  $r = 0,4$  мм.

Подача  $S_o = 0,14$  мм/об ([12], т. 11, с. 266).

Швидкість різання розрахункова:

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

Де  $C_v = 317$ ,  $x = 0,15$ ,  $y = 0,20$ ,  $m = 0,20$ ,  $T = 40$  хв.

$K_{mv} = 1,0$ ,  $K_{fv} = 0,7$ ,  $K_r = 1,0$ ,  $K = 0,9$

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^n = \left(\frac{750}{420}\right)^{1,0} = 1,79$$

$K_{nv} = 0,8$ ,  $K_p = 0,9$ ,  $K_v = 0,806$

$$V_p = \frac{420}{40^{0,2} \cdot 0,94^{0,15} \cdot 0,14^{0,35}} \cdot 0,806 = 22535 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 22535}{\pi \cdot 397} = 1807 \text{ хв}^{-1};$$

$$\text{Основний час: } T_0 = \frac{67 + 3,5}{0,4 \cdot 1807} = 0,098 \text{ хв.}$$

Тангенційну силу визначимо за формулою:

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

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

$$K_{fp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{0,75} = \left(\frac{420}{750}\right)^{0,75} = 0,647$$

$K_{\varphi} = 1,0$

$K_{nv} = 0,8$ ,  $K_p = 0,8$  табл.23 с.275,

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_z = 10 \cdot 3000 \cdot 0,94^0 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 1807^{0,15} \cdot 0,8 = 4604 \text{ Н}$$

Потужність різання при розточуванні отвору

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102060} = \frac{46022535}{102060} = 1,69 \text{ кВт}$$

### Операція 015 – Перехід свердління отворів Ø9,0 мм.

Свердління чотирьох отворів Ø9,0мм під нарізання різьби М12-7Н.

Вибираємо свердло турецької фірми «Takimsas», оснащене пластинкою твердого сплаву, діаметром  $d=101$  мм, шорсткість обробки  $R_z 100$  мкм. Тип свердла 1.8DHB 400 32 R 5,05. Інструмент оснащений пластинкою WCFR 08 T310

Обробка відбувається на прохід, довжина свердління на прохід 12 мм.

Число проходів  $i=4$

Нормативна подача на один оберт свердла  $S_0=0,18$  мм/об ([6]табл. 25, с. 277). Для свердла з твердого сплаву  $K_{is} = 0,6$ . Тоді  $S_0=0,18 \cdot 0,6=0,108$  мм/об/

Швидкість різання розрахункова:

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

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

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

Поправочний коефіцієнт на:

- оброблюваний матеріал  $K_{M_v} = \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^n = \left(\frac{750}{420}\right)^{1,0} = 1,79$ ; (табл. 3, с. 262);
- на інструментальний матеріал  $K_{i_v} = 1,0$  (табл. 5, с. 263);
- на глибину свердління  $K_{L_v} = 1,0$  (табл. 6, с. 263).

$$K_v = 1,79.$$

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

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_v = 7,0; q = 0,4; y = 0,7; m = 0,2;$$

$$V_p = \frac{2,52 \cdot 101^{0,4}}{35^{0,2} \cdot 0,108^{0,2}} \cdot 1,79 = 2419 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 2419}{\pi \cdot 101} = 762 \text{ хв}^{-1};$$

приймаємо частоту обертів шпинделя  $n = 760 \text{ хв}^{-1}$ .

$$\text{Фактична } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 101 \cdot 760}{1000} = 241 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Хвилинна подача } S_x = S_0 \cdot n = 0,108 \cdot 760 = 8208 \text{ мм/хв.}$$

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

$$T_0 = \frac{12 \cdot 4}{8208} = 0,585 \text{ хв.}$$

Осьова сила і крутний момент на шпинделі рівні відповідно:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

$$M_k = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

$$K_{fp} = \left( \frac{\sigma}{750} \right)^{0,75} = \left( \frac{420}{750} \right)^{0,75} = 0,647$$

де  $n = 0,75$  (табл. 9, с. 264).

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

$$C_p = 68; y = 0,7; q = 1,0;$$

$$C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 101^{1,0} \cdot 0,108^{0,7} \cdot 0,647 = 935 \text{ Н}$$

$$M_k = 10 \cdot 0,0345 \cdot 101^{2,0} \cdot 0,108^{0,8} \cdot 0,647 = 3,76 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання:

$$N_{piz} = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{3,76 \cdot 762}{9750} = 0,294 \text{ кВт},$$

$$N_{piz} = 0,294 \text{ кВт} < N_e = 11 \text{ кВт.}$$

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Верстат за потужністю працездатний.

### Призначення режимів різання для нового маршруту

#### табличним методом

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

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

Назва операції та номер переходу	i	t	S			n	V	N
		мм	$\frac{мм}{об}$	$\frac{мм}{зуб}$	$\frac{мм}{хв}$	$\frac{об}{хв}$	$\frac{м}{хв}$	кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005 Токарно- гвинторізна								
1	3	2,4	0,45			120	70,8	1,67
010 Токарна з ЧПК								
1	1	2,5	0,24			156	188	2,13
2	1	3,5	0,28			124	163	1,88
3	1	3,7	0,2			110	145	1,6
015 Токарна з ЧПК								
1	1	2,5	0,24			156	188	2,13
2	1	3,5	0,28			124	163	1,88
3	1	3,7	0,2			110	145	1,6
4	1	2,2	0,28			156	188	1,52
5	1	0,8	0,2			202	241	0,85
6	1	2,2	0,28			220	254	1,48
7	1	1,0	0,22			240	288	0,97

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8	1	1,0	0,26			220	248	1,06
020 Фрезерна пятикоординатна з ЧПК								
1	2	3,0	0,28			222	168	2,25
2	3	2,0	0,24			232	202	1,87
3	2	2,2	0,32			417	190	1,06
4	1	2,3	0,24			522	187	1,23
5	1	1,5	0,3			460	162	1,07
6	1	2,3	0,28			827	155	1,22
7	3	1,8	0,22			520	112	0,88
8	1	3,0	0,24			480	118	1,33
9	4	2,5	0,21			620	5,7	0,14
10	4	0,48	0,75			122	3,4	0,22
11	1	4,5	0,25			420	5,7	0,14
12	1	1,0	0,2			550	6,8	0,125
13	1	0,5	1,0			73	3,6	0,16

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.5.3.3 Аналіз точності обробки

Технологія обробки корпусу ІА01017-200А передбачає розточування двох циліндричних поверхонь за дев'ятим квалітетом точності -  $\varnothing 40H9$  та  $\varnothing 30H9$ . У нашій роботі зробимо аналіз точності чистового розточування отвору  $\varnothing 40H9$  ( $^{+0,062}$ ) довжиною 65 мм під опорну втулку вісі заслінки

Вихідні дані: операція 015. Фрезерна п'ятикоординатна з ЧПК

Верстат: Фрезерний з ЧПК KITAMURA MYCENTER 3XT.

Матеріал деталі: сталь 25Л ГОСТ 977 - 88, твердість 165...169 НВ.

Різальний інструмент: розточна оправка WALTER CARPO моделі С6-PDUN R-17100-11 ,  $\alpha = 93^\circ$ , з ромбічною негативною твердосплавною пластиною без зносостійкого покриття з матеріалу HW, тип пластини DCGT 070201-PM 2 (рис. 1.17, 1.18).

Обробка ведеться з охолодженням МОР.

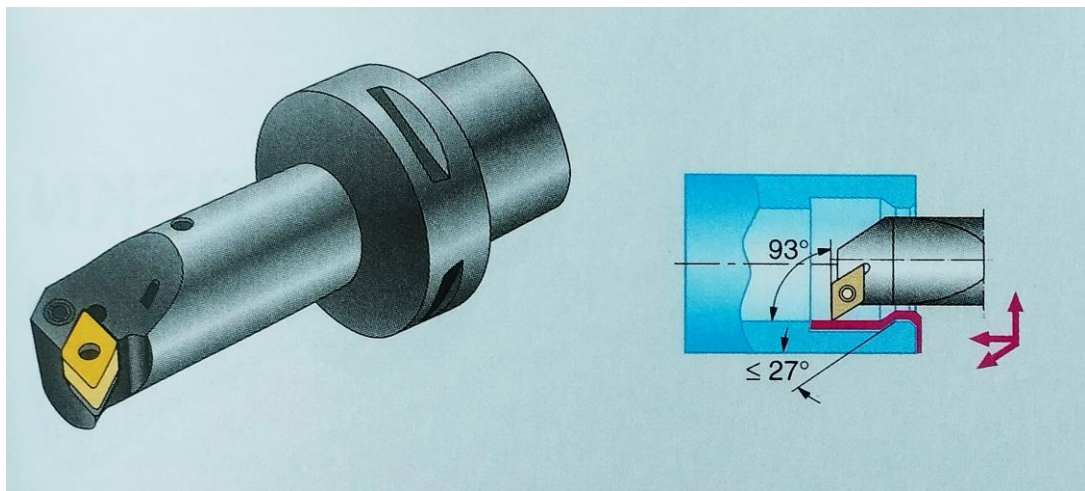


Рис.1.17 – Розточна оправка С6-PDUN R-17100-11

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

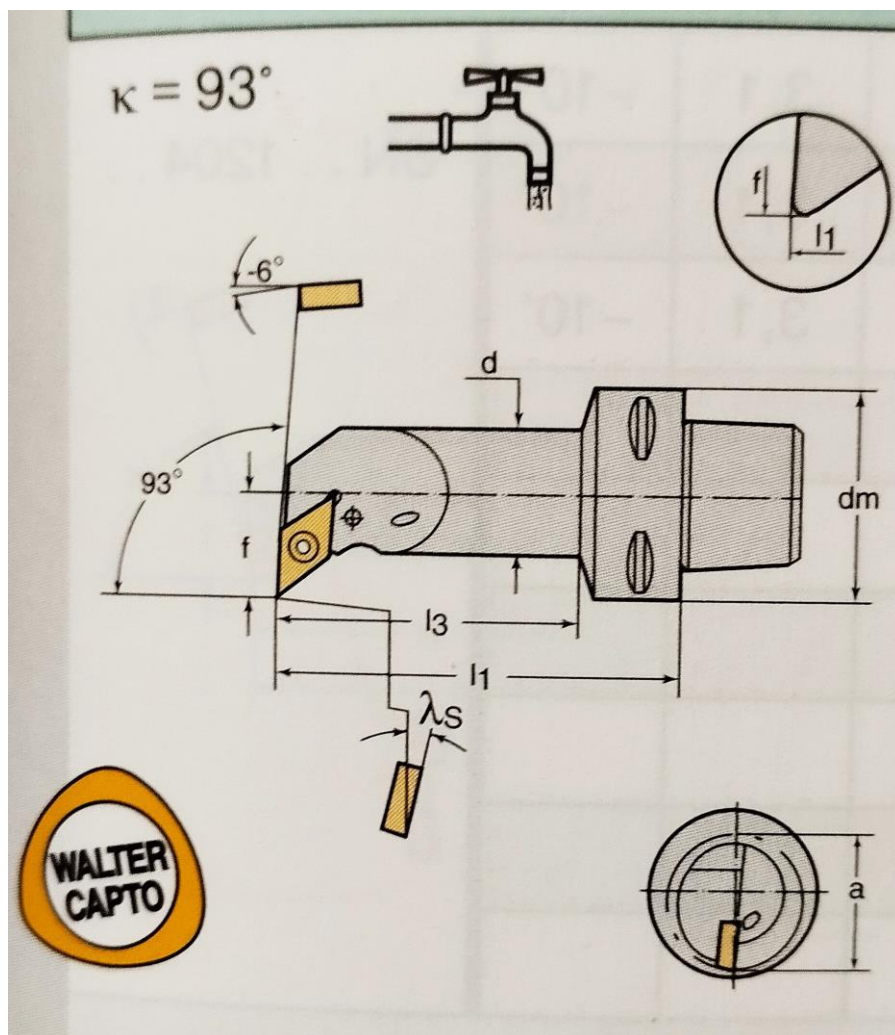


Рис. 1.18 – Геометрія оправки С6-PDUN R-17100-11

Заготовка закріплена у пневмопристрої, встановленому на двох координатному поворотному столі, базується по торцю  $\text{Ø}300\text{H}12$ , внутрішній циліндричній поверхні  $\text{Ø}244\text{H}12$  та зовнішньому боковому ребру жорсткості шириною 10 мм.

Режими різання для обробки, визначені аналітичним методом

Подача на один оберт  $S_0 = 0,14$  мм/об, швидкість різання  $V = 225,4$  м/хв, глибина різання  $t = 0,94$  мм, граничні значення глибини різання  $t_{\text{max}} = 1,0$  мм,  $t_{\text{min}} = 0,75$  мм.

Оброблювана поверхня:  $\text{Ø}40\text{H}9$

Ескіз обробки показаний на рис. 1 арк. 3 графічної частини роботи.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибки (основні), що впливають на точність радіуса оброблюваної поверхні – замикаючої ланки технологічного ланцюга:

$\Delta_b$  – похибка форми від геометричної неточності верстату: в радіальному напрямку  $\Delta_b$  – зумовлена радіальним биттям шпинделя, і в осьовому напрямку – зумовлена відхиленням паралельності вісі шпинделя до напрямних станини в горизонтальному напрямку. Це похибка постійна.

$\Delta_H$  – похибка налагодження системи ВПД на отримання заданого розміру. Випадкова при багаторазовому налагодженні.

$\Delta_y$  – похибка від зміни величини деформації системи ВПД внаслідок зміни сил різання, викликаних зміною глибини різання від  $t_{\max}$  до  $t_{\min}$  і зміною механічних властивостей матеріалу.

$\Delta_t$  – похибка від розмірного спрацювання різця.

$\Delta_m$  – похибка від теплової деформації різця.

Похибками в осьовому напрямку від розмірного спрацювання і теплової деформації нехтуємо.

Схема технологічного розмірного ланцюга показана на рисунку 3 графічного частини.

Формули для розрахунку похибки, значення параметрів, від яких залежить похибка та джерела інформації, а також результати розрахунку зведені в таблицях 1.14-1.16.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 1.10 – Розрахунок похибки обробки.**

Формули та розрахунку похибки розробки	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
1	2	3
$\Delta_{\text{вР}} = a' / 2 = 0,006 / 2 = 0,003$ мм;  $\Delta_{\text{вР}}'' = a'' / 2 = 0,025 / 2 = 0,0125$ мм  $\Delta_{\text{вР}} = \Delta_{\text{вР}}' + \Delta_{\text{вР}}'' = 0,0155 \text{ мм}$	$a'$ – постійність діаметра зразка в поперечному перетині, мм; $a''$ – постійність діаметра зразка в поздовжньому перетині, мм;	$a' = 0,06 \text{ мм}$ ;  $a'' = 0,025 \text{ мм}$ Табл.23, ст. 55[5]
$\Delta_{\text{HR}} = \sqrt{(\Delta_{\text{вим}} / 2)^2 + \Delta_p^2} =$ $= \sqrt{(0,005 / 2)^2 + 0,005^2} = 0,0056$	$\Delta_{\text{вим}}$ – похибка вимірювання, мм; $\Delta_{\delta}$ – похибка регулювання положення різця, мм	$\Delta_{\text{вим}} = 0,003$ ([4], табл. 20, с. 567) $\Delta_p = 0,0024$ ([5], табл. 26, с. 71)
$\Delta_{\text{YR}} = 11 \cdot C_p \cdot S^{Y_{py}} \cdot V^{n_{py}} \cdot K_p \times$ $\left( t_{\text{max}}^{X_{py}} - t_{\text{min}}^{X_{py}} \right) \omega =$ $= 11 \cdot 2430 \cdot 14^{0,8} \cdot 225^{0,3} \times$ $(1,0^{0,6} - 0,75^{0,6}) \cdot 1,4 =$ $= 2,42 \text{ мкм} = 0,00242 \text{ мм}$	$S$ , $V$ , $t_{\text{max}}$ , $t_{\text{min}}$ – режими різання; $K_p$ – поправочний коефіцієнт; $C_p$ , $Y_{py}$ , $n_{py}$ , $X_{py}$ – коефіцієнти і показники степенів для визначення $P_y$ , Н; $\omega$ – податливість системи ВПД, мкм/Н;	$S = 0,14$ мм/об; $V = 225$ м/хв; $t_{\text{max}} = 1,0 \text{ мм}$ ; $t_{\text{min}} = 0,75 \text{ мм}$ – дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки. $C_p = 300$ ; $X_{py} = 0,9$ ; $Y_{py} = 0,6$ ; $n_{py} = -0,3$ ([6], табл. 22, с. 273) $\omega_{\text{н}} = \frac{220}{5260} = 0,0418$ мкм/Н

Продовження таблиці 1.10.

1	2	3
		$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\rho_{py}} \cdot K_{\gamma_{py}} \cdot K_{\lambda_{py}},$ $K_{Mp} = 1$ ([6], табл. 9 с. 264) $K_{\lambda_{py}} = 1$ ([6], табл. 23, с. 275) $K_p = 1 \cdot 1.15 = 1,15$
$\Delta_{mHR} = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_{nR}^2 + \Delta_y^2} + \Delta_s =$ $= 1,2 \cdot \sqrt{0,0056^2 + 0,0024^2} + 0,012 =$ $= 0,0185 \text{ мм};$ $\Delta_{mH} = 2 \cdot \Delta_{mHR} = 2 \cdot 0,0185 = 0,037 \text{ мм}$	$\Delta_{mH}$ – похибка МИГТЄВОГО розсіювання розміру з врахуванням похибки налагоджування з розрахунку на діаметр оброблюваної поверхні	
$\Delta_t = U_0 \cdot (1 + V \cdot \tau / 1000) =$ $= 6 \cdot \left(1 + \frac{225 \tau}{1000}\right) =$ $= 6 \cdot (1 + 0,225 \tau)$	$\tau$ – час обробки, хв; $U_0$ – відносне спрацювання різця, МКМ/КМ.	$\tau$ – змінна величина; $U_0 = 6$ МКМ/КМ ([5], табл. 28, с. 74)
$\Delta m = C \frac{L_p}{F} \cdot S^{0,45} \cdot t^{0,7} \cdot V^{0,23} \times$ $\times \frac{T_0}{T_0 + T_{nep}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}}\right) =$ $= 4,5 \frac{20}{160} \cdot 0,14^{0,45} \cdot 0,8^{0,7} \cdot 225^{0,23} \cdot$	$C$ – константа; $L_p, F$ – виліт різця в мм і площа поперечного перерізу його державки, мм <sup>2</sup> ; $\sigma_s$ – границя	$C = 4,5$ $L_p = 20 \text{ мм};$ $F = 160 \text{ мм}^2;$ $t = 0,8 \text{ мм};$ $S = 0,14 \text{ мм/об};$ $V = 225 \text{ м/хв}; T_0 = 1,17 \text{ хв};$

$\frac{1,17}{1,17+0,34} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{4\tau}{16}} \right) =$ $-17 \cdot \left( 1 - e^{-\frac{\tau}{4}} \right)$	<p>міцності оброблюваного матеріалу, кГс/мм<sup>2</sup>; <math>t, S, V</math> – режими різання; <math>T_0, T_{пер}</math> – основний час обробки і тривалість перерв між обробкою кожної деталі, хв; <math>\tau_m</math> – константа знаходиться в межах 12-24 хв</p>	<p><math>T_{пер} = 0,34</math> хв; <math>\tau_m = 1 \epsilon_{хв}</math>.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

**Таблиця 1.11** – Результати розрахунку систематичної похибки в мкм.

$\tau, \text{хв}$	0	2	4	8	12	16	20	40	60	80
$\Delta_i$	0	8,7	11,4	16,8	22,2	27,6	33,0	60,0	87,0	114
$\Delta_m$	0	6,68	10,75	14,7	16,16	6,69	6,88	6,99	17	17
$\Delta_{сист} = 2 \cdot (\Delta_i - \Delta_m)$	0	4,04	1,3	4,2	11,2	21,82	32,24	80,02	140	140

Теоретична діаграма точності обробки показана на рисунку графічної частини. 2 діаграми визначаємо технологічну стійкість інструмента  $T_T = 825$  хв.

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

$$\Delta_{сум} = 0,091 \epsilon_{\text{мм}}$$

Налагоджувальний розмір при симетричному розсіюванні поля:

$$D_{налаз} = D_{\text{max}} - 0,5 \cdot \Delta_{\text{min}} - \Delta_{\text{сист. min}} \pm (T - \Delta_{\text{мм}}) / 2, \text{ мм.}$$

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{налаз} = 40062 - 0,5 \cdot 0,037 - 0,0013 + (0,062 - 0,037) / 2 = 40059_{мл}$$

Найбільше граничне значення розміру  $D_{max} = 40,062$  мм

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

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

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 1.12 – Результати розрахунку  $C_j$ .**

Позначення похибки $\Delta_j$	$\Delta_v$	$\Delta_n$	$\Delta_y$	$\Delta_{mn}$	$\Delta_i$	$\Delta_t$	$\Delta_{сист}$
Значення похибки $\Delta_j$	0,0155	0,0056	0,00242	0,037	0,087	0,017	0,140
$C_j, \%$	12,5	6,5	2,5	37,2	78,1	16,7	68,6

З гістограми видно, що домінуючою складовою похибки обробки є: похибка в результаті розмірного спрацювання різця.

Отже, застосування різця з вищою розмірною стійкістю різальної частини різця зможе суттєво підвищити його технологічну стійкість.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.5.3 Автоматизоване проектування операції свердління отворів корпусу

Суть поставленого завдання полягає у розробці технологічного переходу свердління восьми отворів  $\varnothing 11$  мм у великому фланці корпусу. Використання САПР Fusion дає змогу технологу швидко і точно розробити технологічну операцію з можливістю на будь-якій стадії проекту вносити корективи. Так можна змінювати верстат, інструменти, режими обробки та конфігурацію заготовки.

Для виконання завдання слід спершу створити 3D модель деталі. Можна створити її у цій же програмі САПР, але ми застосуємо програму Solid Works 2016. Щоб імпортувати модель у САПР, перезбережемо її у формат *igs*.

Після імпорту моделі вікно має вигляд, як на рис.1.19

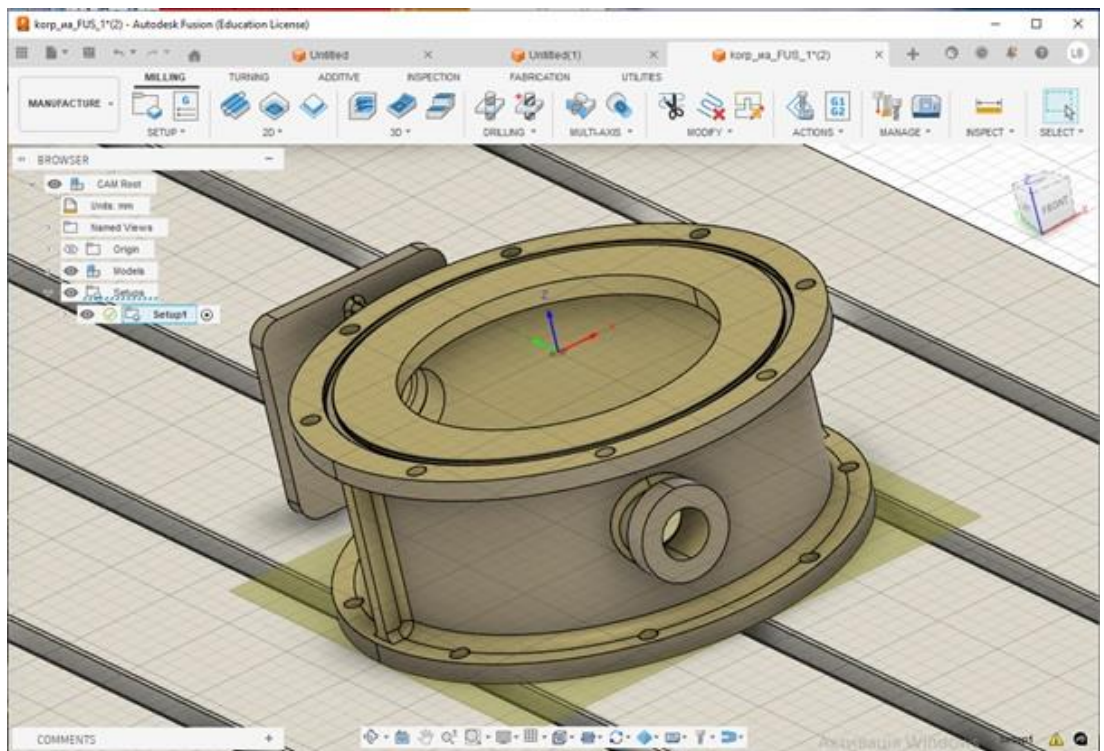


Рис. 1.19 – Завантаження файлу моделі в середовище FUSION 360

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Першим етапом роботи є виконання налаштувань програми, основним з яких є корекція положення системи координат деталі та напрямку її осей.

