

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

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Лехман Владислав Ярославович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.9

(індекс)

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

Технологія виготовлення деталі “Вал 31214М.03.401”

(назва роботи)

**Прикладна механіка**

(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Борушак Л.О., доцент кафедри КМВ

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

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри

професор

(посада)

(підпис)

(дата)

Панчук В.Г.

(ініціали та прізвище)

**Рецензент**

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

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

м.Івано-Франківськ-2023 рік

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Лехману Владиславу Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія виготовлення деталі "Вал 31214М.03.401"

керівник роботи доцент кафедри КМВ Борушак Л.О.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи 15 червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи креслення деталі, базовий технологічний процес

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

Технологічна частина (аналіз деталі, вибір заготовки, розробка маршруту виготовлення, розрахунок припусків, режимів різання та нормування техпроцесу). Конструкторська частина (проекування верстатного пристрою). Розробка операції на верстат з ЧПК та складання керуючої програми

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

Креслення деталі та заготовки, 3D модель деталі, складальне креслення верстатного пристрою, карта налагодження на фрезерно-свердлильну операцію з ЧПК, кадри токарної обробки деталі на верстаті з ЧПК та керуюча програма

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 15 березня 2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз	28.03.2023	
2	Проектування технології виготовлення деталі	20.04.2023	
3	Проектування технологічного оснащення	20.05.2023	
4	Розробка технології автоматизованої обробки	01.0.2023	
5	Пояснювальна записка	04.06.2023	
	Графічна частина	15.06.2123	

Студент \_\_\_\_\_

Лехман В.Я.

Керівник \_\_\_\_\_

Борушак Л.О.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної бакалаврської роботи: Технологія виготовлення деталі “Вал 31214М.03.401”

Розрахунково-пояснювальна записка: 55 сторінок, 20 рисунків, 10 таблиць, 11 посилань, 15 аркушів формату А4 додатків.

Графічна частина: 4 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки.

Предмет дослідження – деталь “ Вал 31214М.03.401 ”.

Мета роботи – розробити сучасний технологічний процес механічної обробки вала 31214М.03.401, який повинен забезпечити підвищення продуктивності виготовлення деталі порівняно із заводською технологією, спроектувати технологічну операцію для верстата з ЧПК та скласти керуючу програму для верстата.

Відповідно поставленій задачі у роботі проведений аналіз конструкції і технологічності деталі, базового методу отримання заготовки і технології механічної обробки. За результатами проведеного аналізу та відповідно до практичних рекомендацій спроектовано маршрут механічної обробки деталі з використанням верстатів з ЧПК відповідно до якого пораховано припуски, розраховано режими різання. В конструкторській частині роботи для операції фрезерування шпонкових пазів спроектовано спеціальний верстатний пристрій із пневматичним приводом для встановлення і закріплення деталі, виконано його розрахунки на міцність. Додатки містять технологічну документацію – маршрутну технологію та операційні ескізи.

Результати роботи можуть бути використані на машинобудівному підприємстві виробництві при виготовленні аналогічних деталей.

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

Студент: Лехман В.Я.

## ABSTRACT

of qualifying bachelor's thesis: Technology of manufacturing the part "Shaft 31214M.03.401"

Calculation and explanatory note: 55 pages, 20 figures, 10 tables, 11 links, 15 sheets of A4 enclosures.

Graphic part: 4 sheets of A1 format.

The object of study is the technological process of machining.

The subject of research is the detail "Shaft 31214M.03.401".

The purpose of the work is to develop a modern technological process of mechanical processing of the shaft 31214M.03.401, which should ensure an increase in the productivity of manufacturing the part compared to factory technology, to design a technological operation for a CNC machine tool and to compile a control program for the machine tool.

In accordance with the task the analysis of the design and manufacturability of the part, the basic method of obtaining the workpiece and the technology of mechanical processing were carried out in the work. Based on the results of the analysis and in accordance with practical recommendations, a route for mechanical processing of the part using CNC machines was designed, according to which allowances were calculated and cutting modes were calculated. In the design part of the work, a special machine tool with a pneumatic drive for installing and fixing the part was designed for the keyway milling operation, and its strength calculations were performed. Appendices contain technological documentation - route technology and operational sketches.

The results of the work can be used at the machine-building enterprise in the manufacture of similar parts.

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

Student: V. Lekhman

## Зміст

Вступ.....		
1	Технологічна частина.....	
1.1	Опис призначення та конструкції деталі.....	
1.2	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	
1.3	Визначення показників типу виробництва та розміру партії деталей.....	
1.3	Обґрунтування типу заготовки вала.....	
1.4	Технологічний процес виготовлення вала на базовому підприємстві та його аналіз.....	
1.5	Проектування технології механічної обробки вала.....	
1.6	Розрахунок припусків на токарну обробку.....	
1.7	Аналітичний розрахунок режимів різання.....	
1.8	Проектування технології токарної обробки у програмі Sprut CAM.....	
2	Конструкторська частина.....	
2.1	Проектування верстатного пристрою для фрезерування шпонкових пазів.....	
2.2	Розрахунок пневмоприводу пристрою.....	
2.3	Розрахунок на міцність найбільш навантаженої деталі пристрою.....	
2.4	Визначення точності пристрою.....	
	Висновок.....	

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лехман В.Я.			<b>Пояснювальна записка</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Борущак Л.О.					3	
Реценз.						<b>ІФНТУНГ ПМ-21-1К</b>		
Н. Контр.		Борущак Л.О.						
Затверд.		Панчук В.Г.						

## Вступ

Сучасне машинобудування вимагає від інженерів професійних навичок інженера-механіка, в першу чергу вміти застосовувати комп'ютерні технології для автоматизованого конструювання деталей машинобудування, розробки технологічних процесів та їх дослідження.