Задаємо початок системи координат у центрі нижнього (за рисунком) торця деталі, вісь Z спрямована вгору (рис. 1.20).

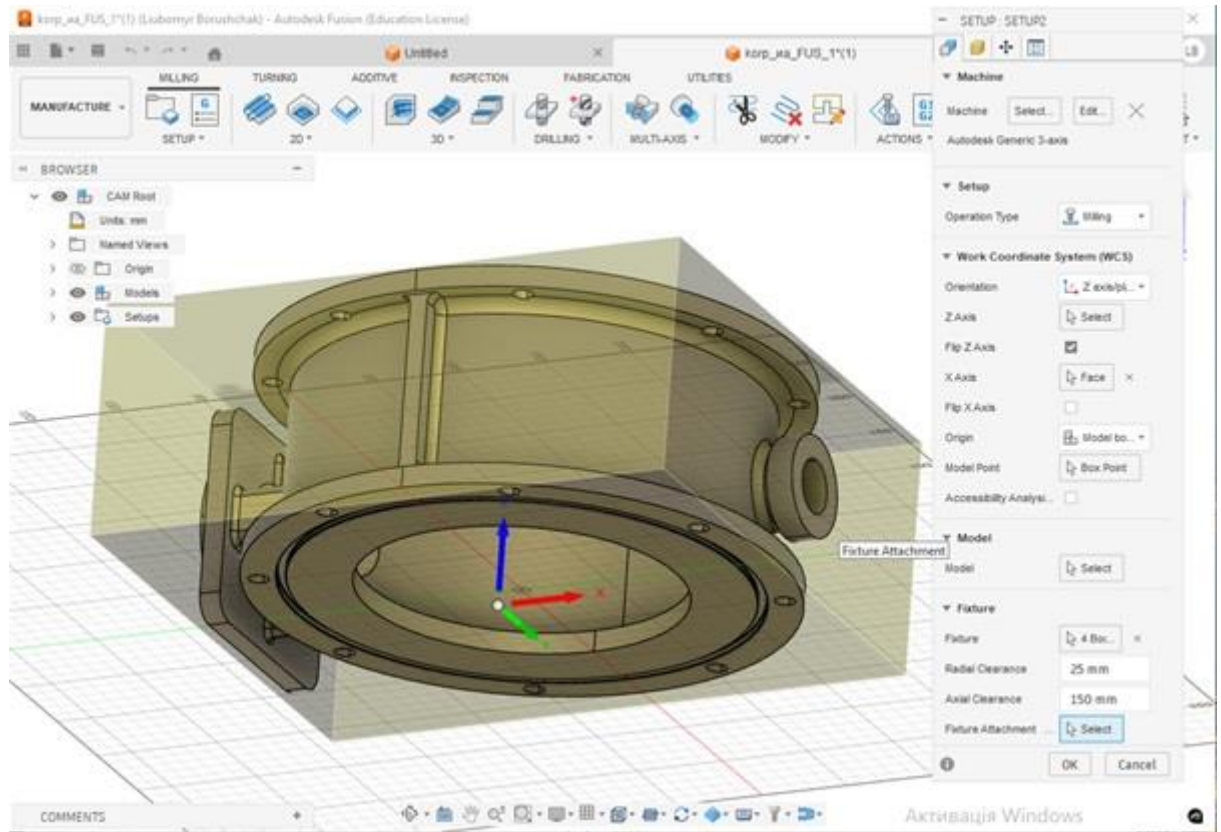


Рис. 1.20 – Виконання налаштувань

Відповідно до виду обробки з бібліотеки вибираємо трьох координатний фрезерний верстат з ЧПК (рис. 1.21).

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

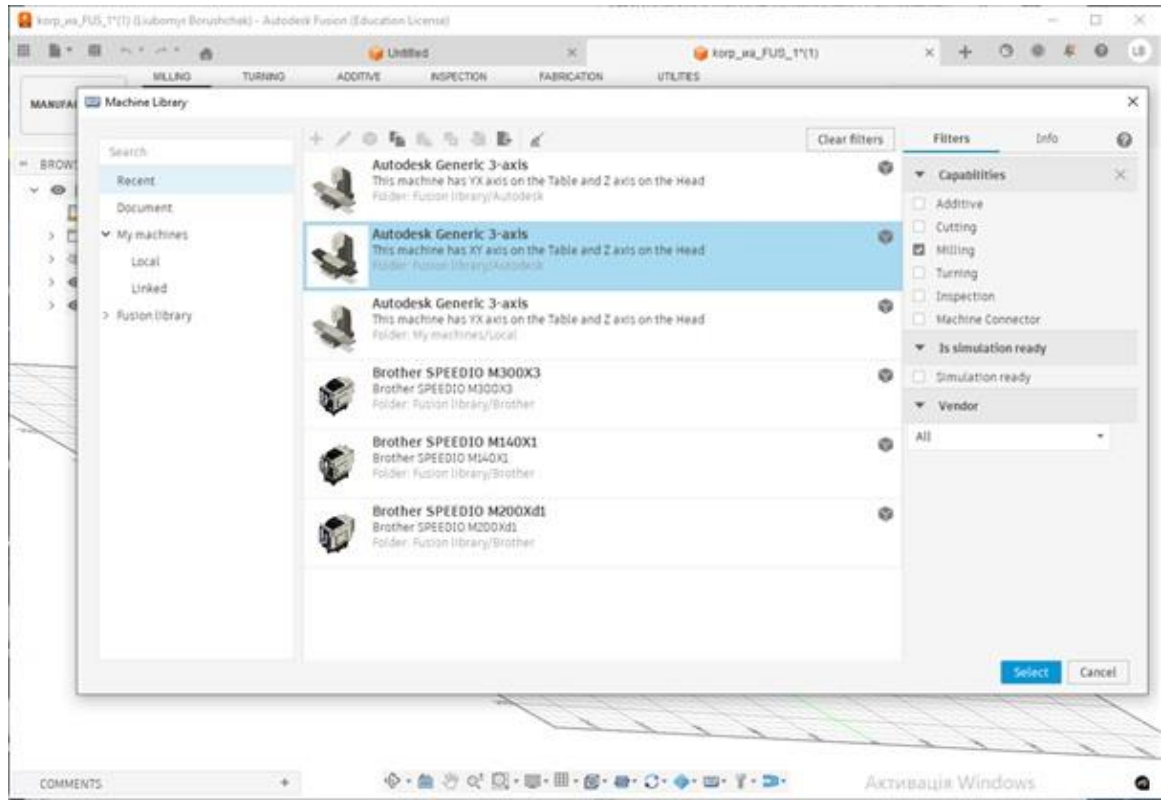


Рис. 1.21 – Вибір обладнання

Завантажимо вибраний верстат у проект, щоб в подальшому можна було отримати анімацію з верстатом (рис. 1.22).

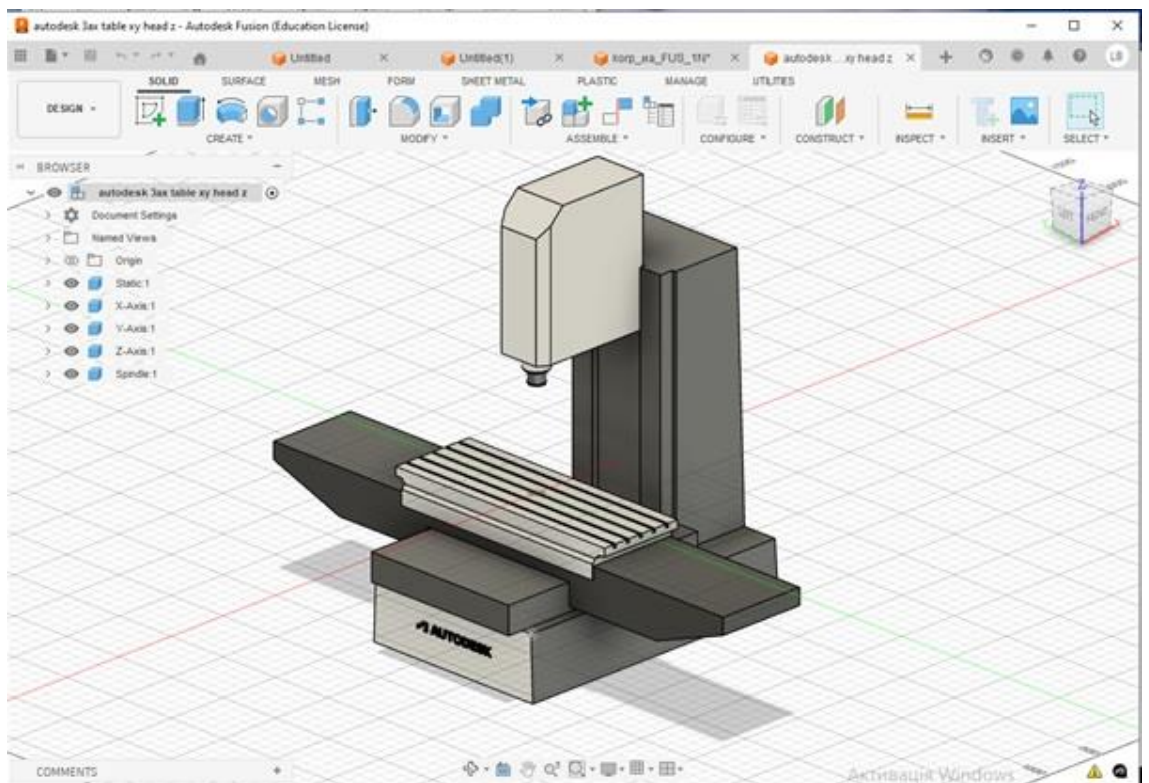


Рис. 1.23 – Верстат у проекті

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічно з бібліотеки вибираємо інструмент для обробки – свердло Ø11 мм його характеристики та вид оброблюваного матеріалу – низьковуглецеву констакційну сталь (рис. 1.24).

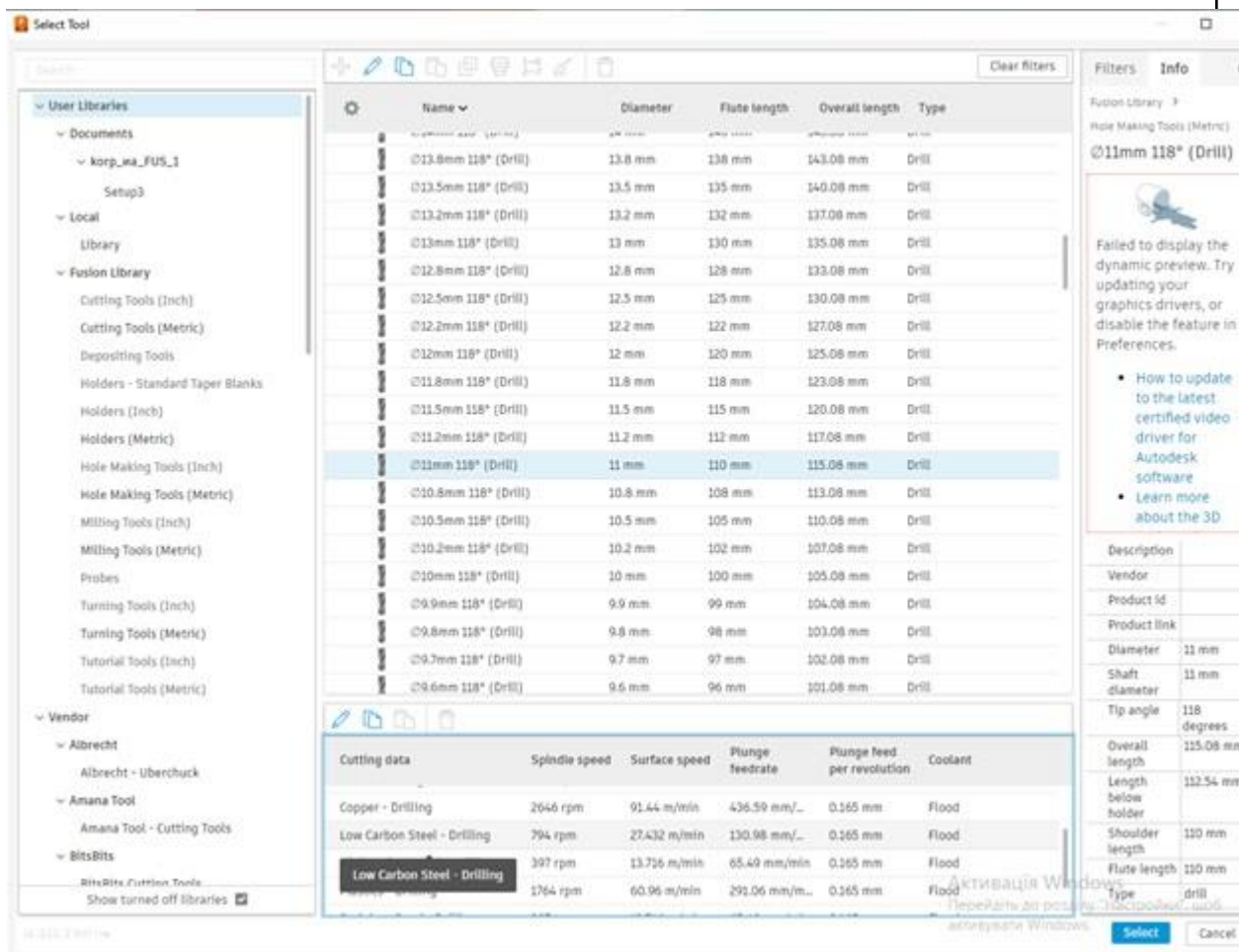


Рис. 1.24 – Вибір інструмента і оброблюваного матеріалу

Після вибору інструмента коригуємо режими обробки – швидкість різання, подачу і т.п. (рис. 1.25).

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





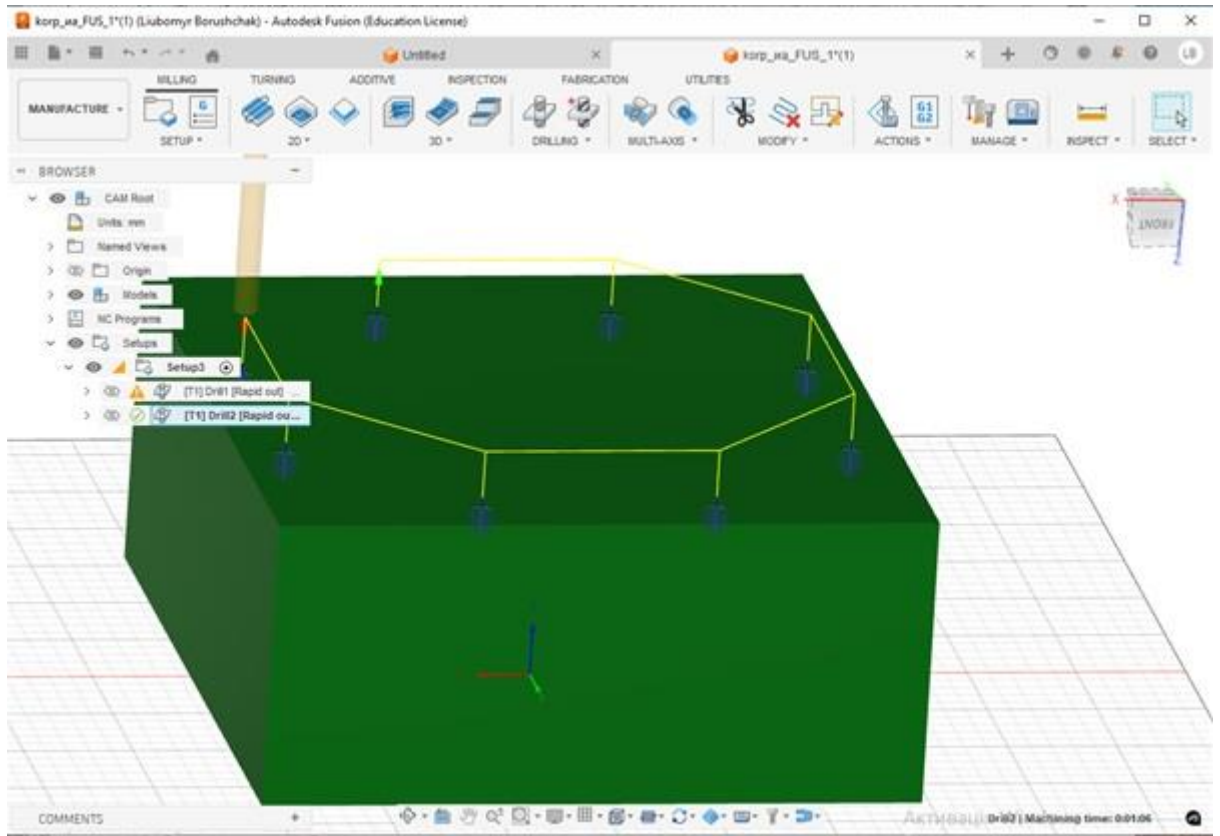


Рис. 1.28 – Траекторія руху інструмента і оброблені поверхні

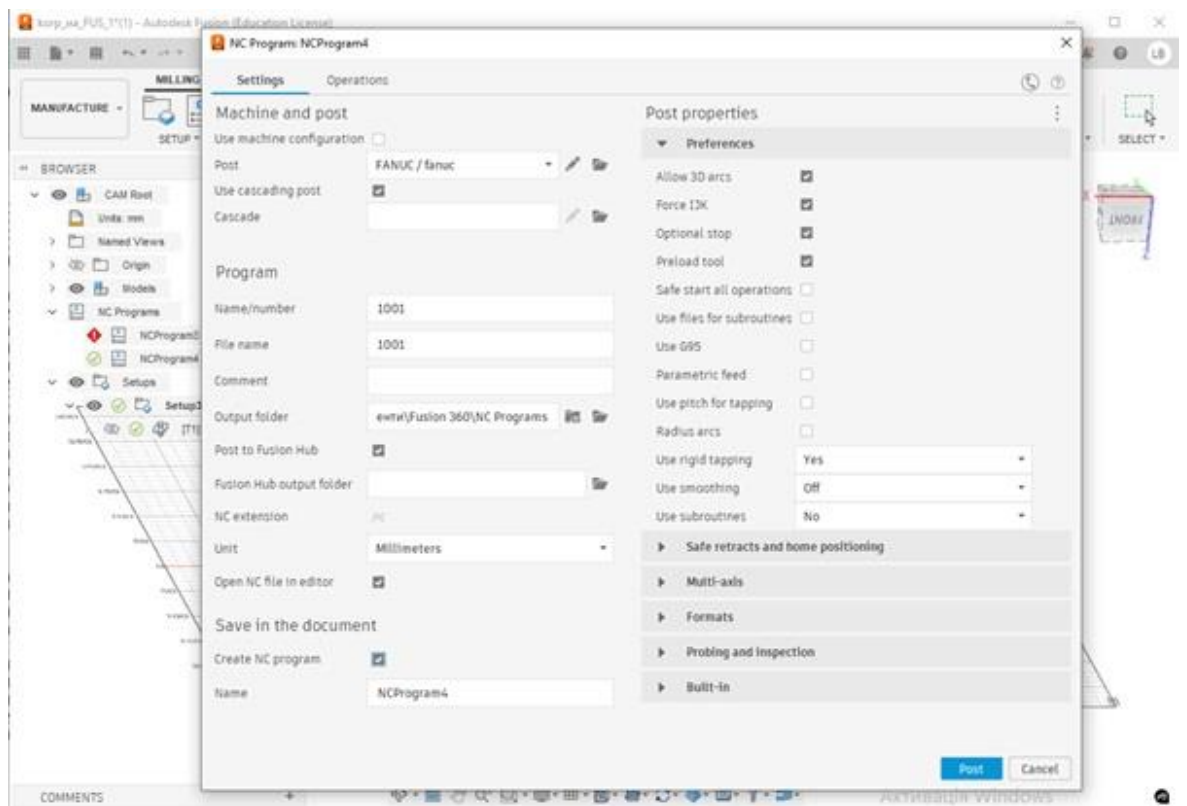


Рис. 1.29 – Закладка налаштувань постпроцесора

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після налаштувань даємо команду на генерацію обробляючої програми.  
 На рис. 1.30 показаний фрагмент програми у вікні FUSION 360.

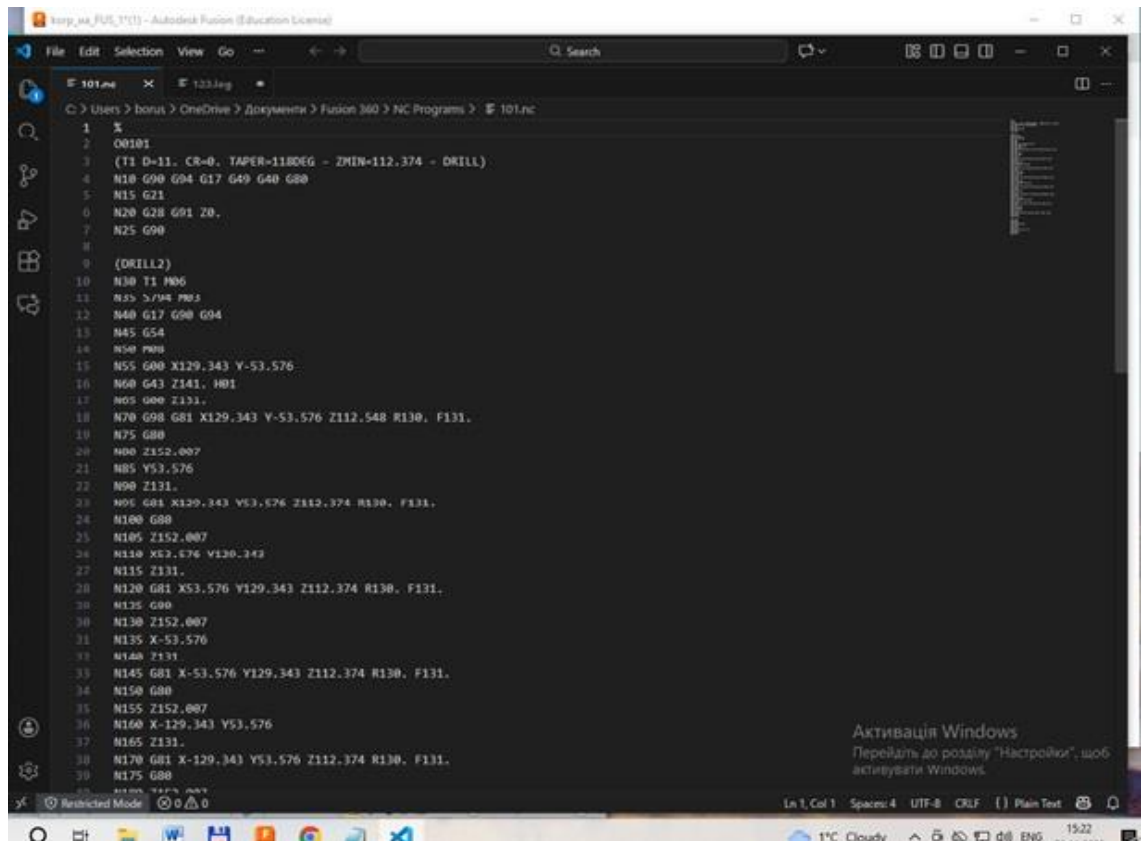


Рис. 1.30 – Фрагмент програми обробки отворів у фланці корпуса

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.Конструкторський розділ

### Проектування пристрою для фрезерно-свердлильно-розточної п'ятикоординатної операції з ЧПК 010

#### 2.1 Конструкція, призначення та робота пристрою

Пристрій встановлюється на багатоопераційному п'ятикоординатному верстаті з ЧПК моделі KITAMURA MYCENTER 3XT і служить для кріплення корпусу при фрезеруванні кільцевої виїмки, свердлінні 16-ти отворів Ø11 мм у великих фланцях, розточуванні отворів Ø40, Ø30 мм, канавки та уступа у бокових гніздах деталі та свердлінні і нарізанні кріпильних різьб у малих фланцях корпусу.

Сьомий аркуш графічної частини роботи містить креслення пристрою.

Деталь 1 служить основою пристрою. У виточку основи 1 вкладається нижня кришка 2 пневмоциліндра. У нижню кришку 2 встановлена гільза 3 і накрита верхньою кришкою 4. В гільзі ковзає поршень 6 із штоком 5. Поршень кріпиться на штоці 5 розрізною гайкою 12. Від самовільного розкручування у гайку вкручений гвинт 28. Такою ж гайкою на верхній ступені штока 5 закріплений натискний диск 14. Ущільнення між кришками пневмоциліндра і гільзою здійснюється гумовими кільцями 11, штока і кришки – 10, поршня і гільзи - 18. Весь вузол кріпиться до основи чотирма болтами 17 з шайбами 40.

На монтажній плиті 9 рівномірно по колу болтами 292 закріплені три пластини 41, до яких кріпляться пластини 19.

На пластині 9 також змонтовані три вилки 21, у які на осях 16 вкладаються три Г-подібні важелі 15. Осі зафіксовані шплінтами 24.

На верхній кінець штока посаджений диск 14 і зафіксований розрізною гайкою 12. Нижнім торцем диск 14 тисне на довші кінці важелів, які притискаються до диска пружинами 26.

					<i>MP.LMK-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зліва (за кресленням) на плиті 9 болтами 30 і штифтами 31 кріпиться кронштейн 32. На ньому кріпиться напрямна 33 з віссю 37. Зліва на осі штифтом 39 зафіксована ручка 38, а справа – базуючий конус 29. Конус відтискається вправо пружиною 36.

Базується пристрій на столі верстата призматичною стандартною шпонкою 27, яка вставляється у паз поворотного стола.

Пристрій працює таким чином.

Оброблювану деталь – корпус – встановлюють обробленим торцем великого фланця на опорні пластини 19 і попередньо центрують шайбою, що опирається на внутрішній оброблений торець того ж великого фланця. Одночасно провертають корпус навколо осі пристрою так, щоб конус 29 зафіксував положення більшого отвору бокового фланця заготовки.

Поршень пневмоциліндра при цьому знаходиться вгорі.

Після встановлення заготовки подають стиснене повітря у верхню порожнину циліндра 3. При цьому поршень 6 з штоком 5 переміщаються вниз. Диск 14 нижнім торцем притискає внутрішні кінці Г – подібних важелів вниз, і тоді короткі плечі останнього остаточно центрують і затискають заготовку. Після виконання обробки в одній позиції подають стиснене повітря у верхню порожнину циліндра. Заготовку повертають торцум, на який вона встановлювалась, вгору, і повторно базують заготовку для обробки іншого бокового фланця.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Розрахунок пневмоприводу пристрою

Зробимо аналіз силових факторів, що мають місце у процесі обробки деталі верстаті.

Види обробки – свердління отворів, нарізання кріпильних різьб, розточування отворів у малих фланцях (циліндричних поверхонь, канавок та уступів).

Заготовка утримується в пристрої силами тертя від контакту її з поверхнями установчих пластин та з контактними поверхнями трьох важелів.

Зусилля і крутні моменти від свердління і нарізання різьб порівняно менші, ніж тангенційні сили різання при розточуванні отворів, які прагнуть відірвати заготовку від установчих пластин. Складемо схему пристрою із вказанням потрібних сил та моментів для розрахунку сили на штоці пневмоциліндра. Осьові сили при свердлінні отворів у великих та малих фланцях притискатимуть заготовку до установчих пластин, тому ці силові параметри не враховуємо у розрахунках (рис.2.1).

					<i>МР.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таким чином, під час вказаного вище виду обробки на заготовку діють крутний момент  $M_{різ}$  від сили  $P_z$  при розточуванні (в горизонтальній площині) та момент від сил тертя, дотичних до циліндра фланця  $\varnothing 300$  мм. Отже, нам треба необхідно забезпечити нерухомість заготовки відносно установчих поверхонь пристрою під дією крутного моменту від сили різання.

Вихідними даними є:

- тангенційна сила різання при розточуванні  $P_z = 460$  Н (з розрахунків режимів різання);

- коефіцієнт тертя пари зовнішня циліндрична поверхня великого фланця - поверхня важеля  $f = 0.15$ ;

- діаметр циліндричної поверхні заготовки  $d = 0.300$  м;

- тиск у пневмомережі  $p = 0,63$  МПа.

Коефіцієнт запасу для затиску рівний  $k = 2,2$ .

Заготовка буде в стані рівноваги, якщо момент від сили різання буде врівноважений моментом сил тертя по зовнішній поверхні від затиску останньої важелями:

Власне силовий розрахунок повинен встановити зв'язок між силою різання  $P_z$ , силами затиску та зусиллям на штоці пневмоциліндра, а отже і його діаметром.

Запишемо рівняння рівноваги системи під дією сили затиску заготовки пневмоциліндром.

$$M_{різ} K = \sum M_T;$$

					<i>MP.ЛМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_z \cdot 0.175 K = 3 \cdot F_t \cdot 0.150 = 3 \cdot W \cdot f_m \cdot 0.15 = 3 \cdot Q \cdot \frac{0.122}{0.024} \cdot f_m \cdot 0.150$$

Звідси знайдемо потрібну сумарну силу  $Q$  на штоці пневмоциліндра:

$$Q = \frac{22 \cdot P_z \cdot 0.175}{0.15 \cdot 3 \cdot 0.150} = \frac{22 \cdot 460 \cdot 0.175 \cdot 0.024}{0.15 \cdot 3 \cdot 0.122 \cdot 0.150} = 1203 \text{ Н}$$

Тягове зусилля на штоці пневмоциліндра буде рівне

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

Де  $d = 0.038$  м – діаметр штока,

$p = 6300$  Па – тиск в пневмережі,

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

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0.785 p \cdot \eta} + d^2} = \sqrt{\frac{1203}{0.785 \cdot 6300 \cdot 0.9} + 0.038^2} = 0,068 \text{ м.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр діаметр пневмоциліндра 150 мм.

Тоді дійсна сила на штоці циліндра буде рівна

$$Q = 0.785 (0.15^2 - 0.038^2) \cdot 0.63 \cdot 10^6 \cdot 0.9 = 9260 \text{ Н}$$

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

### 2.3 Силова перевірка елементів пристрою

В спроектованому пристрої “слабкою ланкою” є різьба М20х1,5 на верхньому кінці штока, яка працює на зминання (дивись креслення верстатного пристрою).

					<i>MP.ЛМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Матеріал штока – Сталь 45 ГОСТ 1050-89

$$\sigma = \frac{Q \cdot 4}{3,14 \cdot (0,02 - 0,0185)} = \frac{4 \cdot 9260}{0,0108} = 1966 \text{ МПа}$$

В нашому випадку  $\sigma_p \leq [\sigma_p]$  ( $196,6 < 320$ ), отже умова міцності різьби на змінання витримується.

					<i>MP.ЛМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 Дослідницький розділ

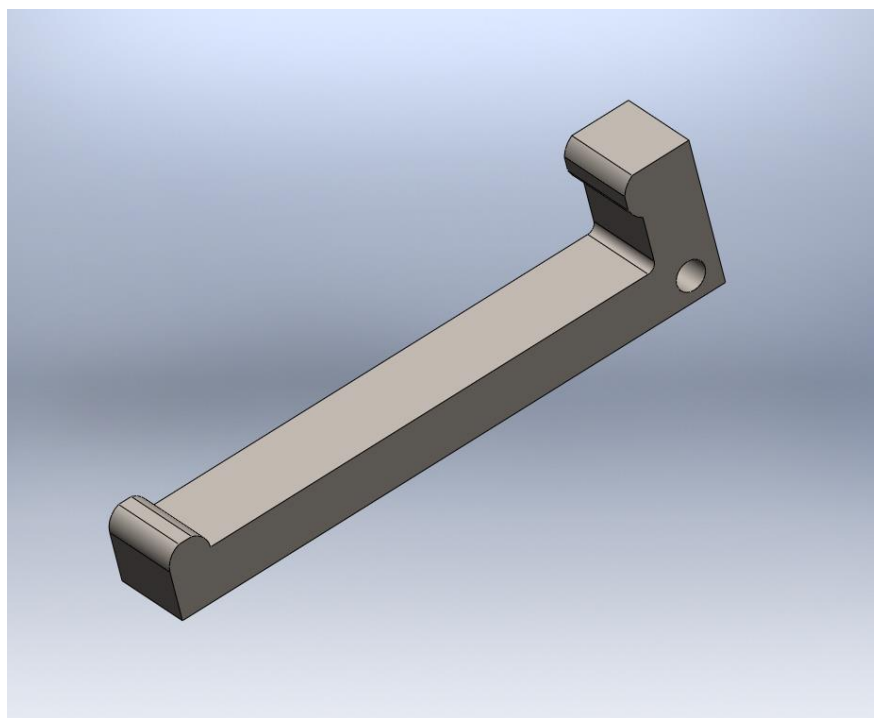
#### Комп'ютерна перевірка міцності деталей затискного механізму верстатного пристрою

Для виконання переходів розточування, обробки торців фланців, свердління отворів, зенкування фасок та нарізання різьб у корпусі на багатоопераційному верстаті в нашій роботі застосовано пристрій. В ньому деталь базується і затискається трьома важелями Г-подібної форми. Останні здійснюють коливальні переміщення завдяки трьом осям, що вставлені у вилки.

Розміри та геометрична конфігурація елементів пристрою задавались конструктивно, тому перевірка міцності найслабшої ланки, що працює на згин, викликана необхідністю.

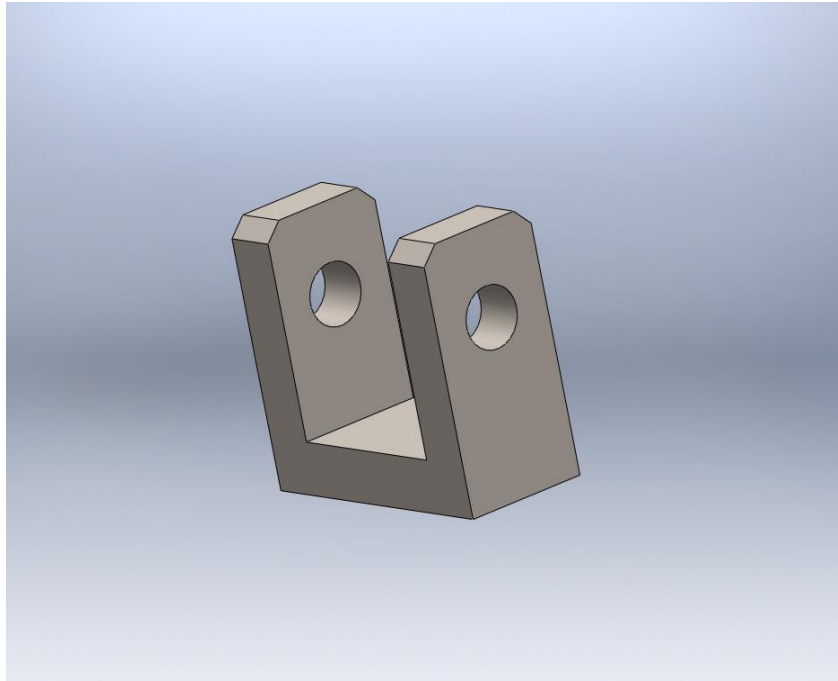
Виконаємо 3D модель вузла затиску, у який входять вилка, важіль та вісь засобами програми Solid Works.

Зображення моделей вказаних деталей є на рис. 3.1 – 3.3.

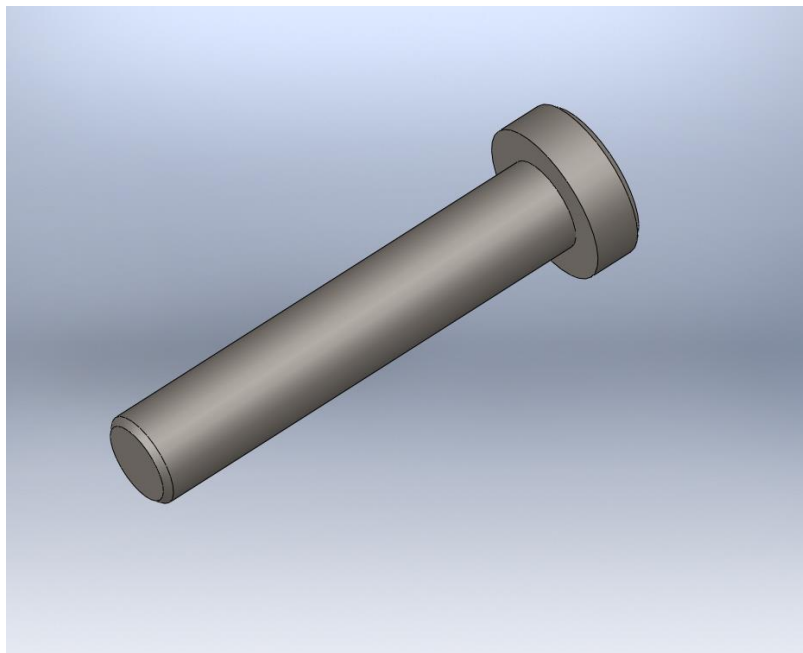


**Рис. 3.1 – Модель важеля.**

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



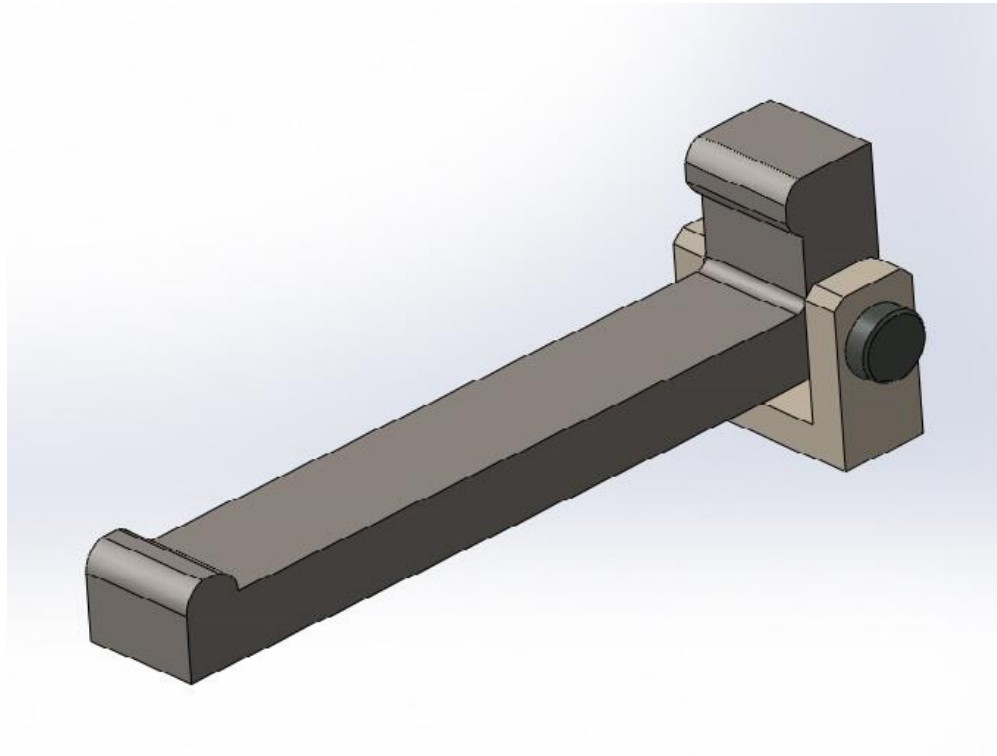
**Рис. 3.2 – Модель опорної вилки**



**Рис. 3.3 – Модель вісі**

Вузол затиску у складеному стані має вигляд, як на рис.3.4.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

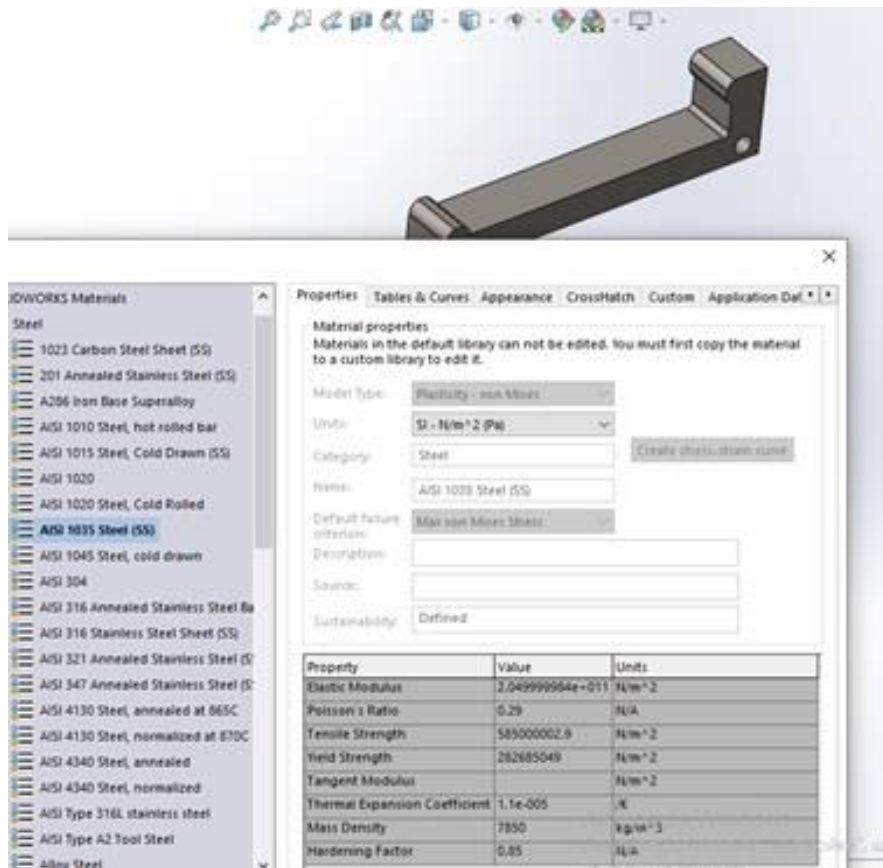


**Рис. 3.4 – Модель вузла затиску в зборі**

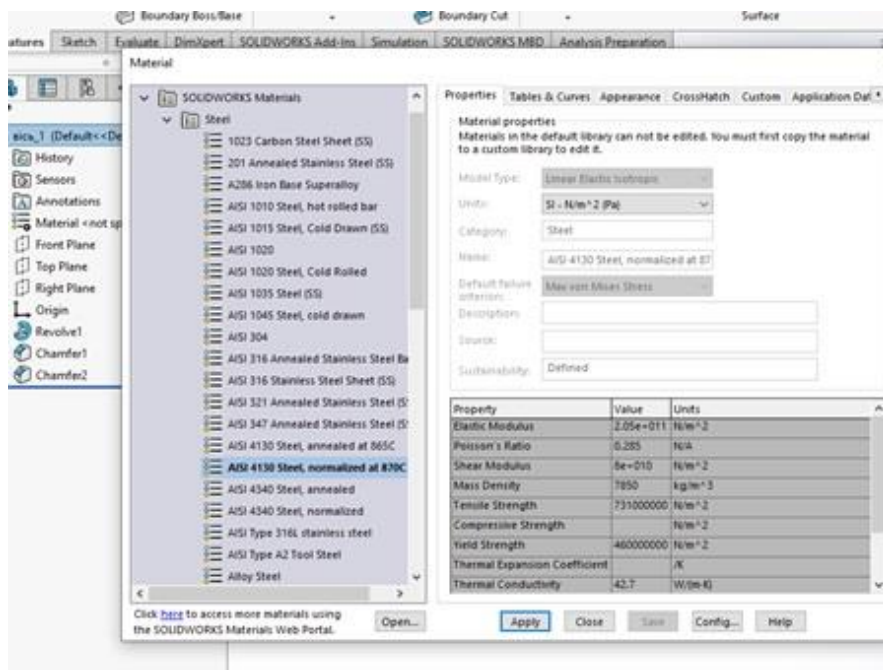
Для перевірки вузла затиску на міцність застосуємо пакет Simulation як додаток програми Solid Works.

Спершу задаємо властивості матеріалі деталей вузла, як це показано на рис. 3.5 а - в.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)

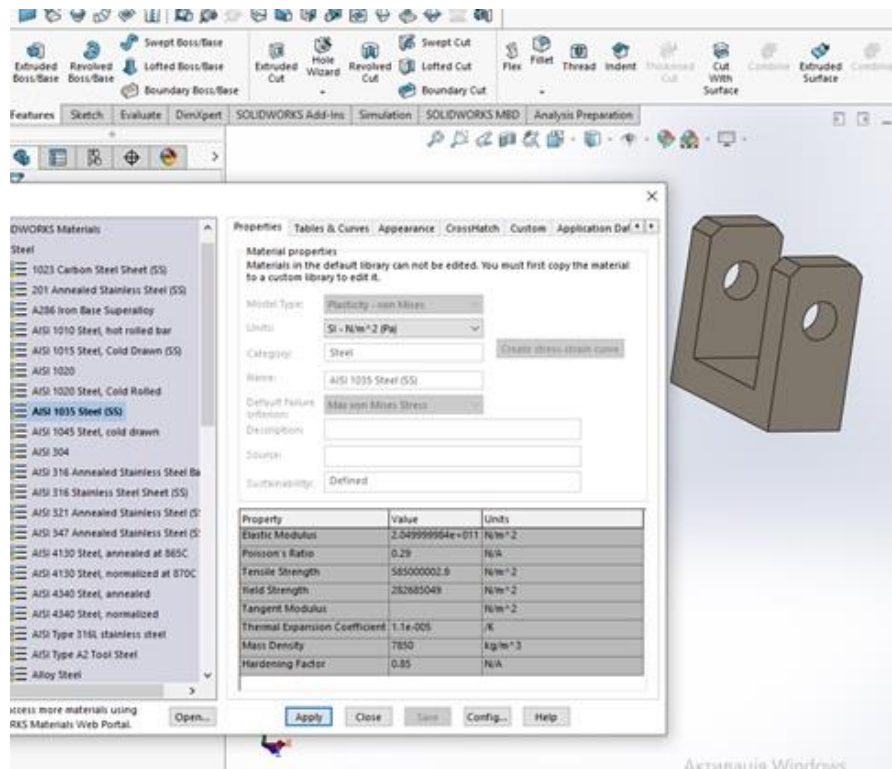


б)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP.ПМК-013.00.000 ПЗ

Арк.