З цієї причини спеціальність “Прикладна механіка” буде дуже потрібною. Особливо це стане ясным в час післявоєнної відбудови нашої держави. Зруйновані машинобудівні підприємства потрібно буде не тільки відбудовувати, але й переоснащувати згідно вимог часу.

Доцільне і грамотне використання в галузі сучасних високопродуктивних і точних верстатів з програмним керуванням є одним з важливих факторів відродження, особливо в умовах серійного виробництва.

В даній бакалаврській роботі поряд з класичним підходом до технологічних розрахунків застосоване сучасне металорізальне обладнання – токарні і фрезерно-свердлильні верстати з ЧПК. Наша розробка може бути використаною виробниками деталей типу валів в реальних умовах.

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

## 1. Технологічна частина

### 1.1 Призначення та конструкція деталі

Деталь «Вал 31214М.03.401» відповідно до класифікації Ф. С. Дем'янюка відноситься до деталей типу валів і є деталлю вібросита для очищення виливків від формувальної суміші після литва.

Заготовкою вала служить прокат нормальної точності із сталі 45.

Центральна частина деталі має форму круглого циліндра, який розміщений відносно до поверхонь обертання з обох кінців вала з ексцентриситетом 12,5 мм. На обох кінцях вала проточені шийки для монтажу підшипників Ø110js6 та Ø100e8 і Ø 70e8 під посадку приводних шківів.

Основними технологічними базами вала є поверхні центрових отворів з різьбою М16 ГОСТ 14034-74 з обох торців вала. Також на кінцях вала виконані різьби М90x2,0 для фіксації насадних деталей. На поверхнях Ø100e8 та Ø70 e8 зроблені шпонкові пази для передачі крутного моменту від шківів до вала.

Розглянемо поверхні за точністю та шорсткістю.

Поверхні з найвищою точністю і шорсткістю:

- циліндричні посадочні поверхні Ø100 мм (7, 27) - 8 квалітет, – Ra 2,5 мкм;
- циліндричні посадочні поверхні Ø110 мм (10, 22) - 6 квалітет, – Ra 2,5 мкм;
- циліндричні посадочні поверхні Ø130 мм (13, 17) - 8 квалітет, – Ra 2,5 мкм;

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		



**Таблиця 1.3 – Характеристика поверхонь вала**

№ поверхні	Конфігурація та службове призначення поверхонь	Розмір, мм	Квалітет точності, допуск, мм	Точність форми та розміщення	Шорсткість Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
1	Різьбові центрові отвори. Технологічна база	HM 16	8	8	3,2
2, 35	Правий і лівий плоскі торці. Вільні поверхні. Конструкторські бази.	1907	14	14/2	20,0
3	Ліва зовнішня фаска. Вільна поверхня.	2x45°	14		20,0
4, 28	Різьбові поверхні. Виконавчі поверхні	M90x2	8 кл.	8	5,0
5, 25	Канавки. Вільні поверхні.	5,0	14	14/2	20,0
6, 26	Лівий і правий упорні торці Ø100. Виконавча поверхня. Конструкторські бази.	290	14	14/2	20,0
7, 27	Зовнішні циліндричні поверхні. Виконавча поверхня	Ø100e8	8	8	2,5
8, 24	Шпонкові канавки. Виконавчі поверхні	20N9	9	9	5,0
9, 23	Фаска зовнішня. Вільна поверхня.	2,5x30°	14	14/2	20,0
10, 22	Зовнішня циліндрична поверхня. Виконавча поверхня	Ø110h6	6	6	2,5
11, 21	Лівий і правий упорні торці. Конструкторські бази. Виконавчі поверхні	Ø130	8	8	2,5
12, 20	Конуси перехідні. Вільні поверхні	8	14	14/2	20,0
13, 17	Зовнішні циліндричні поверхні. Виконавчі поверхні	Ø130e8	8	8	2,5
14, 19	Лівий і правий упорні торці. Конструкторські бази. Виконавчі поверхні	-	14	14	20,0

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

15, 18	Конуси перехідні. Вільні поверхні	45°	14	14	20,0
16	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна поверхня.	Ø165	14	14	20,0
30	Правий упорний торець. Виконавча поверхня	Ø 86	14	14	20,0
31	Шпонкова канавка. Виконавча поверхня	20N9	9	9	5,0
32	Глухі циліндричні отвори. Виконавчі поверхні	Ø9	14	14	20,0
33	Фаска зовнішня права. Вільна поверхня.	2,5x30°	14	14/2	20,0

Ескіз деталі з номерами поверхонь показаний на рис. 1. 1

Зовнішній вигляд моделі вала показаний на рис. 1.2, 1.3

Робимо висновок, що конструкція вала порівняно проста, відсутні поверхні складної конфігурації і такі, що потребують мірного фасонного інструменту, за винятком різьб і шпонкових пазів.