в)

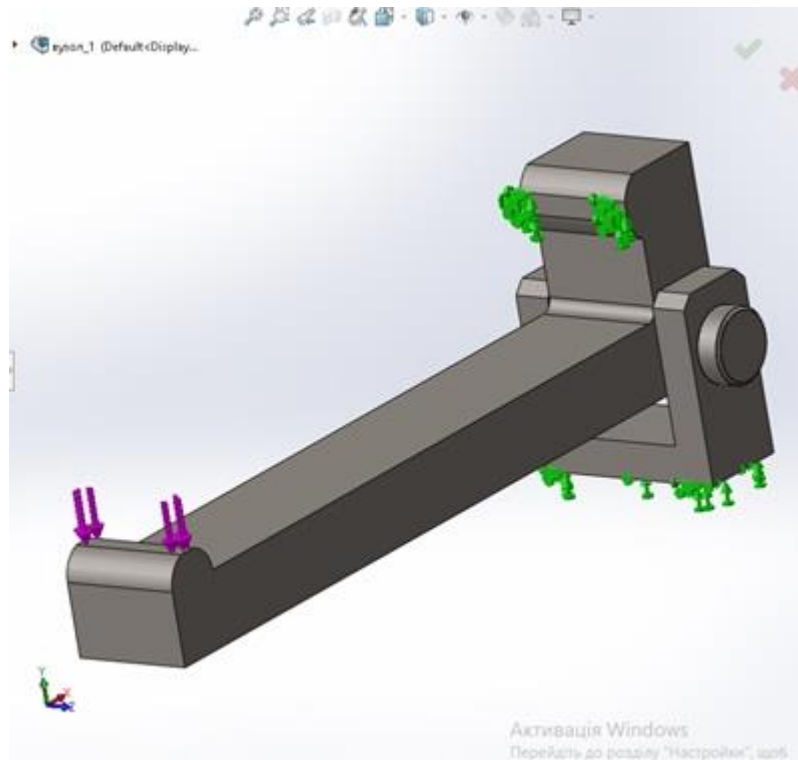
**Рис. 3.5 - Властивості матеріалів деталей вузла затиску (а – важіль, б – вісь, в - вилка).**

Для дослідження міцності спершу задамо нерухомі зв'язки основи вилки з плитою пристрою та важеля з деталлю, і прикладемо затискне зусилля від штока пневмоциліндра до довшого плеча важеля (рис.3.6).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

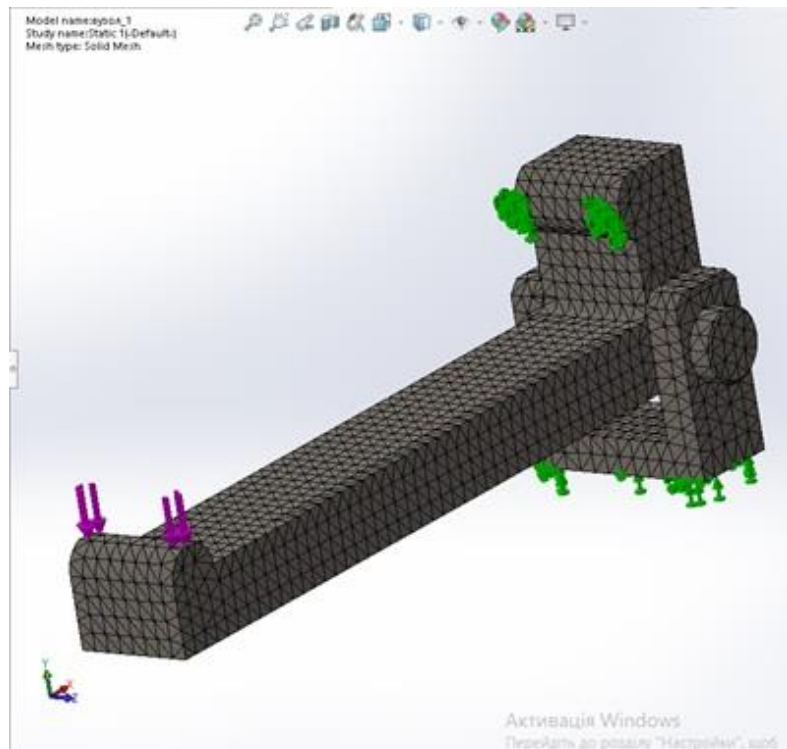
*MP.ПМК-013.00.000 ПЗ*

Арк.



**Рис. 3.6 – Зв'язки та сили, прикладені до моделі**

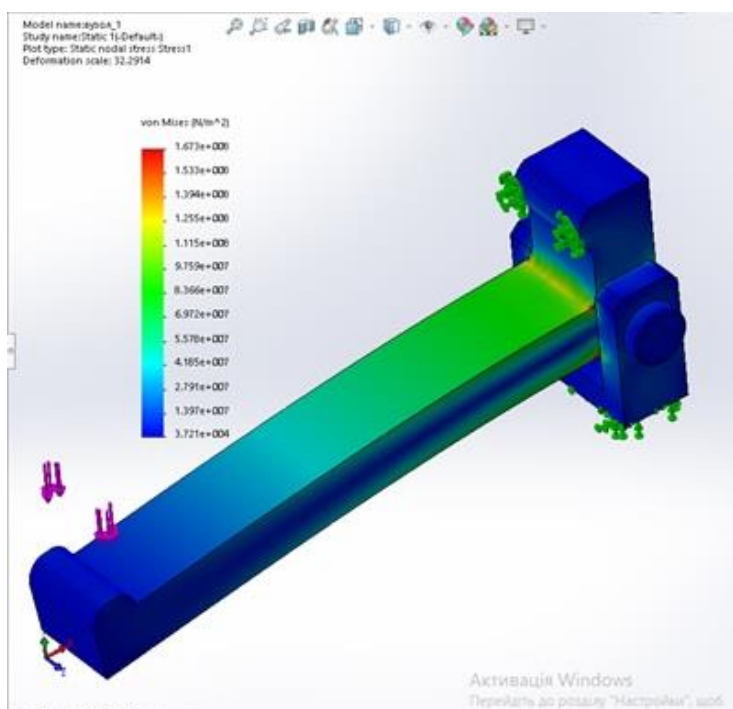
Необхідно також згенерувати сітку скінченних елементів у вузлі затиску, як це зображено на рис. 3.7.



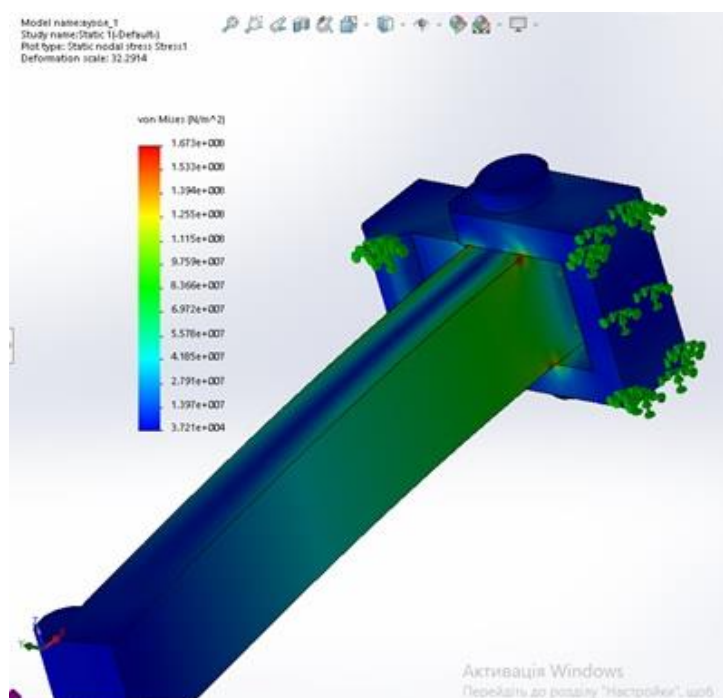
**Рис. 3.7. – Сітка скінченних елементів у моделі вузла**

					<i>MP.ЛМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконуємо розрахунки і отримуємо просторові епюри напружень, переміщень окремих об'ємів вузла та ступінь їх деформацій (рис.3.8 – 3.11).



**Рис. 3.8. – Просторова епюра розподілу напружень у верхній частині важеля**



**Рис. 3.9. – Просторова епюра розподілу напружень у нижній частині важеля**

					<i>MP.LMK-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

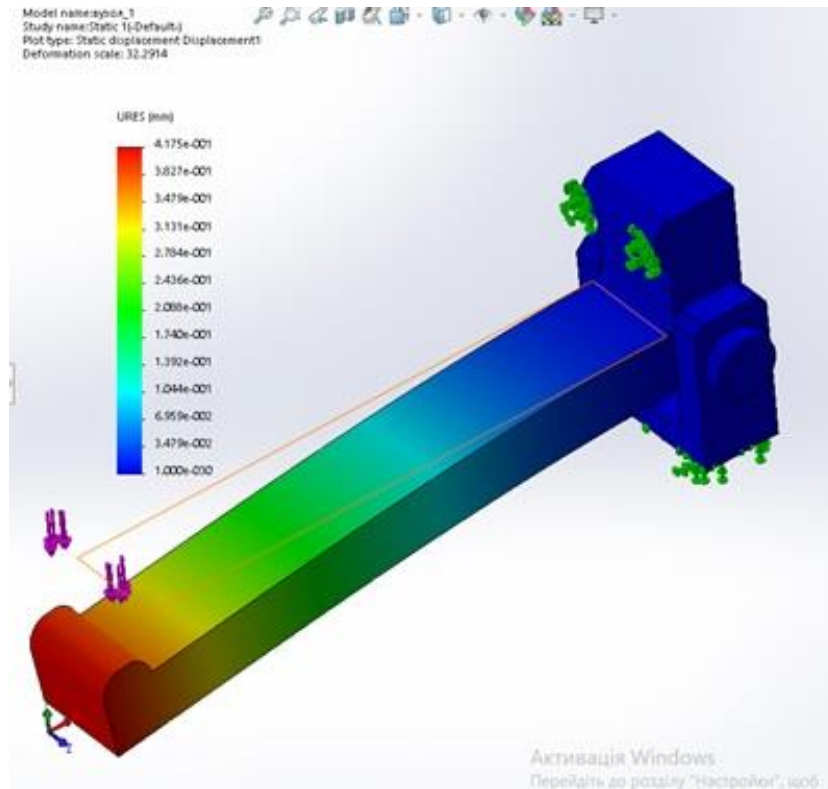


Рис. 3.10. – Просторова епюра переміщень у нижній частині важеля

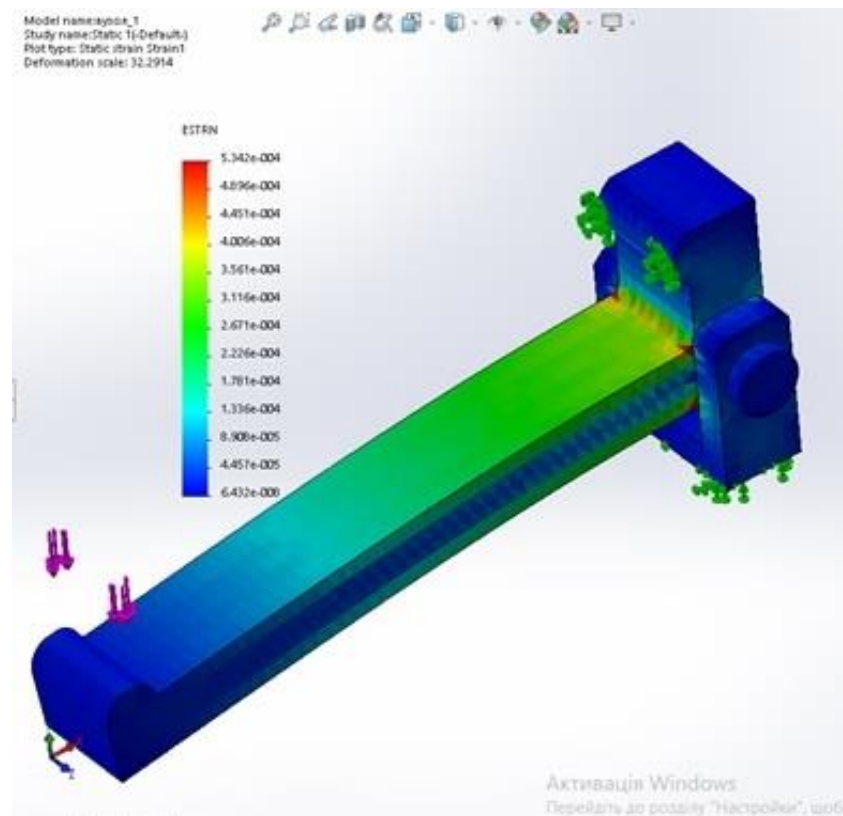


Рис. 3.10. – Просторова епюра деформацій окремих елементів важеля

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З рисунків бачимо, що пікові значення отриманих параметрів напружено-деформованого стану мають місце у кутках при згині важеля. Так, напруження становлять 167 МПа. Згідно характеристик сталі 20Л, допустиме значення становить 420 МПа. Отже, умова міцності важеля витримується з коефіцієнтом запасу 2,515.

Отже, вузол працездатний при заданих силових навантаженнях.

### Висновки

На підставі аналізу конструкції та технологічності виготовлення деталі «Корпус ИА01017-200А», були встановлені недоліки заводського технологічного процесу її механічної обробки.

Розроблено новий варіант технології обробки вказаної деталі з використанням сучасних токарного та багатоопераційного верстатів з ЧПК, подаються необхідні технологічні розрахунки.

Оформлено маршрутну та операційну технологічну документацію.

У середовищі Fusion 360 спроектовано свердлильну обробку деталі та керуючу програму.

Для верстата з ЧПК спроектовано пристрій з пневмоприводом.

У середовищі Solid Works Simulation перевірено міцність вузла пристрою.

					<i>MP.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Література

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

					<i>МР.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

9.Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Под. Ред. А. Ф. Горбацевича. – Минск: Высш. школа, 1976.

10.Анурьев В.Н. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3-х т. М.: Машиностроение, 1982.

11. Карпик Р.Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки./ Р.Т.Карпик, Б.Д.Сторож. - Івано-Франківськ: Факел, 2008 – 120с.

					<i>МР.ПМК-013.00.000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## **ДОДАТКИ**

%

O0121

(T1 D=11. CR=0. TAPER=118DEG - ZMIN=112.374 - DRILL)

N10 G90 G94 G17 G49 G40 G80

N15 G21

N20 G28 G91 Z0.

N25 G90

(DRILL2)

N30 T1 M06

N35 S794 M03

N40 G17 G90 G94

N45 G54

N50 M08

N55 G00 X129.343 Y-53.576

N60 G43 Z141. H01

N65 G00 Z131.

N70 G98 G81 X129.343 Y-53.576 Z112.548 R130. F131.

N75 G80

N80 Z152.007

N85 Y53.576

N90 Z131.

N95 G81 X129.343 Y53.576 Z112.374 R130. F131.

N100 G80

N105 Z152.007

N110 X53.576 Y129.343

N115 Z131.

N120 G81 X53.576 Y129.343 Z112.374 R130. F131.

N125 G80

N130 Z152.007

N135 X-53.576

N140 Z131.

N145 G81 X-53.576 Y129.343 Z112.374 R130. F131.

N150 G80

N155 Z152.007

N160 X-129.343 Y53.576

N165 Z131.

N170 G81 X-129.343 Y53.576 Z112.374 R130. F131.

N175 G80

N180 Z152.007

N185 Y-53.576

N190 Z131.

N195 G81 X-129.343 Y-53.576 Z112.548 R130. F131.

N200 G80

N205 Z152.007

N210 X-53.576 Y-129.343

N215 Z131.

N220 G81 X-53.576 Y-129.343 Z113. R130. F131.

N225 G80

N230 Z152.007

N235 X53.576

N240 Z131.

N245 G81 X53.576 Y-129.343 Z113. R130. F131.

N250 G80

N255 Z141.

N260 M09

N265 M05

N270 G28 G91 Z0.

N275 G90

N280 G49

N285 G28 G91 X0. Y0.

N290 G90

N295 M30

%

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
Перв. примен.				<u>Документація</u>					
	A1			Складальне креслення					
				<u>Деталі</u>					
Справ. №		1	МР.ПМКМ-365.04.001	Основа	1				
		2	МР.ПМКМ-365.04.002	Кришка нижня	1				
		3	МР.ПМКМ-365.04.003	Гільза	1				
		4	МР.ПМКМ-365.04.004	Кришка верхня	1				
		5	МР.ПМКМ-365.04.005	Шток	1				
		6	МР.ПМКМ-365.04.006	Поршень	1				
		9	МР.ПМКМ-365.04.009	Плита монтажна	1				
		12	МР.ПМКМ-365.04.012	Гайка розрізна М20х1,5	2				
		15	МР.ПМКМ-365.04.015	Важіль	3				
		16	МР.ПМКМ-365.04.0161	Вісь	3				
		21	МР.ПМКМ-365.04.021	Вилка	3				
		29	МР.ПМКМ-365.04.029	Конус	1				
		32	МР.ПМКМ-365.04.032	Кронштейн	3				
		33	МР.ПМКМ-365.04.033	Напрямна	1				
	Підп. і дата		37	МР.ПМКМ-365.04.037	Шток	1			
		38	МР.ПМКМ-365.04.038	Ручка	1				
Інв. № додл.				<u>Стандартні вироби</u>					
Взам. інв. №		7		Болт М8х25.88					
				ГОСТ 11738-72	6				
		8		Кільце 035-041-36-2-4					
Підп. і дата				ГОСТ 9833-73	1				
Інв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p style="text-align: center;"><b>МР.ПМКМ-013.07.000.СК</b></p> <p style="text-align: center;">Пристрій верстатний фрезерно- свердлильно-розточний</p>			
	Разраб.		КозутО.М.				Лист	Лист	Листов
	Проб.		Борушак ЛО.					1	1
	Реценз.						ІФНТУНГ		
	Н.контр.		Борушак ЛО.				ПМКМ-24-1		
Утв.		Панчук В.Г.							



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

*1*

*ІФНТУНГ*

*ПМКм-24-1*

***КОМПЛЕКТ  
технологічної  
документації***

*Технологічний процес  
механічної обробки деталі:  
Корпус ІА01017-200А*

Розробив: ст. гр. ПМКм-24-1

***Козут О.М.***

Перевірив: ***Боруцак Л.О.***



Дубл.																							
Взамін																							
Підпис										Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата									
Розробив	Козут О.М.					ІФНТУНГ		ПМКм-24-1															
Перевірів	Боруцак Л.О.																						
Н. контр.	Боруцак Л.О.					Корпус ИА01017-200А																	
Назва операції				Матеріал			Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри				МЗ	Конд							
010 Токарна з ЧПК				Сталь 20Л ГОСТ 977-75			σ 420			13,87	300x335x125				20,82								
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми			To	Td	Tn.з	Tшт.	МОР												
Токарний з ЧПК Сортак 660x1500							6,2	0,21	21,7	6,83	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: Патрон трикулачковий самоцентруючий																						
04	Підрізати торець,, витримуючи розмір 128±0,4мм						300		68	3,20	1	185	562	529,									
P05	РІ: Різець контурний 2194-1221 ДСТУ 1979-98																						
06																							
P07	Розточити отвір, витримуючи розмір Ø180H12						180		17	3,50	1	162	475	318									
08	РІ: Різець розточний С6-PWLN R-27140-10																						
OK	Обробка різанням																						







Різальний інструмент: розточна  
оправка WALTER CARPO  
моделі С6-PDUN R-17100-11

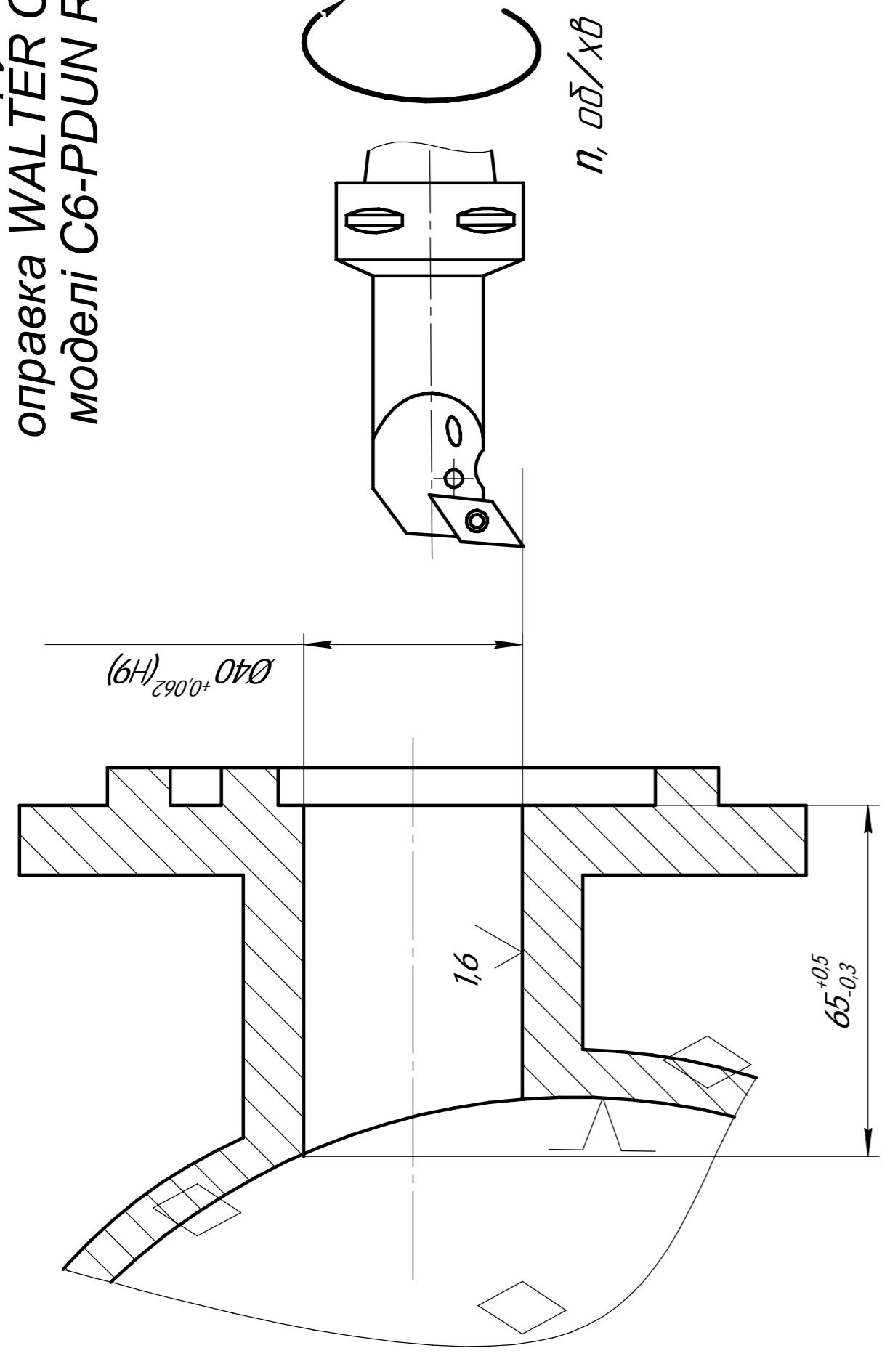


Рисунок 1 - Ескіз розточування отвору Ø40H9

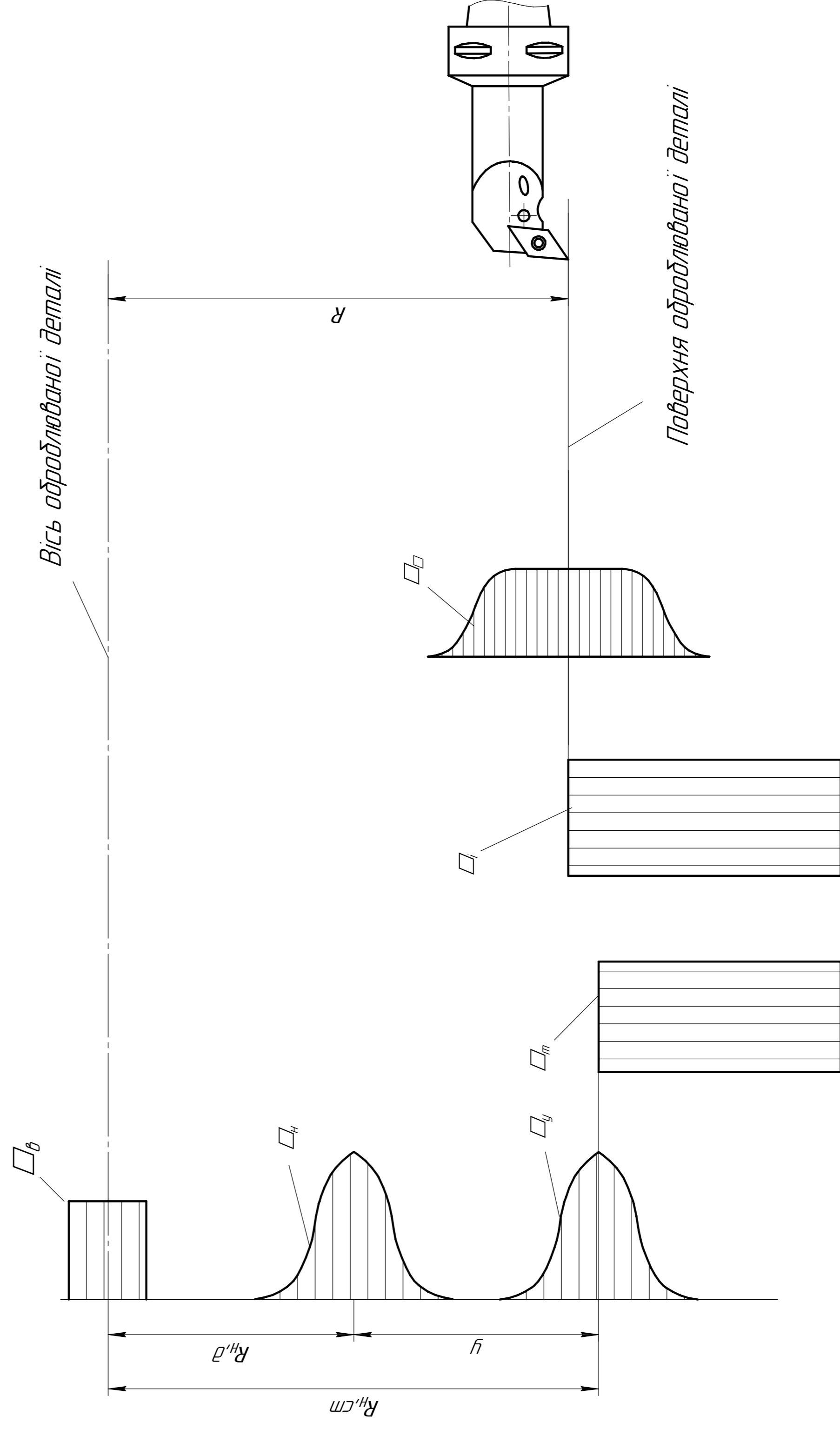


Рисунок 3 - Схема технологічного розмірного ланцюга

$R$ ,  $R_{H,ст}$ ,  $R_{H,д}$  - відповідно радіуси обробки (замикання ланка), статичного напруження, динамічного напруження,  
 $\square_{\mu}$  - постійна складова похибки від деформації системи ВПД під дією сил різання,  $\square_{\tau}$  - постійна складова похибки від розмірного спрацювання інструмента,  $\square_{\Delta T}$  - постійна складова похибки від температурної деформації інструмента

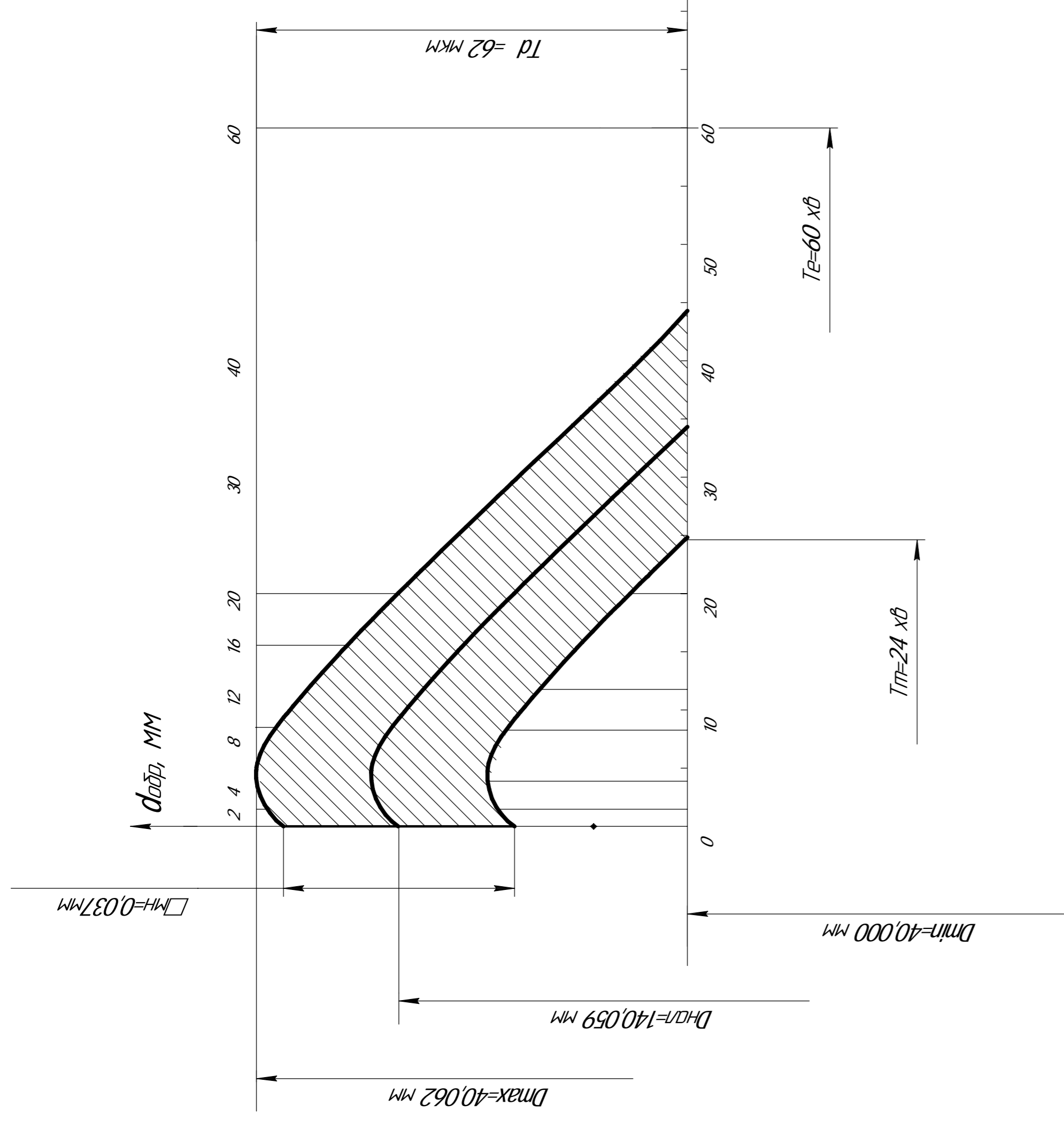


Рисунок 2 - Теоретична діаграма точності

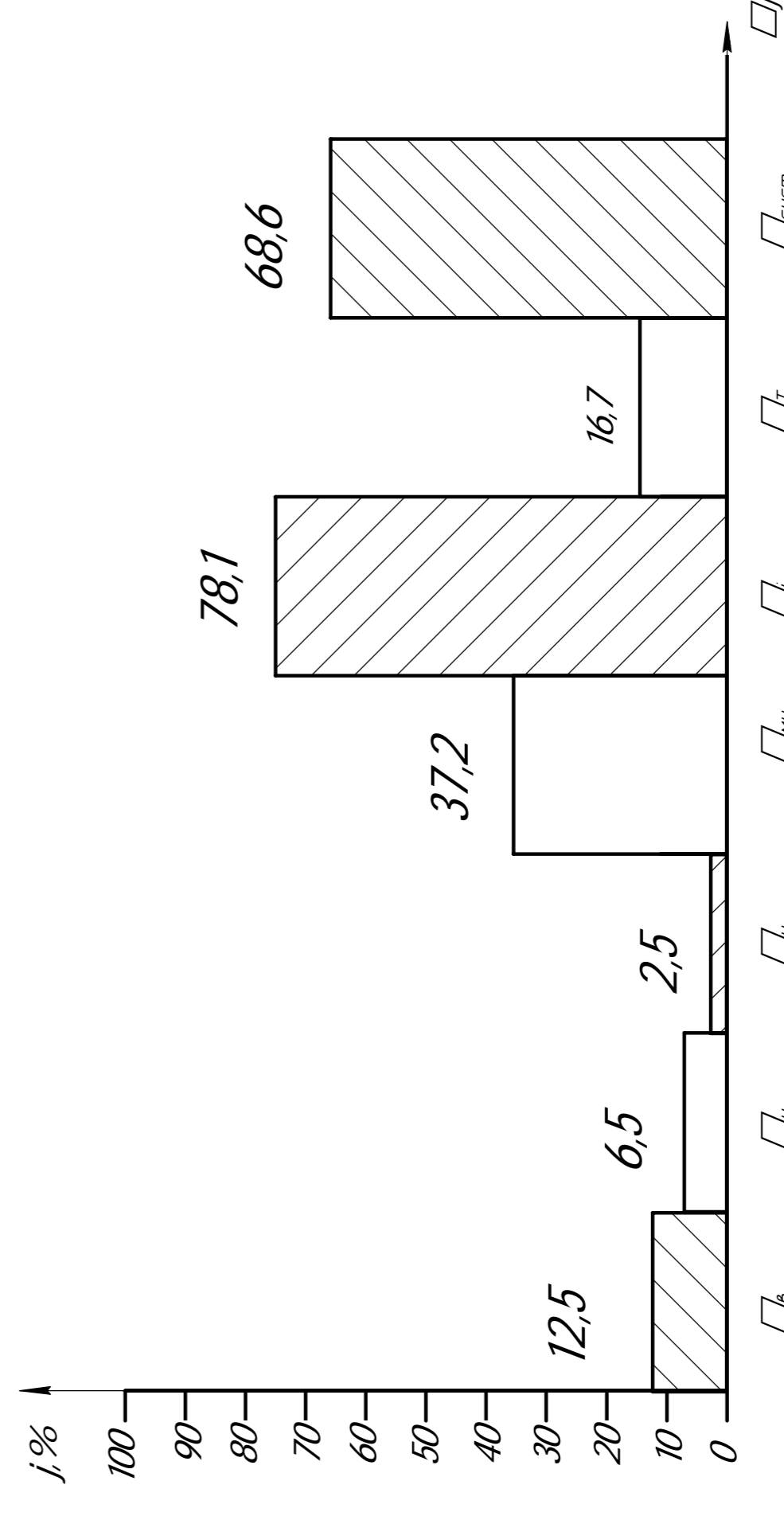


Рисунок 4 - Гістограма похибок обробки

ПМЖМ-013.05.000АТ		Лист		Масштаб		Масштаб	
Аналіз точності при розточуванні отвору Ø40H9(квз)		Лист		Лист		Лист	
№ документа		№ документа		№ документа		№ документа	
Розроб		Розроб		Розроб		Розроб	
Проєкт		Проєкт		Проєкт		Проєкт	
Інженер		Інженер		Інженер		Інженер	
Узгод		Узгод		Узгод		Узгод	
Підпис		Підпис		Підпис		Підпис	
ІНЖ-УНІ		ІНЖ-УНІ		ІНЖ-УНІ		ІНЖ-УНІ	
ПМЖМ-24-1		ПМЖМ-24-1		ПМЖМ-24-1		ПМЖМ-24-1	
Формат А1		Формат А1		Формат А1		Формат А1	