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
		<i>с</i>	<i>а</i>			

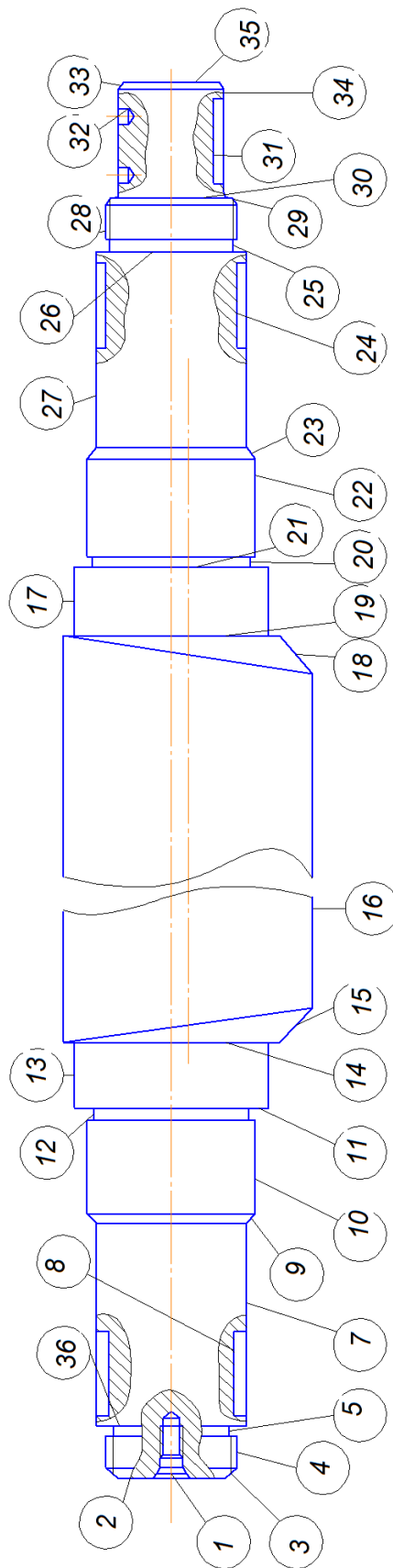


Рис.1.1 - Ескіз деталі "Вал 31214М.03.401" з номерами поверхонь

			с	а

БР.ПМ-096.00.000 ПЗ

Арк.

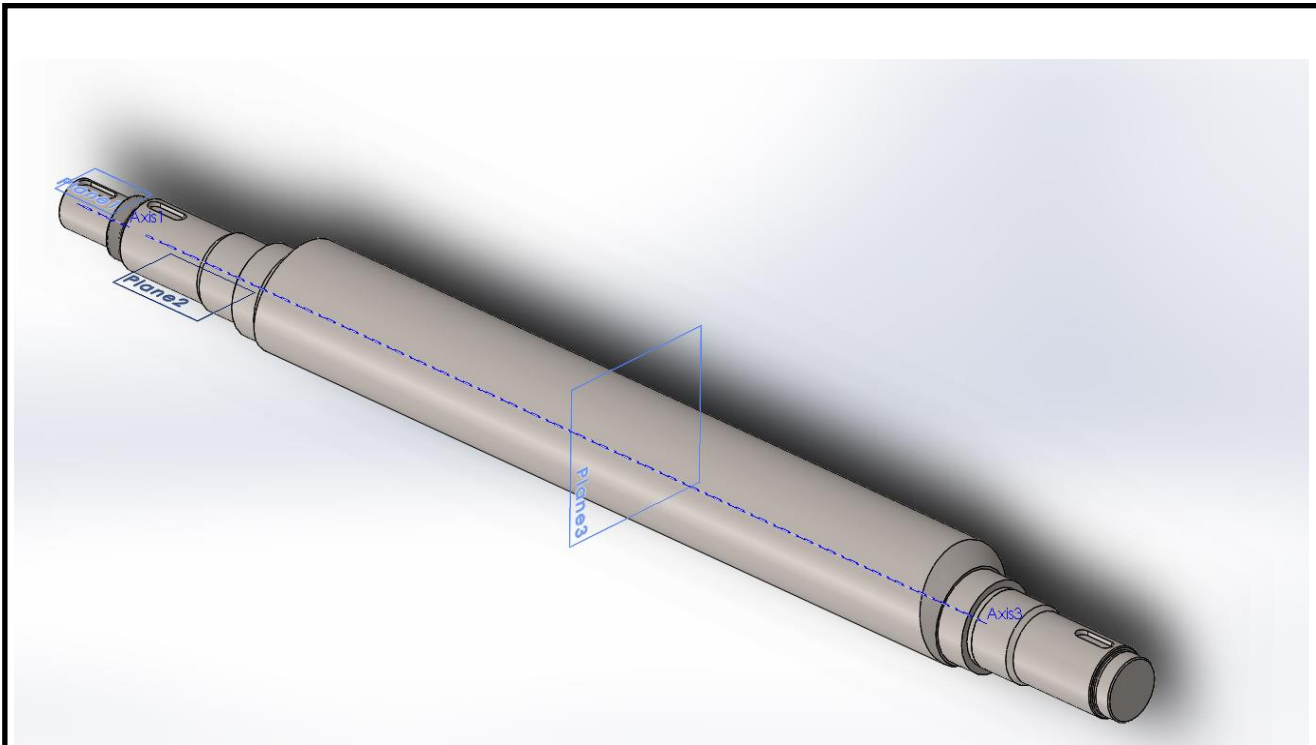


Рис.1. 2 – 3Dмодель вала, виконана у редакторі Solid Works

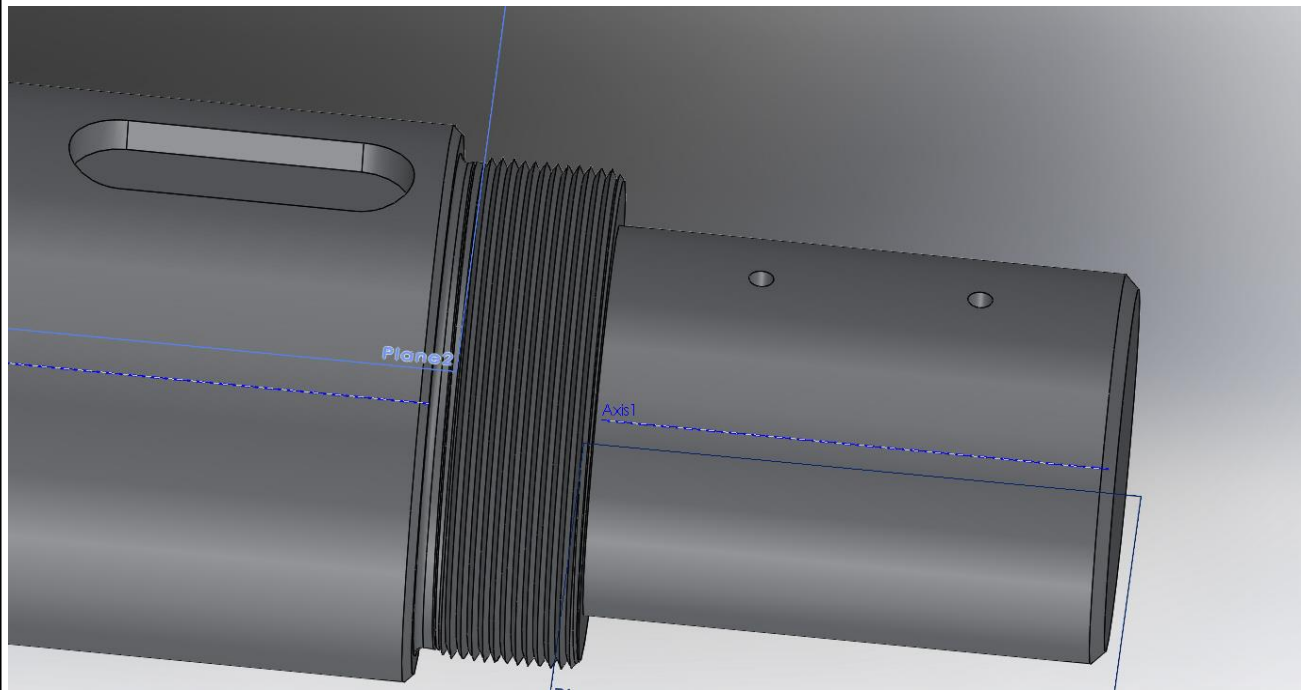


Рис.1. 3 – 3Dмодель правого кінця ,вала, виконана у редакторі Solid Works

			с	а

БР.ПІМ-096.00.000 ПЗ

Арк.

## 1.2 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Заготовкою вала  $\varnothing 185$  мм за базовою технологією служить прокат нормальної точності.

Конфігурація деталі нескладна, фасонних поверхонь, за винятком різьбових, немає. Вал порівняно жорсткий, бо при значній довжині має великий діаметр у центральній частині.

Згідно базового технологічного процесу поверхні вала обробляють на універсальних верстатах – горизонтально-розточному, токарному, фрезерному, та свердлильному.

Поверхні торців (пов. 2, 35) і центрових отворів(пов.1) обробляють на горизонтально-розточному верстаті мод. 2А635, поверхні обертання, різьби і торці ступеней обробляють на токарному верстаті мод 1А64. Отвори технологічні  $\varnothing 9$  мм та технологічні  $\varnothing 16$  мм свердлять на верстаті 2Н57. Шпонкові канавки фрезерують на верстаті 6А59. Посадочні поверхні вала  $\varnothing 70$ , 100, 110 та 130 мм шліфують на верстаті круглошліфувальному мод. 3М175.

Технологічною незручністю, якої не можна позбутись і в проектному техпроцесі, є значний дисбаланс маси вала по осі, що потребує встановлення спеціальних балансирів.

Виходячи з дрібносерійного типу виробництва, отвори і пази виконують по розмітці.

Є хороший доступ до всіх оброблюваних поверхонь.

Обробку всіх поверхонь можна виконати нормалізованим чи стандартним інструментом. Таким чином, деталь в цілому технологічна.

					БР.ПІМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

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 – 40

з них механічну обробку проходять – 40

уніфікованих поверхонь – 38

Поверхонь по 14-му квалітету точності – 31

Поверхонь по 8-му квалітету точності – 7

Поверхонь по 6-му квалітету точності – 2

Поверхонь по 5 класу шорсткості – 25

Поверхонь по 7 класу шорсткості – 4

Поверхонь по 8 класу шорсткості – 11

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

$$K_y = 20/28 = 0,714$$

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

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

### 1.3 Визначення організаційних умов виробництва

#### 1.3.1 Організаційні умови

Тип виробництва – дрібносерійний, маса деталі 249 кг.

Режим роботи підприємства

Дійсний річний фонд робочого часу обладнання  $F_d = 1800$  год

Число робочих днів у році:  $F = 254$  днів.

Періодичність запуску партій деталей у виробництво [6,с.23]:

Рекомендується 3, 6, 12, 24, приймаємо  $a = 24$  днів.

Дійсний фонд робочого часу обладнання за 1 зміну:  $F_o = 480$  хв.

Нормативний коефіцієнт завантаження верстатів: 0,8

Коефіцієнт серійності:

Для заданого типу виробництва, дрібносерійного:  $20 < K_c \leq 40$

Приймаємо  $K_c = 24$

#### 1.3.2 Розрахунок програми випуску партії деталей

Таблиця 1.4 – Трудомісткість операцій обробки деталі

Номер операції	Назва операції	$T_o, \text{хв}$	$T_{шт}, \text{хв}$
010	Розточна	29,7	36,2
020	Токарна	57,3	74,8
025	Розточна	68	84,6
040	Свердлильна	18,9	25,8
050	Токарна (чорнова)	83,5	156

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

**Продовження табл.. 1.4**

055	Токарна (чистова)	70	81,4
065	Фрезерна	75,4	90
075	Свердлильна	18,2	24
085	Шліфувальна	74,6	96,2
			$\sum T_{шт} = 669$

Число операцій обробки:  $n = 9$

Сумарний штучний час, хв.:  $\sum T_{шт} = 669$

Середній штучний час, хв.:  $T_{шт.сер} = \sum T_{шт} / n = 669 / 9 = 74,3$

такт випуску деталей, хв.:  $t_B = K_c * T_{шт.сер} = 24 * 74,3 = 1784$  хв.