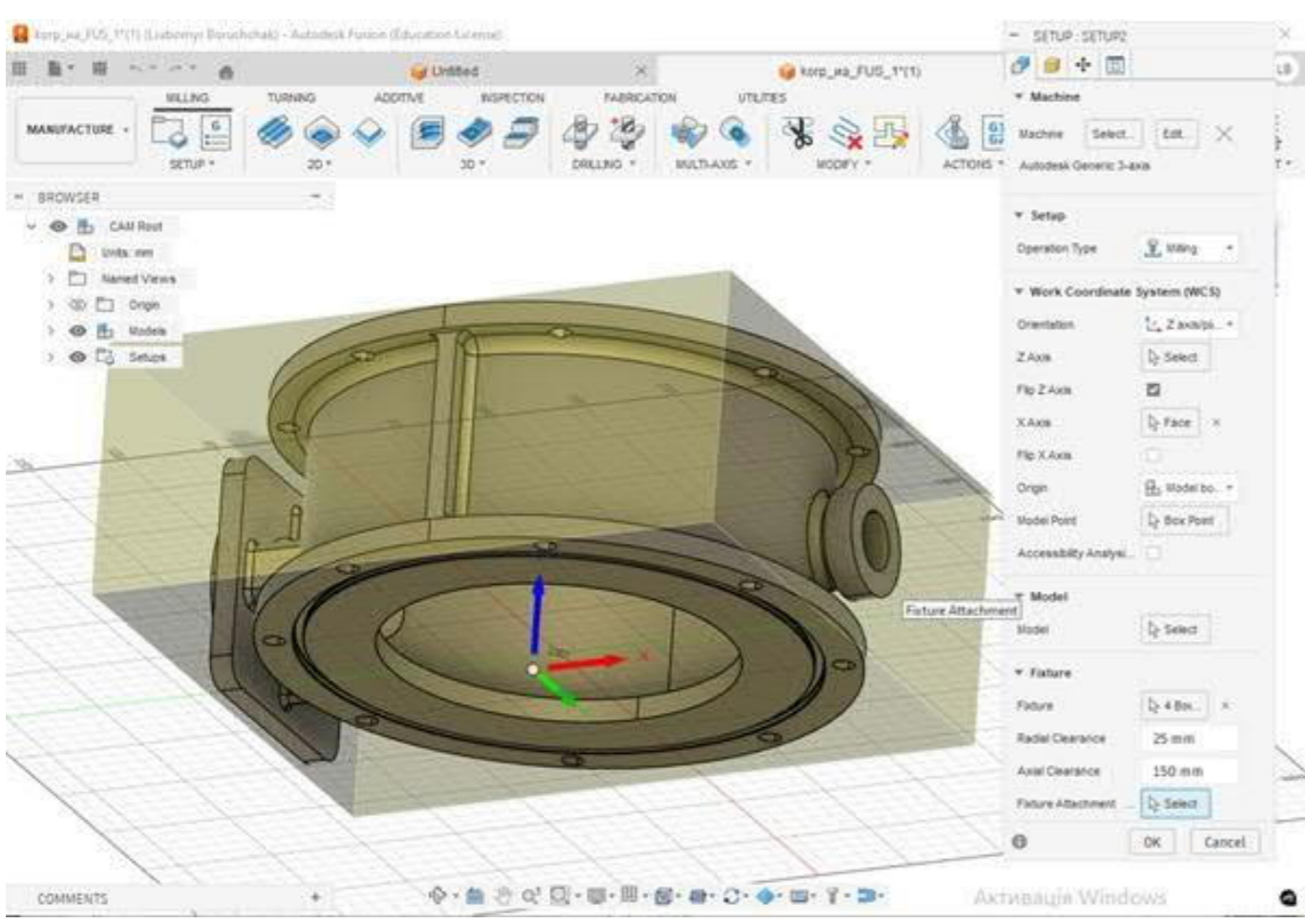


Рис.1 - Імпорт деталі та налаштування системи координат для типу обробки

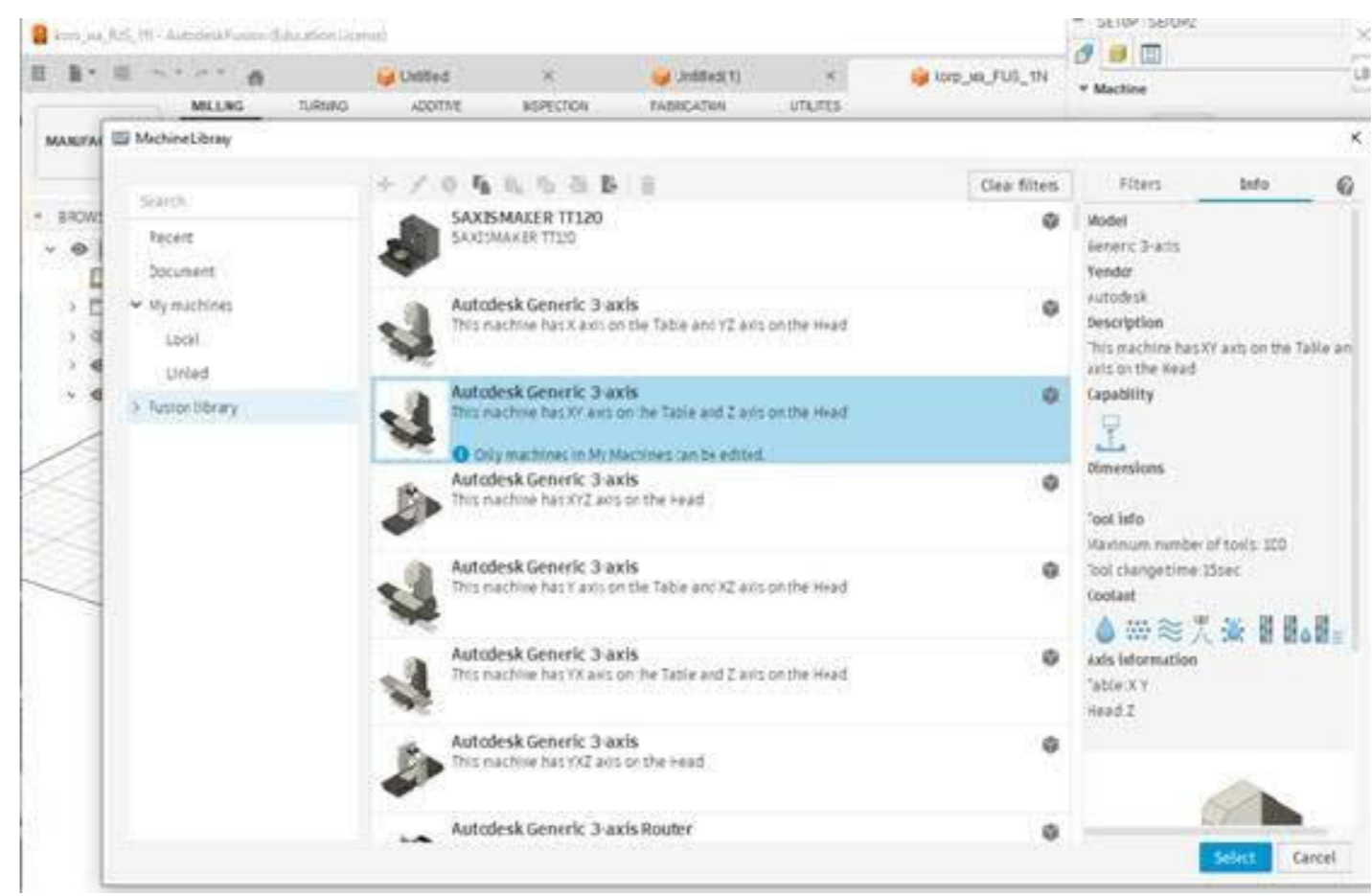


Рис.2 - Вибір трьохкоординатного верстата з бібліотеки програми Fusion 360

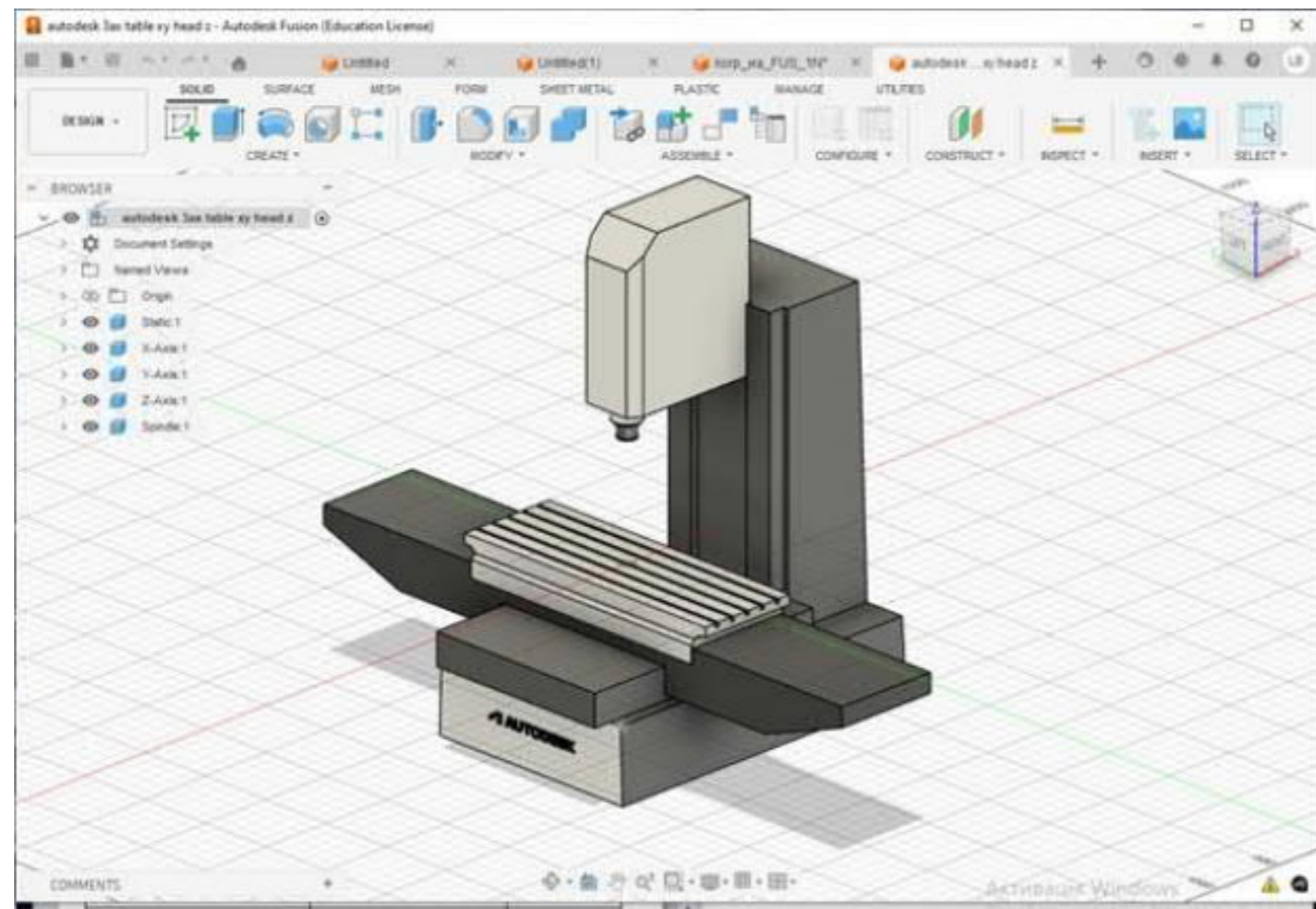


Рис. 3 - Імпантція верстата в систему

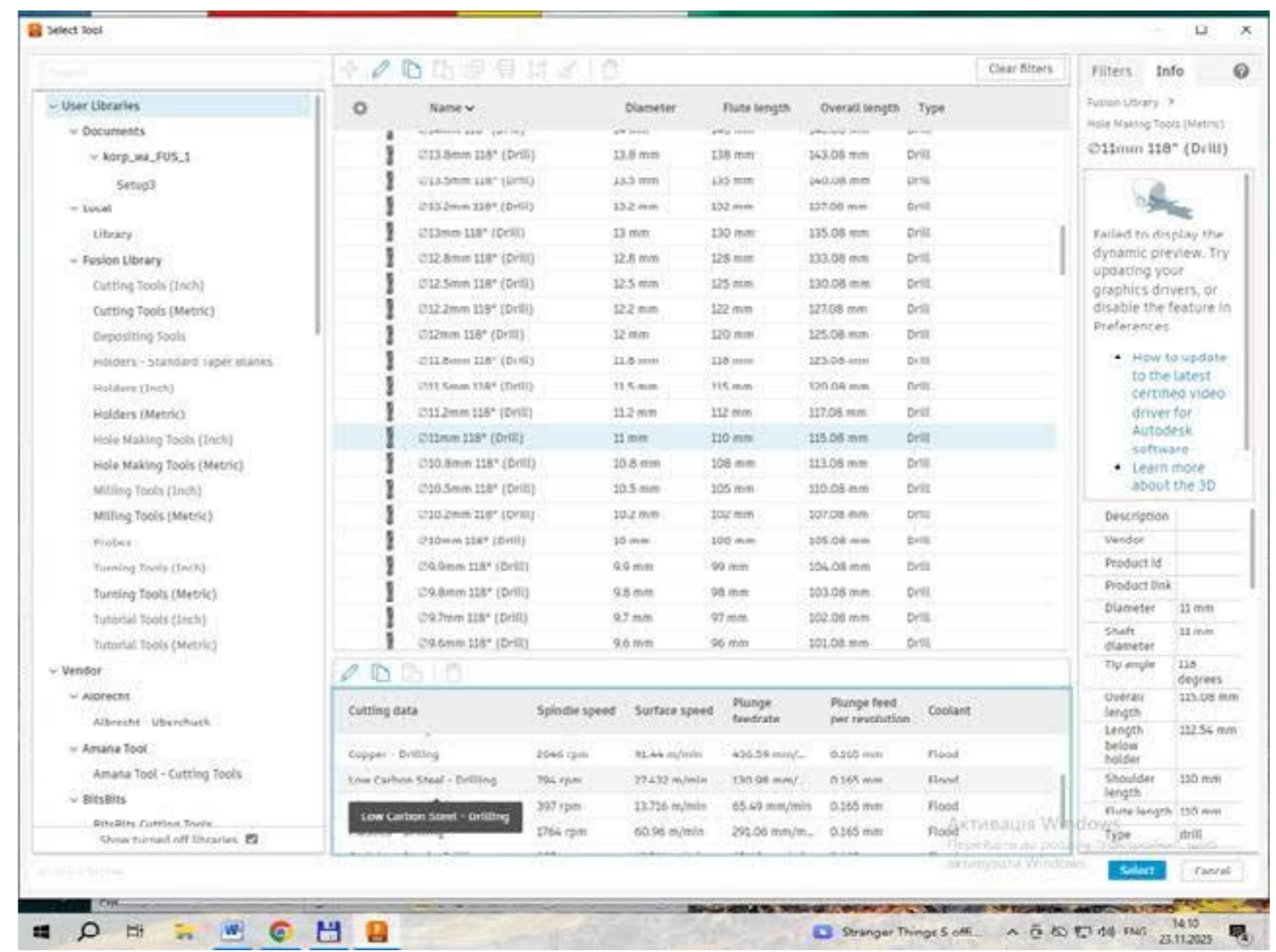


Рис.4 - Призначення інструмента - свердла

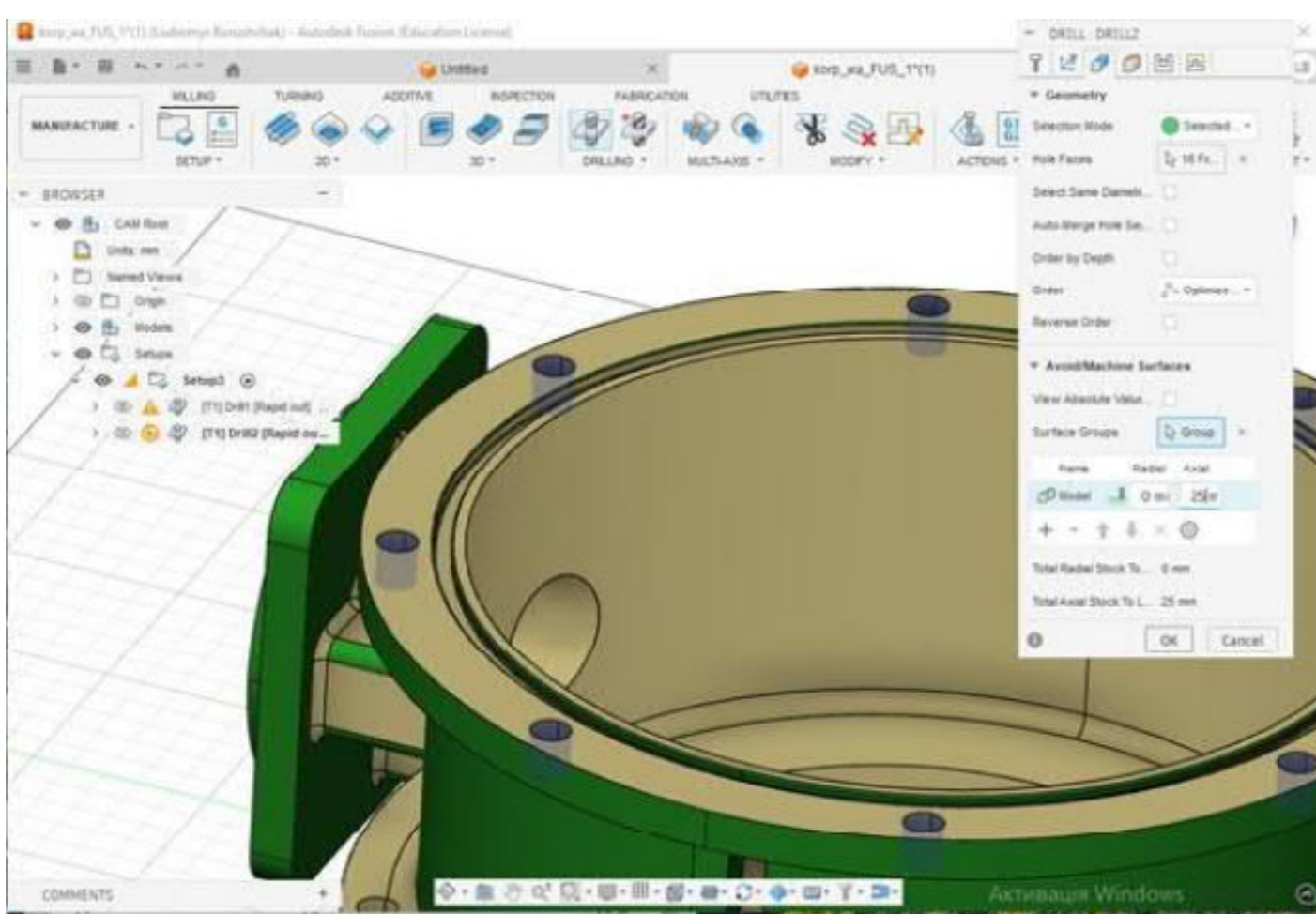


Рис. 5 - Призначення поверхонь, що підлягають обробці вибраним інструментом

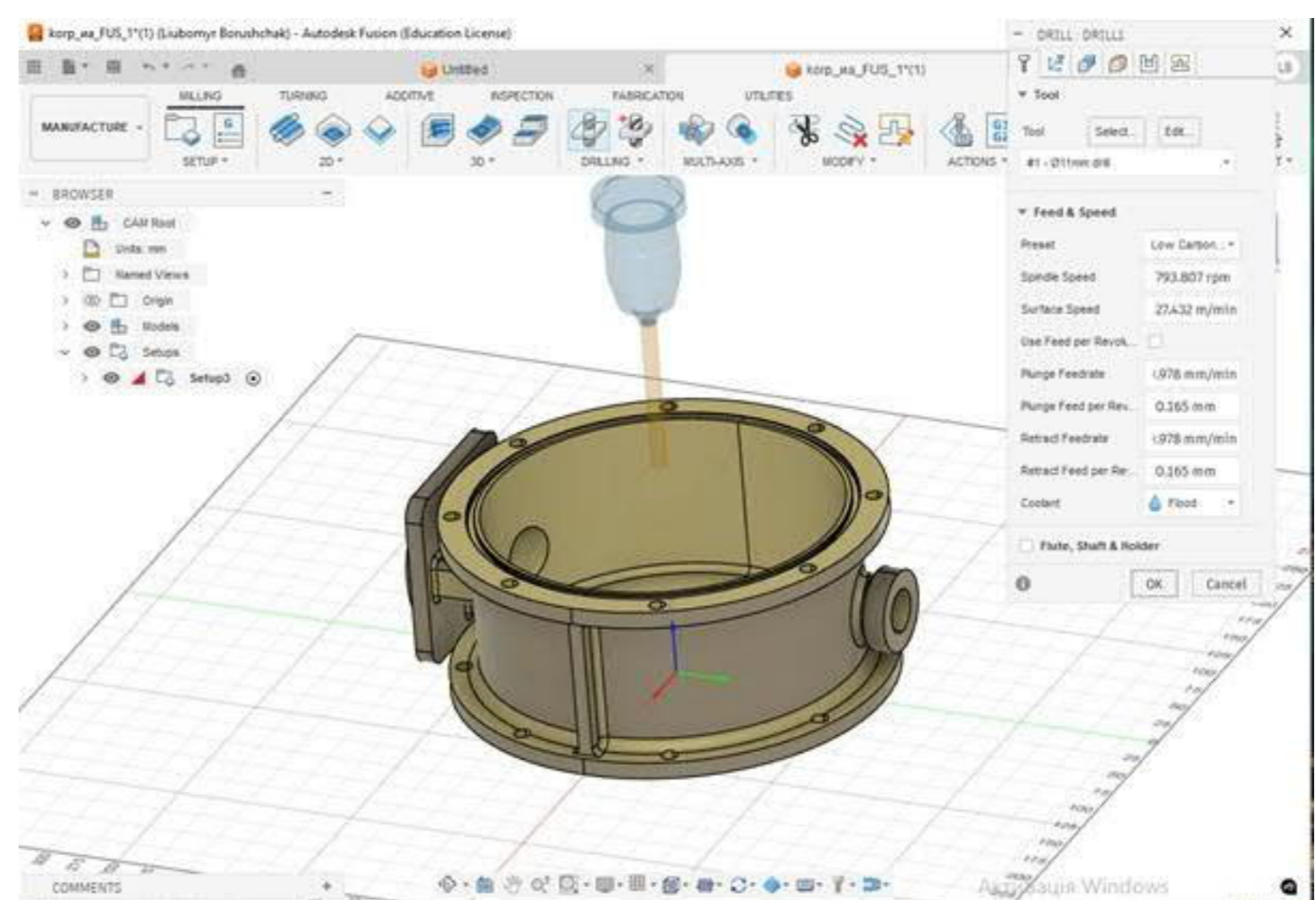


Рис. 6 - Коригування режимів різання при свердлінні

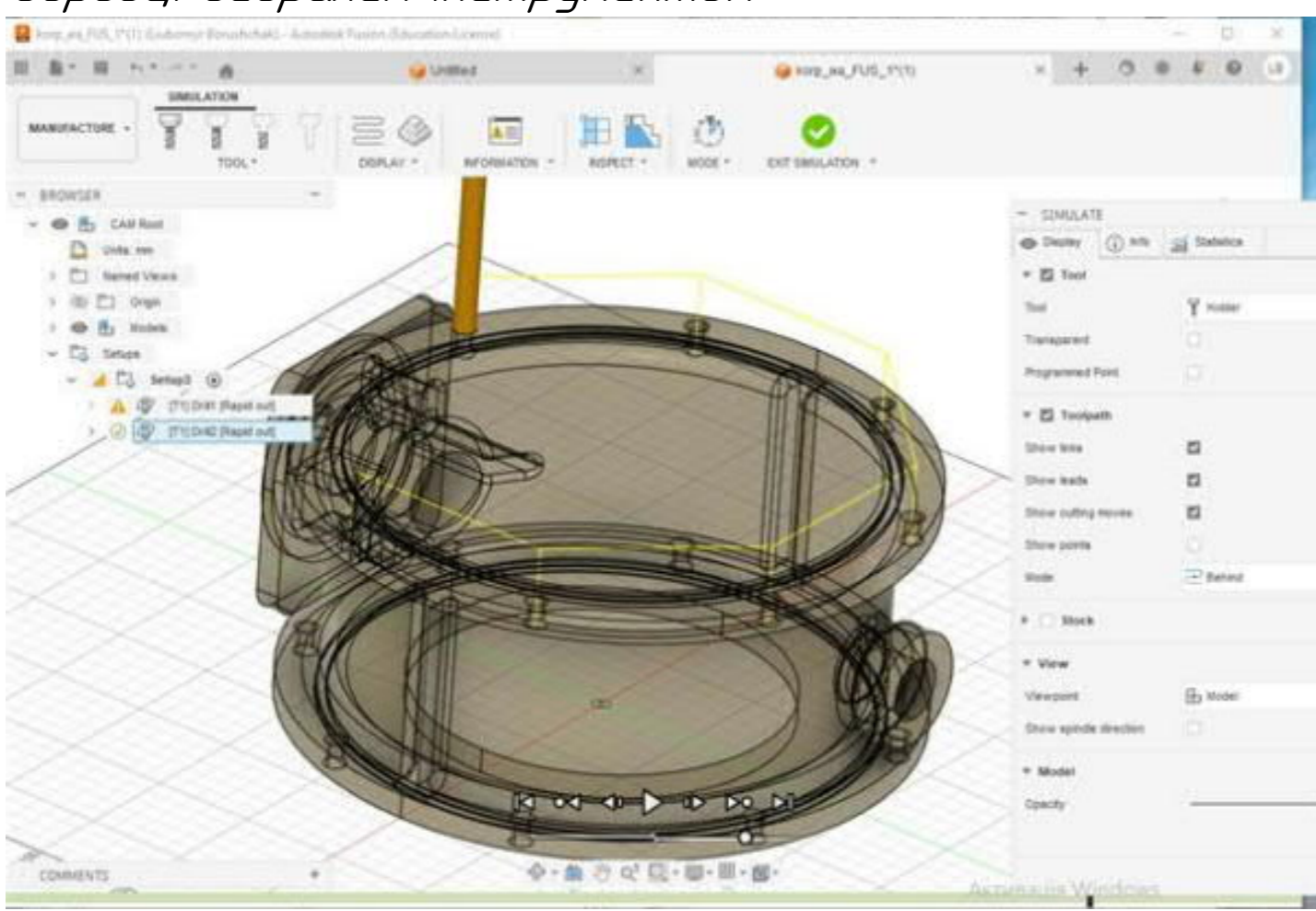


Рис. 7 - Фрагмент анімації свердління восьми отворів з одного торця

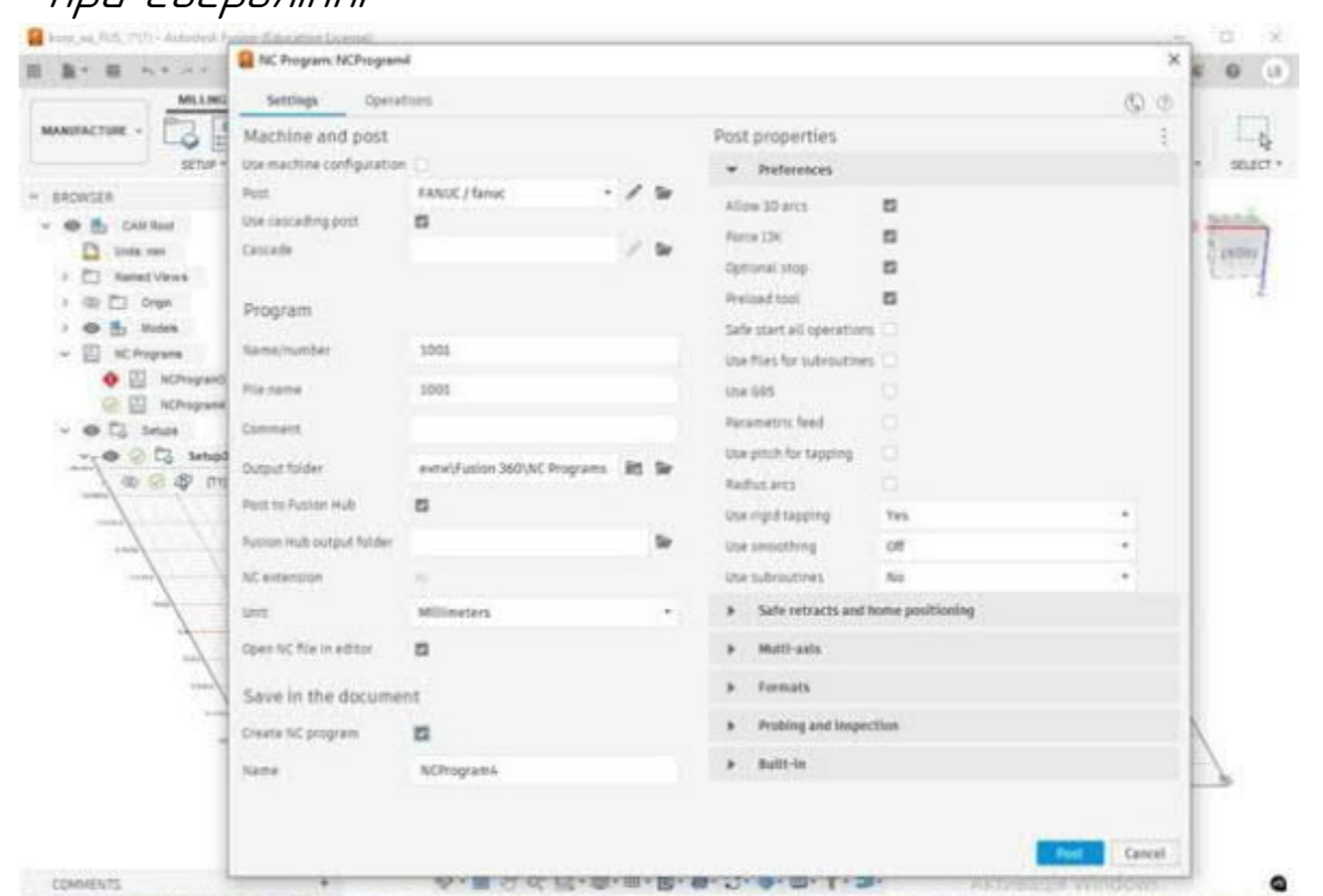


Рис. 8 - Налаштування постпроцесора на генерування програми для обробки

%  
00121  
(T1 D=11, CR=0, TAPER=118DEG - ZMMN=112.374 - DRILL)  
N10 G90 G94 G17 G49 G40 G80  
N15 G21  
N20 G28 G91 Z0.  
N25 G90  
  
(DRILL2)  
N30 T1 M06  
N35 S794 M03  
N40 G17 G90 G94  
N45 G54  
N50 M08  
N55 G00 X129.343 Y-53.576  
N60 G43 Z141. H01  
N65 G00 Z131.  
N70 G98 G81 X129.343 Y-53.576 Z112.548 R130. F131.  
N75 G80  
N80 Z152.007

N85 Y53.576  
N90 Z131.  
N95 G81 X129.343 Y53.576 Z112.374 R130. F131.  
N100 G80  
N105 Z152.007  
N110 X53.576 Y129.343  
N115 Z131.  
N120 G81 X53.576 Y129.343 Z112.374 R130. F131.  
N125 G80  
N130 Z152.007  
N135 X-53.576  
N140 Z131.  
N145 G81 X-53.576 Y129.343 Z112.374 R130. F131.  
N150 G80  
N155 Z152.007  
N160 X-129.343 Y53.576  
N165 Z131.  
N170 G81 X-129.343 Y53.576 Z112.374 R130. F131.  
N175 G80  
N180 Z152.007

N185 Y-53.576  
N190 Z131.  
N195 G81 X-129.343 Y-53.576 Z112.548 R130. F131.  
N200 G80  
N205 Z152.007  
N210 X-53.576 Y-129.343  
N215 Z131.  
N220 G81 X-53.576 Y-129.343 Z113. R130. F131.  
N225 G80  
N230 Z152.007  
N235 X53.576  
N240 Z131.  
N245 G81 X53.576 Y-129.343 Z113. R130. F131.  
N250 G80  
N255 Z141.

N260 M09  
N265 M05  
N270 G28 G91 Z0.  
N275 G90  
N280 G49  
N285 G28 G91 X0. Y0.  
N290 G90  
N295 M30  
%

Текст керуючої програми свердління восьми отворів

				MP.ПМКМ-013.06.000		
Имя Лист	№ докум	Лист	Листа	Разработка керуючої програми в середовищі Fusion 360	Лист	Листов
Разработ	Косачук АМ	Лист	Листа		1	1
Проект	Борущак ЛО					
Техцентр	Борущак ЛО					
Исполн	Борущак ЛО					
Чит	Панчук В.Г.					
				ПМКМ-24-1 ІФНТУНГ		
				Копіювання Формат А1		