Річна програма випуску деталей, штук за рік:

розрахункова:  $N = F_d * 60 / t_B = 1800 * 60 / 1784 \approx 60$  шт.

– для деталі великої масви і габаритів для дрібносерійного виробництва

приймаємо:  $N = 60$  шт.

Розрахункова кількість деталей в партії,

шт.:  $n_p = N * a / F = 60 * 24 / 254 = 5,67$

Приймаємо  $n = 6$ .

Розрахункове число змін для обробки партії:

$C_p = T_{шт.сер} * n_p / (F_o * 0.8) = 74,3 * 6 / (480 * 0.8) = 1,16$

					БР.ПІМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

Прийнята кількість змін:  $C_{\text{пр}} = 1$

Прийнятий обсяг партії деталей, шт.:

$$n_{\text{д}} = C_{\text{пр}} * F_{\text{o}} * 0.8 / T_{\text{шт.сер}} = 1 * 480 * 0.8 / 74,3 = 5,2$$

Приймаємо  $n_{\text{д}} = 6$ .

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		



Продовження табл.. 1.5

050		<p>Токарна чорнова Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Обточити пов-ню Ø130 е8до Ø136 в р-р 288</li> <li>2. Обточити пов-ню Ø110 h6 до Ø116 в р-р 245</li> <li>3. Обточити пов-ню Ø100 е8 до Ø106 в р-р 161</li> </ol> <p>Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Обточити пов-ню Ø130 е8до Ø136 в р-р 383</li> <li>2. Обточити пов-ню Ø110 h6 до Ø116 в р-р 1324</li> <li>3. Обточити пов-ню Ø100 е8 до Ø106 в р-р 263</li> <li>4.Обточити пов-ню М90х2 до Ø90 в р-р 123</li> <li>5. Обточити пов-ню Ø70 е8 до Ø76 в р-р 93</li> </ol>	1А64, центр
055		<p>Токарна чистова Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Обточити пов-ню Ø130 е8до Ø103,9<sub>-0,26</sub> в р-р 290±0,8</li> <li>2. Обточити пов-ню Ø110 h6 до Ø110,8<sub>-0,23</sub> в р-р 246<sup>+0,6</sup></li> <li>3. Обточити пов-ню Ø100 е8 до Ø100,8<sub>-0,23</sub> в р-р 162,3<sub>-0,5</sub></li> <li>4. Обточити пов-ню М90х2 до Ø89,84<sub>-0,25</sub> в р-р 30±0,3</li> <li>5. Обточити пов-ню Ø70 е8 до Ø76 в р-р 93</li> <li>6. Проточити канавку шириною 8<sup>+0,36</sup> до Ø109<sub>-0,87</sub> в р-р 246,3<sup>+0,6</sup></li> <li>7. Обточити фаски 3,2х30°, 2х45° по М90х2, 2х45° по Ø100 е8 ,1,6х45° Ø130 е8, фаску під&lt;45° по Ø165 мм</li> <li>8.Проточити канавку В =5<sup>+0,3</sup> до Ø87<sub>-0,87</sub> мм</li> <li>9.Нарізати різьбу М90х2-8g</li> </ol> <p>Установ 2</p> <p>Обточити пов-ню Ø130 е8до Ø103,9<sub>-0,26</sub> в р-р 385±0,8</p>	1А64, центр, патрон поводковий ГОСТ 288-78
			БР.ПМ-096.00.000 ПЗ
		<p style="text-align: center;">с      д</p>	Арк.

		<p>2. Обточити пов-ню <math>\text{Ø}110\text{ js6}</math> до <math>\text{Ø}110,8_{-0,23}</math> в р-р <math>1319,4_{-0,6}</math></p> <p>3. Обточити пов-ню <math>\text{Ø}100\text{ e8}</math> до <math>\text{Ø}100,8_{-0,23}</math> в р-р <math>265,3\pm 0,7</math></p> <p>4. Обточити пов-ню <math>\text{M90x2}</math> до <math>\text{Ø}89,84_{-0,25}</math> в р-р <math>125\pm 0,5</math></p> <p>5. Обточити пов-ню <math>\text{Ø}70\text{ e8}</math> до <math>\text{Ø}70,8</math> в р-р <math>95\pm 0,4</math></p> <p>6. Обточити фаску під <math>&lt;45^\circ</math> по <math>\text{Ø}165\text{ мм}</math></p> <p>7. Обточити фаску <math>2\times 45^\circ</math> по <math>\text{Ø}130</math>,</p> <p>8. Проточити канавку шириною <math>8^{+0,36}</math> до <math>\text{Ø}109_{-0,87}</math> в р-р <math>1319,4_{-0,6}</math></p> <p>9. Обточити фаску <math>3,2\times 30^\circ</math> по <math>\text{Ø}110\text{ js6}</math></p> <p>10. Проточити канавку <math>B = 5^{+0,3}</math> до <math>\text{Ø}87_{-0,87}</math> мм в р-р <math>125\pm 0,5</math></p> <p>11. Обточити фаску <math>2\times 45^\circ</math> по по <math>\text{Ø}100\text{ e8}</math>,</p> <p>12. Обточити фаску <math>2\times 45^\circ</math> під різьбу <math>\text{M90x2}</math></p> <p>13. Обточити фаску <math>2\times 45^\circ</math> по <math>\text{Ø}70\text{e8}</math></p> <p>9. Нарізати різьбу <math>\text{M90x2-8g}</math> на вихід в канавку</p>		
065		<p>Фрезерна Установ 1</p> <p>1. Фрезерувати 2 пази <math>20\text{N9}</math>, витримавши р-ри <math>7_{-0,36}</math>, <math>63^{+0,74}</math>, <math>7,9</math></p> <p>Установ 2</p> <p>1. Повторити установ 1</p> <p>2. Фрезерувати паз <math>20\text{N9}</math>, в р-р <math>7,9^{+0,2}</math>, <math>7_{-0,36}</math>, <math>63^{+0,74}</math></p>	6A59, призми	
075		<p>Свердлильна</p> <p>1. Свердлити 2 отв. <math>\text{Ø}9\text{ мм}</math>, витримавши р-ри <math>30\pm 0,3</math>, <math>40\pm 0,1</math>, <math>5,4\pm 0,1</math></p>	2H57	
085		<p>Шліфувальна Установ 1</p> <p>1. Шліфувати пов-ню <math>\text{Ø}100\text{ e8}</math> з підшліфовкою торця в р-р <math>163_{-0,5}</math></p> <p>2. Шліфувати пов-ню <math>\text{Ø}110\text{ h6}</math> з підшліфовкою торця в р-р <math>247^{+0,6}</math></p> <p>3. Шліфувати пов-ню <math>\text{Ø}130\text{ e8}</math> витримавши <math>\text{Ra } 2,5</math></p> <p>Установ 2</p> <p>1. Шліфувати пов-ню <math>\text{Ø}70\text{ e8}</math> витримавши <math>\text{Ra } 2,5</math></p>	3M175 Патрон, центр	
				Арк.
			БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	
		с	а	