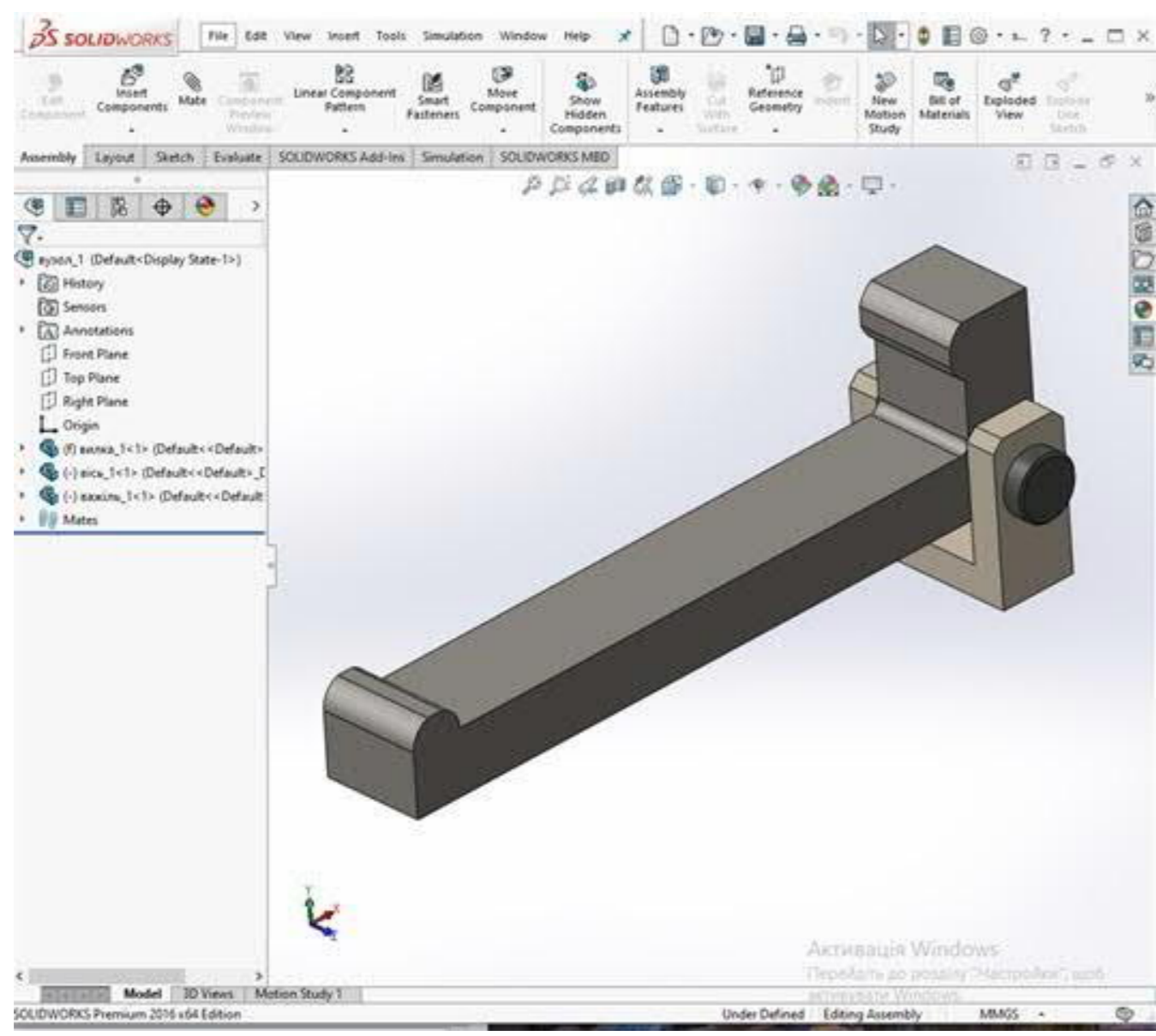


Рис.1-Тривимірний модель вузла пристрою

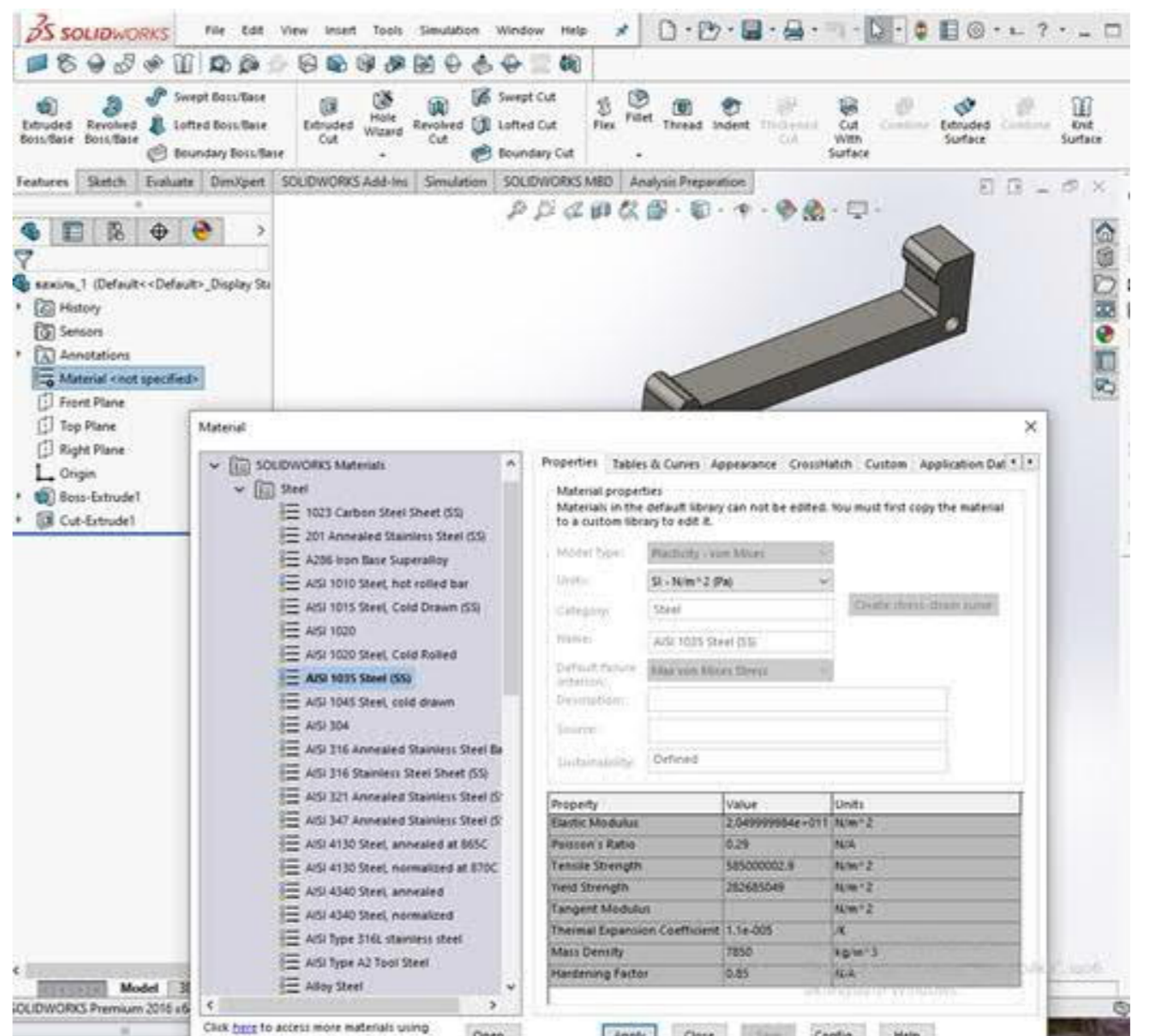


Рис.2-Задання властивостей матеріалу важеля

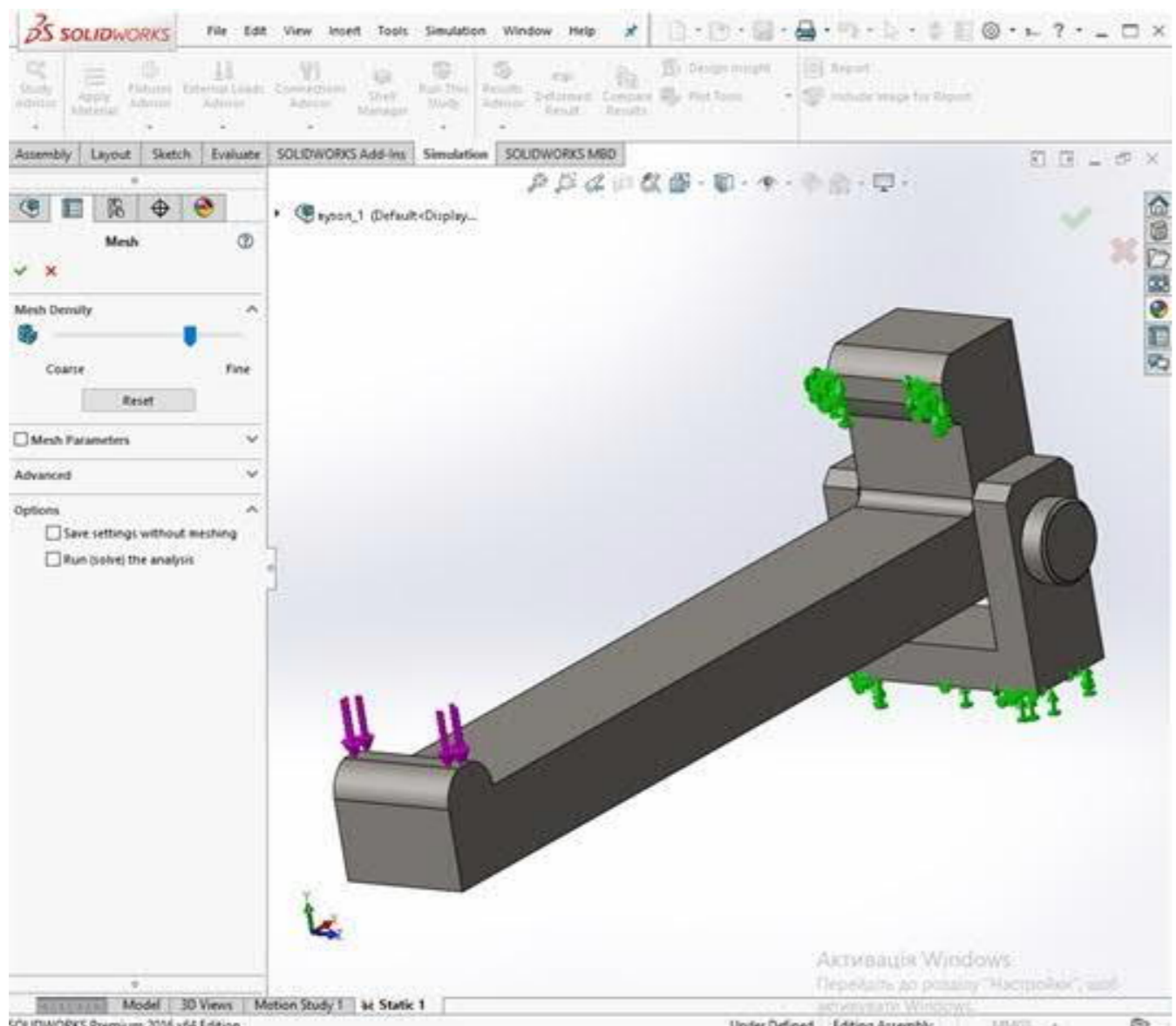


Рис.3-Прокладення умовних реакцій опор та сили від пневмоприводу

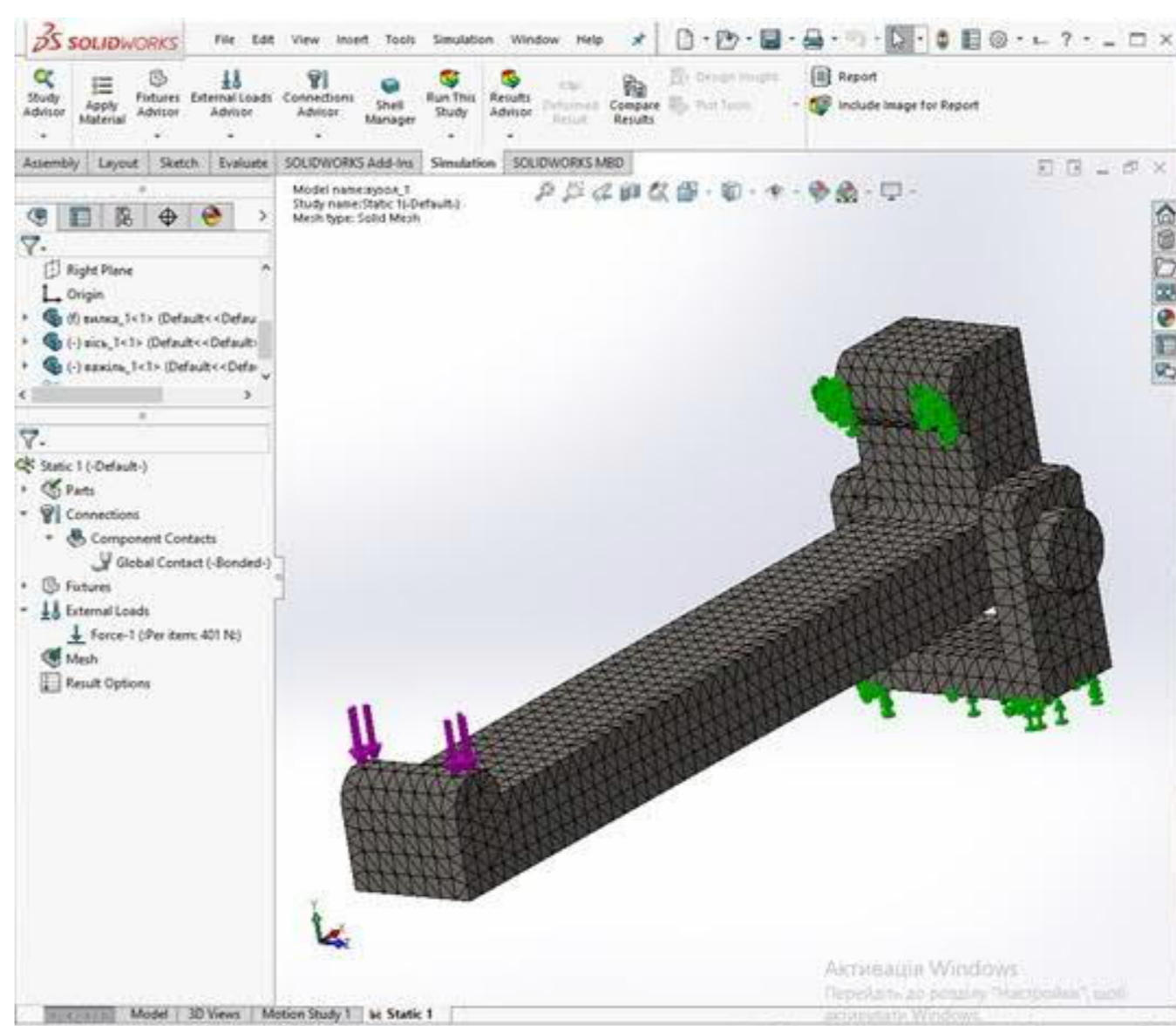


Рис.4-Сітка скінченних елементів у моделі важільного вузла

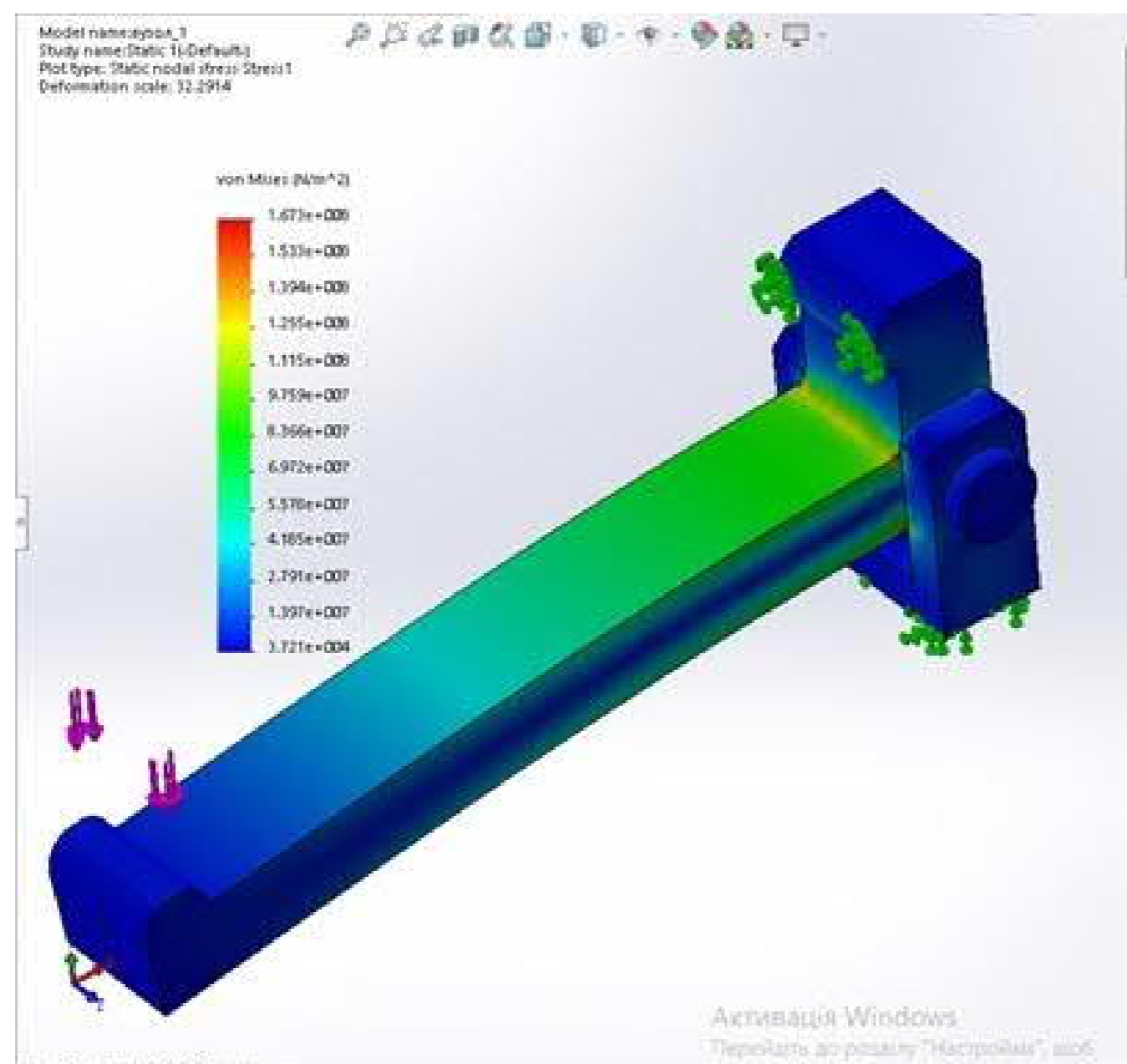


Рис.5-Просторова еюра напруженого стану важеля ( $\sigma_{max}=167$  МПа)