## 1.5 Проектний технологічний процес обробки деталі

### “Вал 31214М.03.401”

Вихідними даними для проектування більш сучасної технології обробки вала є:

- робоче креслення деталі;
- масштаби виробництва;
- службове призначення деталі.

Метою проектування нового технологічного маршруту є досягнення вищої продуктивності обробки у поєднанні з економією коштів на виготовлення деталі.

Важливим пунктом є також підвищення якості обробки.

Виходячи із серійного типу виробництва, конфігурації деталі (деталь відноситься до класу валів і має значні габарити та вагу), пропонуємо наступні зміни в технології обробки та моделях верстатів.

Перші операції (підрізання торця, центрування та обточування деталі по максимальному діаметру, свердління технологічних отворів для кріплення противаги) залишаємо без змін, як і верстати – розточний 2А635, токарний 1А64 і свердлильний 2М57. Це обумовлено малим числом переходів, простою формою поверхонь і масивністю деталі – 249 кг.

Для обробки поверхонь обертання нам підходить токарний верстат з ЧПК мод. Forseturn 630.30, для фрезерування шпонкових пазів і свердлильної обробки отворів Ø9 мм – універсальний фрезерний верстат мод. Servomill UWF 12, для шліфування поверхонь обертання круглошліфувальний верстат мод. RSM 2000С.

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		





	Швидка вісь	2200 мм
4	Потужність двигуна головного руху	11 кВт
6	Розміри і маса	
	Маса верстата	4500кг



**Рис.1.6 – Круглошліфувальний верстат фірми KNUTH**

**Таблиця 1.8 –Параметри фрезерного верстата**

	Характеристика верстата	Числове значення
1	Висота центрів	180 мм
2	Діаметр шліфування	15 – 320 мм
3	Довжина обробки	2000 мм
4	Конус робочого шпинделя	4
5	Частота обертання шпиеделя	10000 об/хв
6	Конус задньої бабки	4
7	Розміри шліфувального круга	400x50x203
8	Габарити	5,61x1,81x1,52 м
9	Маса	6000 кг

Опис розробленого технологічного маршруту покажемо у формі таблиці

1.9.

					БР.ПІМІ-097.00.000.ПЗ	Арк.
						17
			с	а		

Технологічні схеми обробки показані в картах операційних ескізів (див. Додатки). З карти ескізів видно, що схеми базування заготовки практично не змінені, бо є на нашу думку найбільш правильними.

**Таблиця 1.9 – Структура проектного технологічного процесу**

№ операції	Обр. Поверхні деталі	Назва та зміст операції,	Верстат, пристрій, оснастка
005		Заготівельна	Пиловідрізний верстат
010		Розточна	2А635, стіл верстата
		1.Фрезерувати торець як чисто. 2. Центрувати торець Ø10 по центру заготовки	
015	16	Токарна	1А64, трикулачковий патрон, центр
		1.Обточити поверхню Ø165 мм до кулачків	
020	2, 1	Розточна	2А635, стіл верстата
		Установ 1 1.Фрезерувати торець 2 як чисто 2.Свердлити центрувальний отвір 1 Ø14 мм під різьбу на глибину 40 мм, витримавши розмір 12,5 мм від центра. 3.Розсвердлити отв Ø17 мм на глиб. 12,5 4.Зенкувати фаски під <60 і 120° 5.Нарізати різьбу М16х7Н на глиб. 32±0,3 мм	
		Установ 2 1.Фрезерувати торець 35, витримавши р-р 1907 <sub>-3,0</sub> мм	

		2.Повторити переходи 2 - 5	
025		Свердлильна	2Н57
		1.Свердлити 2 технологічні отв. Ø16 <sup>+0,43</sup> мм по розмітці на глиб. 10±0,2	
030		Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК мод. Forceturn 630.30
	3, 4, 5, 6, 7, 9,10, 11, 12, 13, 14, 15	Установ 1 1.Обточити пов-ню Ø130 е8до Ø103,9 <sub>-0,26</sub> в р-р 290±0,8 2. Обточити пов-ню Ø110 h6 до Ø110,8 <sub>-0,23</sub> в р-р 246 <sup>+0,6</sup> 3. Обточити пов-ню Ø100 е8 до Ø100,8 <sub>-0,23</sub> в р-р 162,3 <sub>-0,5</sub> 4. Обточити пов-ню М90х2 до Ø89,84 <sub>-0,25</sub> в р-р 30±0,3 5. Обточити пов-ню Ø70 е8 до Ø76 в р-р 93 6. Проточити канавку шириною 8 <sup>+0,36</sup> до Ø109 <sub>-0,87</sub> в р-р 246,3 <sup>+0,6</sup> 7. Обточити фаски 3,2х30°, 2х45° по М90х2, 2х45° по Ø100 е8 ,1,6х45° Ø130 е8, фаску під<45° по Ø165 мм 8.Проточити канавку В =5 <sup>+0,3</sup> до Ø87 <sub>-0,87</sub> мм 9.Нарізати різьбу М90х2-8g	
	18, 19, 17, 20, 21, 22, 23, 27, 25, 26, 28, 29, 30, 33, 34	Установ 2 Обточити пов-ню Ø130 е8до Ø103,9 <sub>-0,26</sub> в р-р 385±0,8 2. Обточити пов-ню Ø110 js6 до Ø110,8 <sub>-0,23</sub> в р-р 1319,4 <sub>-0,6</sub> 3. Обточити пов-ню Ø100 е8 до Ø100,8 <sub>-0,23</sub> в р-р 265,3±0,7 4. Обточити пов-ню М90х2 до Ø89,84 <sub>-0,25</sub> в р-р 125±0,5 5. Обточити пов-ню Ø70 е8 до Ø70,8 в р-р 95±0,4 6. Обточити фаску під<45° по Ø165 мм 7. Обточити фаску 2х45° по Ø130,	
			Арк.
			БР.ПМ-096.00.000 ПЗ
		с	а

		<p>8. Проточити канавку шириною <math>8^{+0,36}</math> до <math>\text{Ø}109_{-0,87}</math> в р-р <math>1319,4_{-0,6}</math></p> <p>9. Обточити фаску <math>3,2 \times 30^\circ</math> по <math>\text{Ø}110 \text{ js}6</math></p> <p>10.Проточити канавку <math>B = 5^{+0,3}</math> до <math>\text{Ø}87_{-0,87 \text{ мм}}</math> в р-р <math>125 \pm 0,5</math></p> <p>11. Обточити фаску <math>2 \times 45^\circ</math> по по <math>\text{Ø}100 \text{ e}8</math> ,</p> <p>12. Обточити фаску <math>2 \times 45^\circ</math> під різьбу <math>M90 \times 2</math></p> <p>13. Обточити фаску <math>2 \times 45^\circ</math> по <math>\text{Ø}70 \text{ e}8</math></p> <p>9.Нарізати різьбу <math>M90 \times 2 - 8g</math> на вихід в</p>	
035		Фрезерна	Вертикальний фрезерний верстат мод. Servomill UWF 12
		<p>Установ 1</p> <p>1.Фрезерувати 2 пази <math>20N9</math>, витримавши р-ри <math>7_{-0,36}</math>, <math>63^{+0,74}</math>, <math>7,0</math></p>	
		<p>Установ 2</p> <p>1.Повторити установ 1</p> <p>2.Фрезерувати паз <math>20N9</math>, в р-р <math>7,9^{+0,2}</math>, <math>7_{-0,36}</math>, <math>63^{+0,74}</math></p>	
040		Свердлильна	2Н57
		1.Свердлити 2 отв. $\text{Ø}9^{+0,43}$ , витримавши р-ри $30 \pm 0,3$ , $40 \pm 0,1$ , $5,4 \pm 0,1$	
045		<p>Шліфувальна</p> <p>1.Шліфувати пов-ню <math>\text{Ø}100 \text{ e}8</math> з підшліфовкою торця в р-р <math>163_{-0,5}</math></p> <p>2. Шліфувати пов-ню <math>\text{Ø}110 \text{ h}6</math> з підшліфовкою торця в р-р <math>247^{+0,6}</math></p> <p>3. Шліфувати пов-ню <math>\text{Ø}130 \text{ e}8</math> витримавши <math>Ra 2,5</math></p> <p>4.Шліфувати пов-ню <math>\text{Ø}70 \text{ e}8</math> витримавши <math>Ra 2,5</math></p> <p>5. Шліфувати пов-ню <math>\text{Ø}100 \text{ e}8</math> витримавши <math>Ra 2,5</math></p>	Круглошліфувальний верстат мод.RSM 2000С
			Арк.
			БР.ПІМ-096.00.000 ПЗ
		с	а





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

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

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

$E_i$  – похибка установки деталі на операції, мкм.

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

Заготовка: круглий прокат.

$R_z + T = 500$  мкм;  $h = 250$  мкм ([5], табл. 1 с.180);

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

Короблення заготовки в місці обробки:

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

де  $L = 1947$  мм розмір заготовки;;

$\Delta k$ - питома кривизна, мкм/м;

$\Delta k = 2$  мкм/мм ( [5], табл. 4 с.180);

$$\rho_{кор} = 1947 \times 0,002 = 3,89 \text{ мм.}$$

Похибка встановлення в патроні:

- на першому переході  $\epsilon_{ц} = 400$  мкм;
- на другому переході  $\epsilon_{ц} = 0$  мкм (чистове точіння в центрах);
- на третьому переході  $\epsilon_{ц} = 0$  мкм (шліфування в центрах).