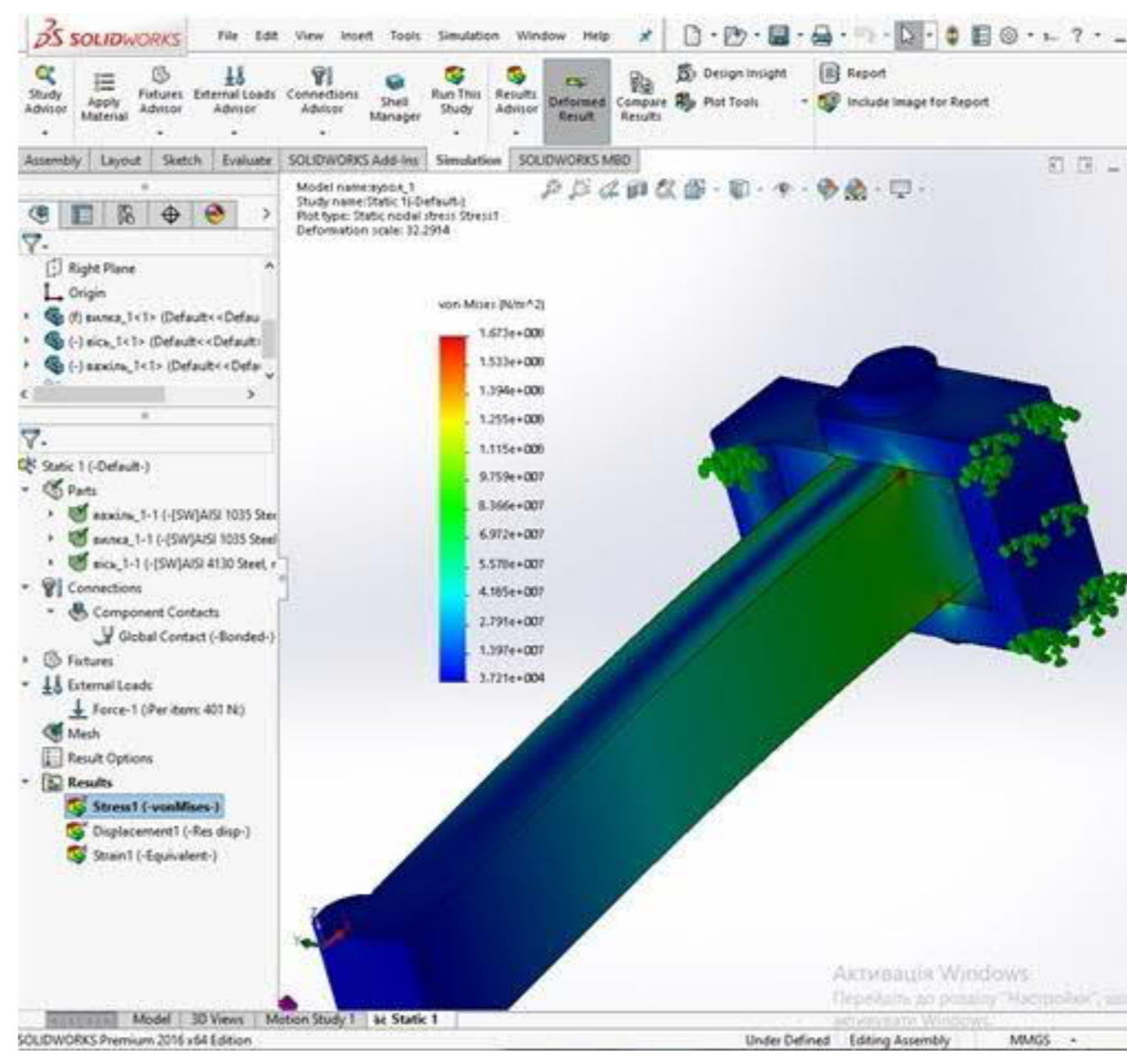


Рис.6-Еюра концентрації напружень на нижній кромці важеля

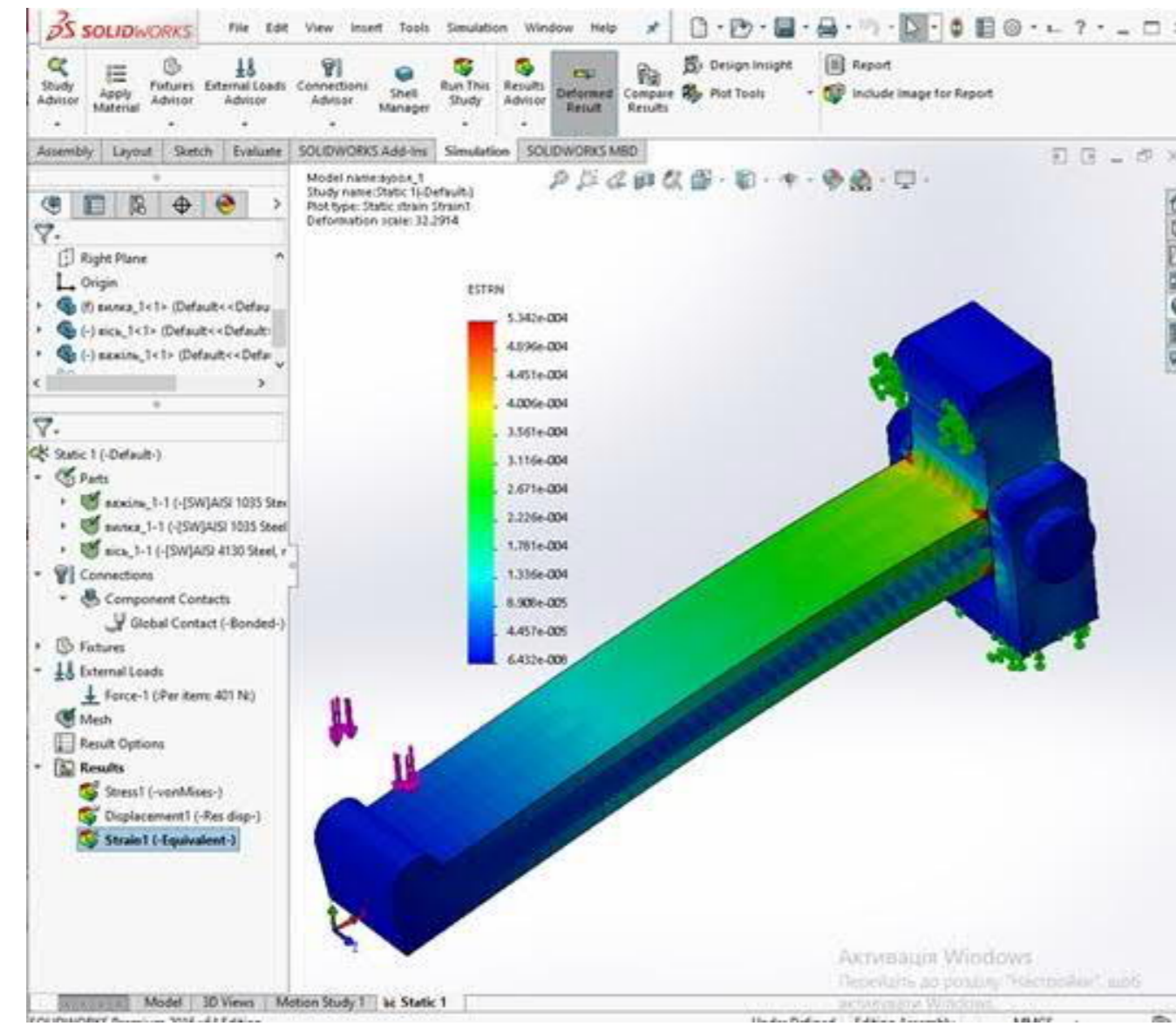


Рис.7-Еюра відносної деформації матеріалу досліджуваної деталі

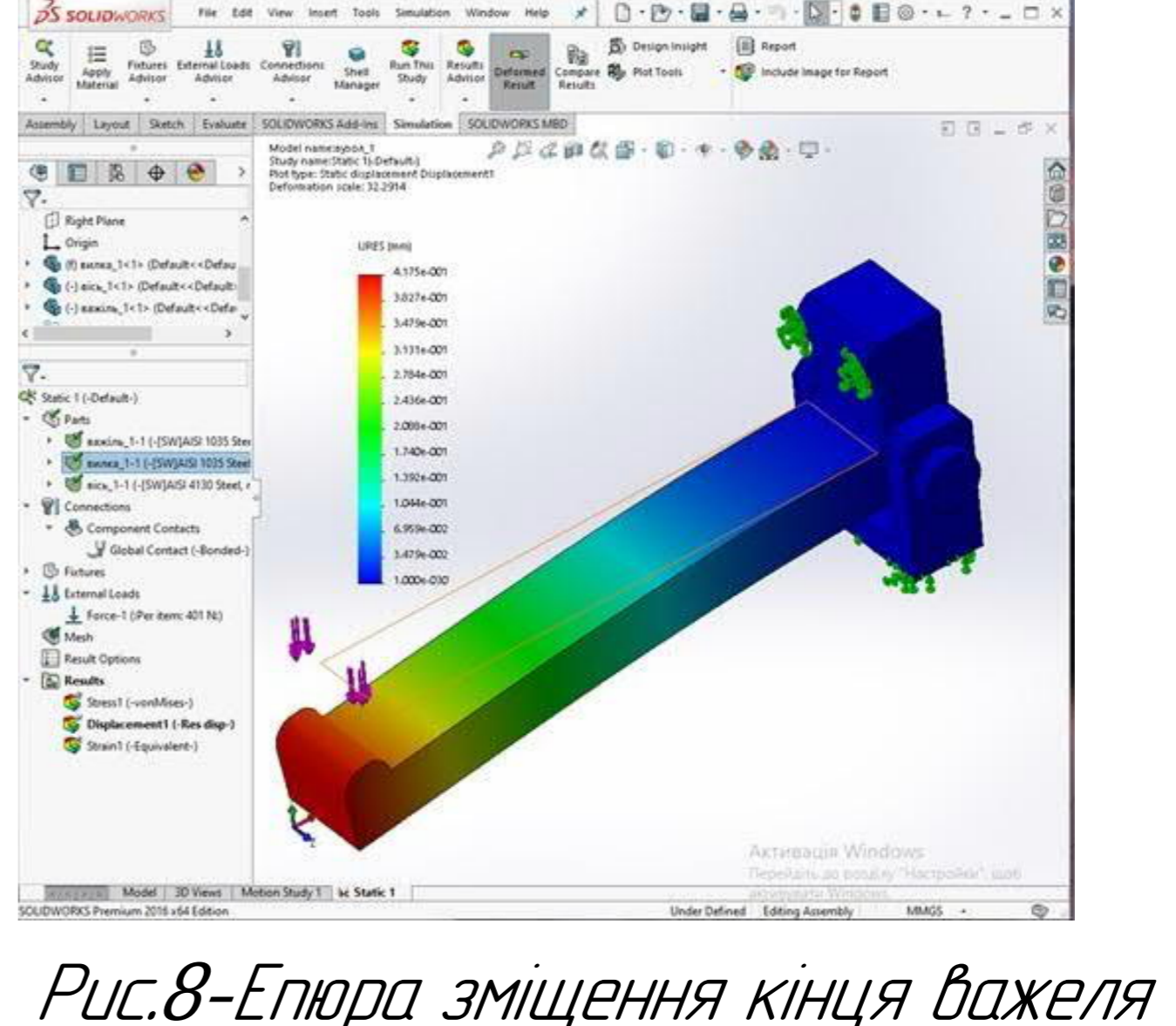


Рис.8-Еюра зміщення кінця важеля під навантаженням ( $\sigma_{max}=0.417$  мм)

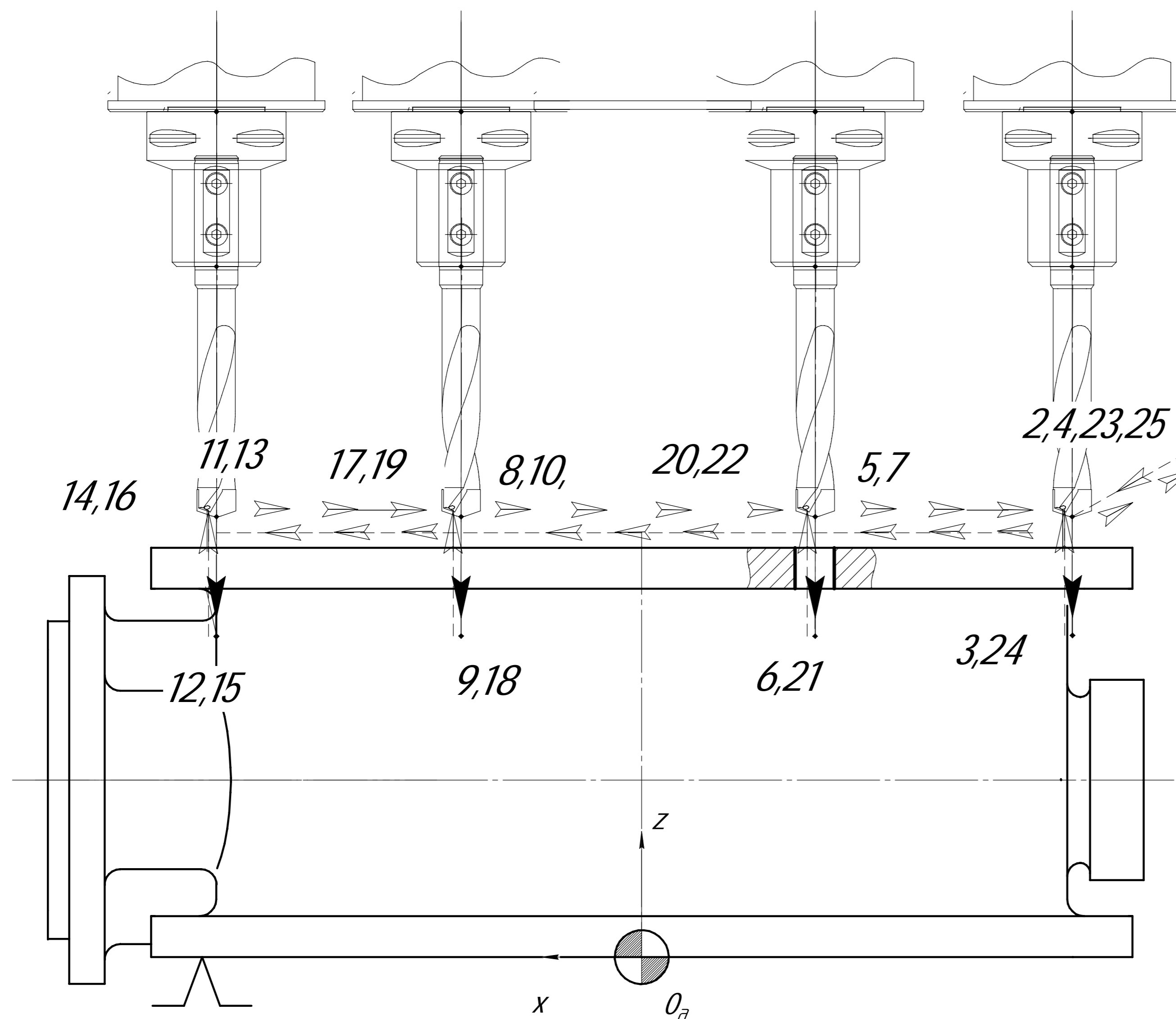
Лист № 1  
Лист № 2  
Лист № 3  
Лист № 4  
Лист № 5  
Лист № 6  
Лист № 7  
Лист № 8  
Лист № 9  
Лист № 10  
Лист № 11  
Лист № 12  
Лист № 13  
Лист № 14  
Лист № 15  
Лист № 16  
Лист № 17  
Лист № 18  
Лист № 19  
Лист № 20

				МР.ПКМ-013.08.000		
Мат. Лист	№ докум.	Підп.	Лист	Дослідження напружено-деформованого стану деталі вузла записку	Лист	Масштаб
Розроб.	Косач ОМ				Н	
Проб.	Барцшак ЛА			Лист	Листов 1	
Лектор	Барцшак ЛА					
Рецензент	Барцшак ЛА			ПКМ-24-1 ІФНТУНГ		
Нхонтр	Барцшак ЛА			Формат А1		
Члн	Панчук ВГ			Копіювати		

Карта налагодження системи ЧПК, операція 015,  
установ 1, переходи 1 - 8,  
верстат п'ятикоординатний  
Kitamura mycenter 3XT

Свердло WALTER  
B 4012.F11.0.Z02.110R

MP.ПМКМ-013.04.000

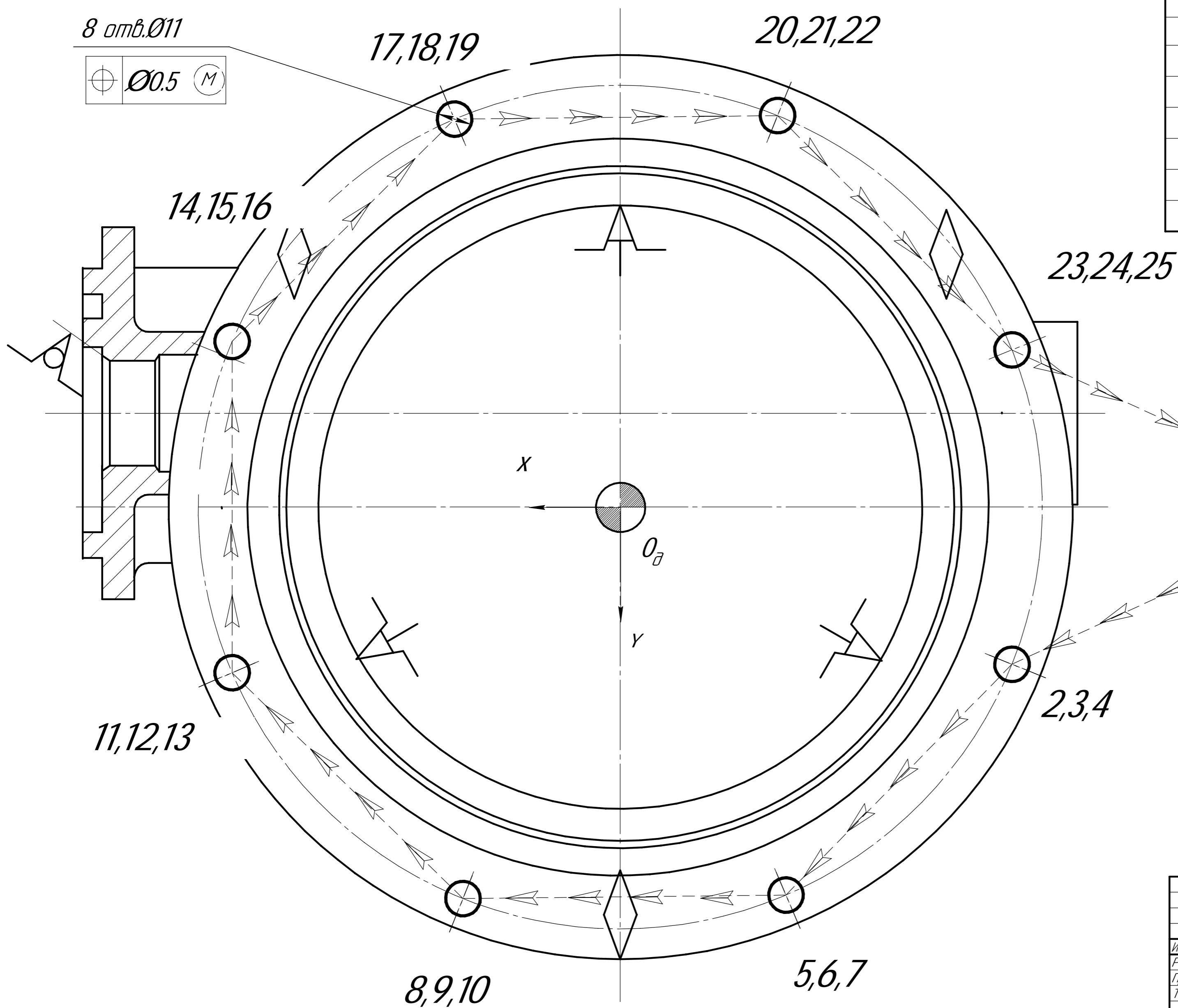


Опорні точки траєкторії  
переміщення свердла

Опорні точки			
№	Коорд X	Коорд Y	Коорд Z
Переходи 1-8			
1	200	0	30
2	129,4	-53,6	5,0
3	129,4	-53,6	-23,2
4	129,4	-53,6	5,0
5	53,6	-129,4	5,0
6	53,6	-129,4	-23,2
7	53,6	-129,4	5,0
8	-53,6	-129,4	5,0
9	-53,6	-129,4	-23,2
10	-53,6	-129,4	5,0
11	-129,4	-53,6	5,0
12	-129,4	-53,6	-23,2
13	-129,4	-53,6	5,0
14	-129,4	53,6	5,0
15	-129,4	53,6	-23,2
16	-129,4	53,6	5,0
17	-53,6	129,4	5,0
18	-53,6	129,4	-23,2
19	-53,6	129,4	5,0
20	53,6	129,4	5,0
21	53,6	129,4	-23,2
22	53,6	129,4	5,0
23	129,4	53,6	5,0
24	129,4	53,6	-23,2
25	129,4	53,6	5,0
26	200	0	30

напряг і траєкторії  
зворотнього ходу свердла

напряг і траєкторії  
підводу і робочого  
ходу свердла



				MP.ПМКМ-013.04.000		
№	Лист	№ докум.	Лист	Карта налагодження операції 015 п'ятикоординатної з ЧПК, установ 1		
Розроб	Косиш ОМ	Лист	Лист	Лист	Маса	Масштаб
Проб	Барцшак ЛО					1:1
Техонтр	Барцшак ЛО			Лист	Листов	1
Нхонтр	Барцшак ЛО			ПМКМ-24-1		
Члб	Панчик ВГ			ІФНТУНГ		

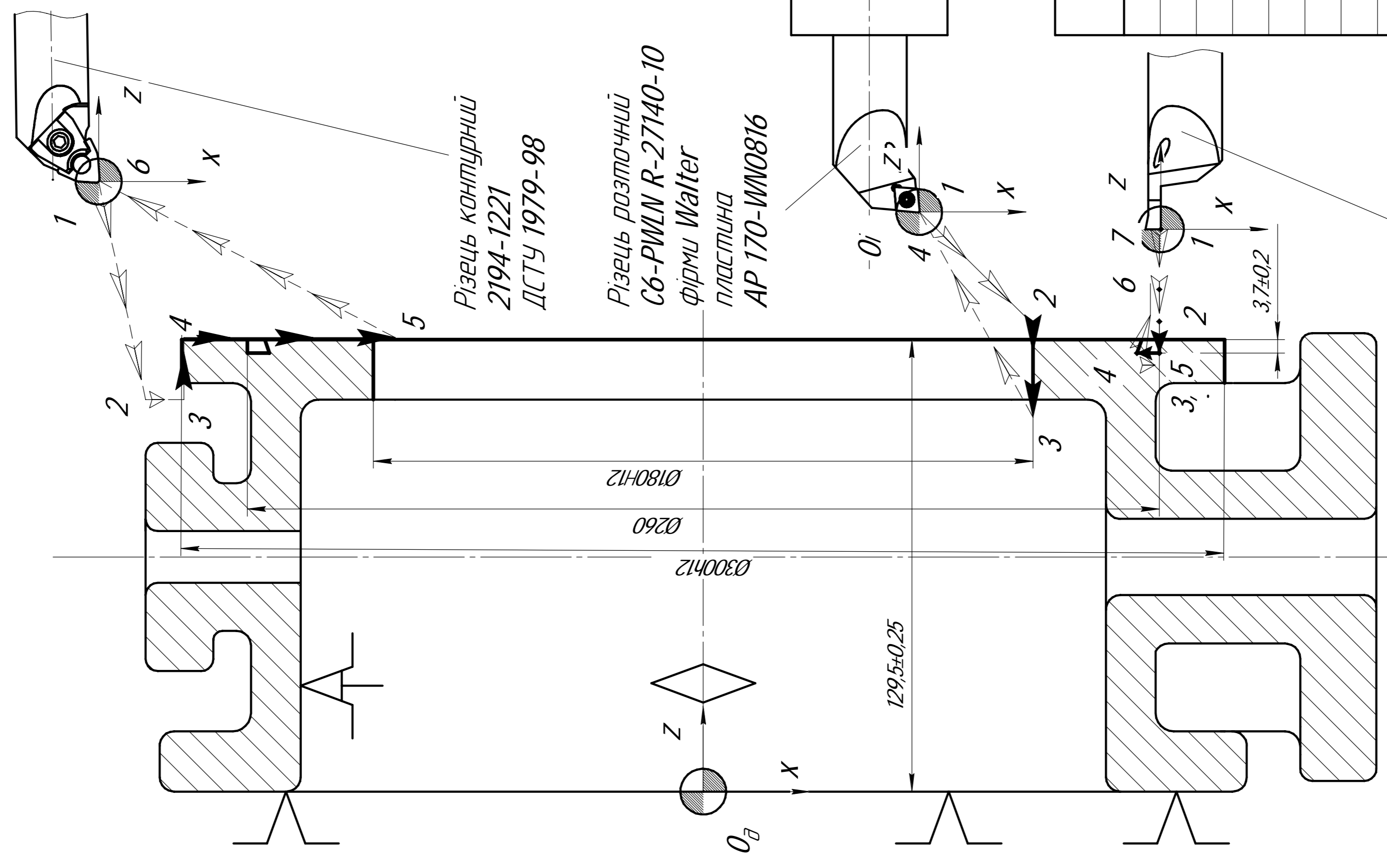
Карта налагодження системи ЧПК операція 010, установ 1 переходи 1,2,3 верстат токарний Сортак 600x1500

Опорні точки

№	Коорд X	Коорд Z
Перехід 1		
1	-172	162
2	-155	115
3	-150	112,5
4	-150	154
5	-87	154
6	-172	162

Опорні точки

№	Коорд X	Коорд Z
Перехід 4		
1	-172	162
2	-155	100,4
3	-150	111,5
4	-150	125
5	-98	125
6	-172	162



Різець контурний 2194-1221 ДСТУ 1979-98

Різець розточний С6-PWLN R-27140-10 фірми Walter пластина AP 170-WN0816

Різець канавочний спеціальний, Т15К6

Опорні точки

№	Коорд X	Коорд Z
Перехід 2		
1	0	0
2	72	133,5
3	72	116,5

Опорні точки

№	Коорд X	Коорд Z
Перехід 5		
1	96	158
2	122	127,5
3	122	76
4	118	12
5	84,5	254
6	96	158

Опорні точки

№	Коорд X	Коорд Z
Перехід 3		
1	130	154,5
2	130	132,4
3	125,3	126,4
4	1238	126,4
5	125,3	126,4
6	130	138,6
7	130	154,5

Опорні точки

№	Коорд X	Коорд Z
Перехід 6		
1	130	150,5
2	130	128,4
3	125,3	124,4
4	1238	122,4
5	125,3	122,4
6	130	134,6
7	130	150,5

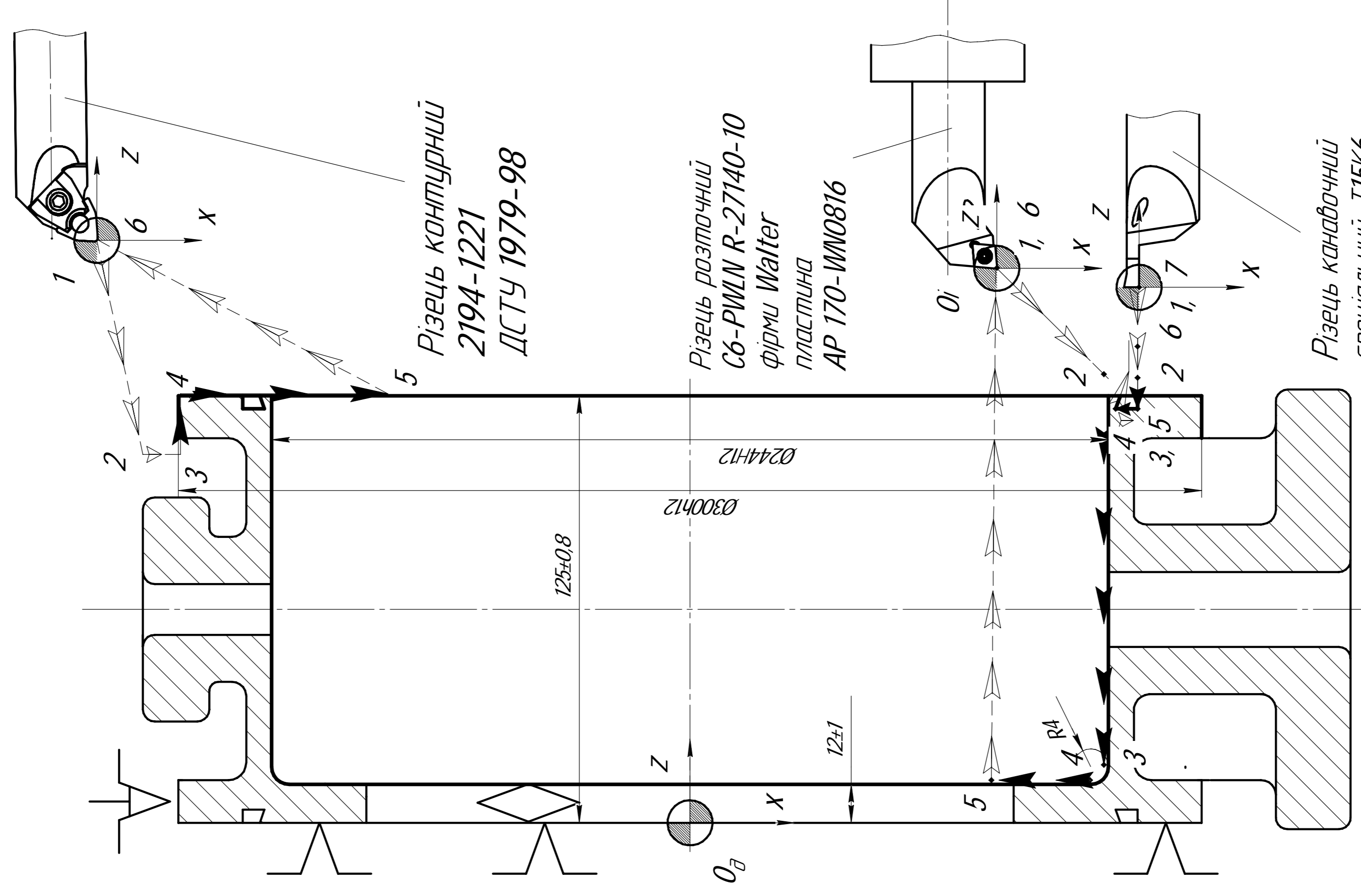
Карта налагодження системи ЧПК операція 010, установ 2 переходи 4,5,6 верстат токарний Сортак 600x1500

Опорні точки

№	Коорд X	Коорд Z
Перехід 4		
1	-172	162
2	-155	100,4
3	-150	111,5
4	-150	125
5	-98	125
6	-172	162

Опорні точки

№	Коорд X	Коорд Z
Перехід 5		
1	96	158
2	122	127,5
3	122	76
4	118	12
5	84,5	254
6	96	158



Різець контурний 2194-1221 ДСТУ 1979-98

Різець розточний С6-PWLN R-27140-10 фірми Walter пластина AP 170-WN0816

Різець канавочний спеціальний, Т15К6

МР.ПММ-01303000

Лист	Масштаб	Маса	Матеріал
1	1:1		

Карта налагодження операції 010 токарної з ЧПК установи 1,2

Лист	Листів	Т
1	1	1

Токарний з ЧПК ПММ-24-1 Сортак 600x1500

ІФН/УНГ