На послідуючих переходах механічної обробки, після:

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

- чорнового точіння  $R_z=60\text{мкм}$ ;  $h=60\text{мкм}$  ([5],табл. 5 с.181);
- чистового точіння:  $R_z=20\text{мкм}$ ;  $h=30\text{мкм}$  ([5],табл. 5 с.181);
- шліфування  $R_z=6\text{мкм}$ ;  $h=12\text{ мкм}$  ([5],табл. 5 с.181);

Для визначення  $\Delta \rho_i$  та  $\varepsilon_i$  використовуємо довідкові дані і результати записуємо в таблицю.

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{1\min} = 2[120 + \sqrt{260^2 + 400^2}] = 2 \cdot 3320 = 6640 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\min} = 2[(20 + 30) + \sqrt{80^2 + 0^2}] = 2 \cdot 0.503 = 1850 \text{ мкм};$$

$$2Z_{3\min} = 2[(6 + 12) + \sqrt{1^2 + 0^2}] = 2 \cdot 19 = 38 \text{ ;мкм}$$

Розрахункові припуски:

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

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

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

Максимальні припуски на обробку:

$$2Z_{\max}^{2p} = 2Z_{\min i} + Td_{(i-1)} + Td_i, \text{ мм};$$

$$2Z_{1\max} = 3100 + 3200 + 740 = 7040 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\max} = 1006 + 890 + 234 = 2130 \text{ мкм};$$

$$2Z_{3\max} = 109 + 16 + 4 = 130 \text{ мкм}.$$

Значення граничних розмірів та припусків наводимо в таблиці 1.6

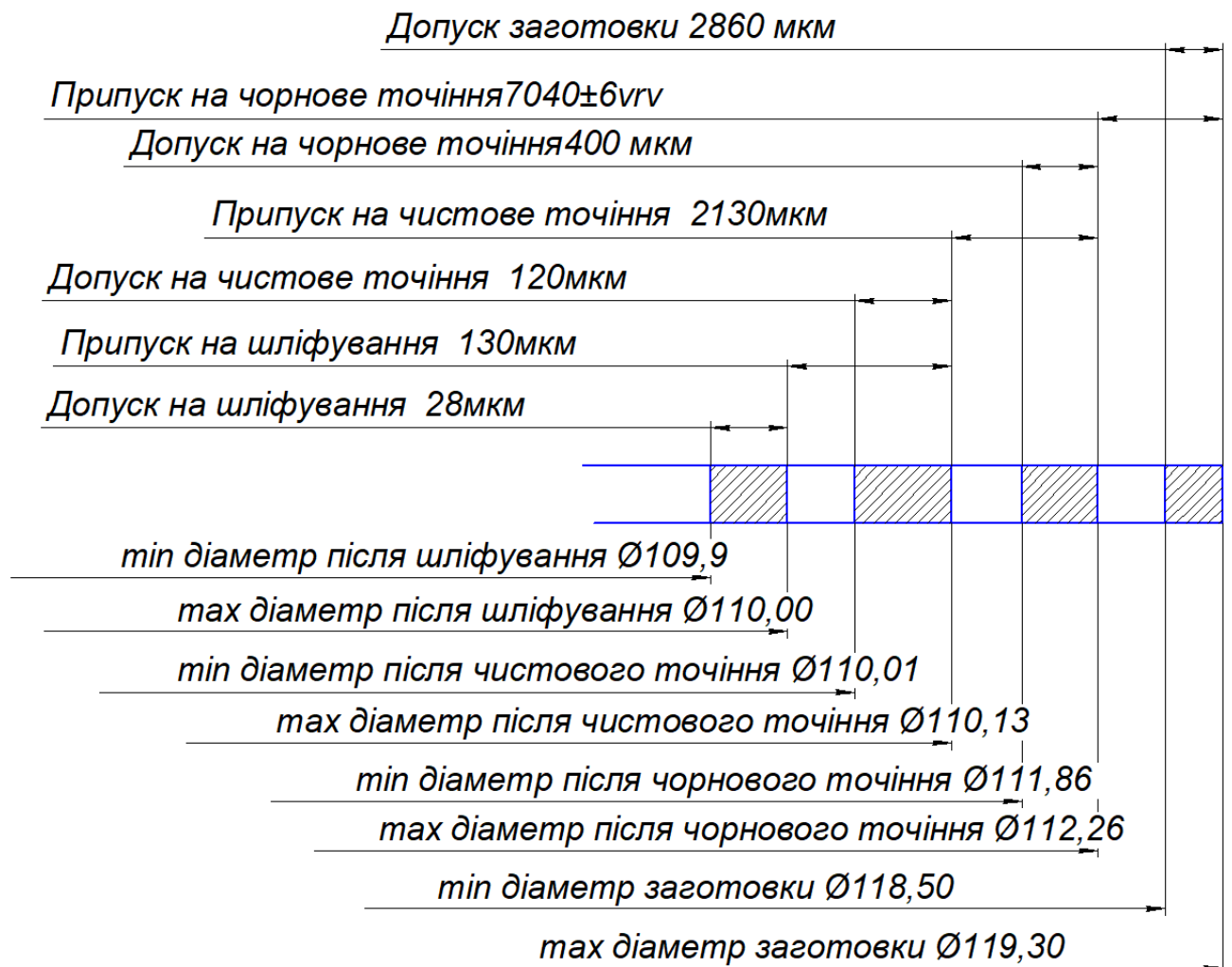
					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

**Табл. 1.10 - Значення граничних розмірів та припусків**

	Складові для розрахунку				$2Z_{роз}$ мкм	$d_p$ мм	$\Delta$ мк м	Граничні розміри		Граничні припуски	
	Rz	T	$\Delta$	$\xi$				$D_{min}$	$D_{max}$	$2Z_{m}$ in	$2Z_{ma}$ x
Заготовка	300		46	-		118,37		118,5	119,3		
	400		50			8		0			
Точіння						111,76 8	860				
Чорнове	6 0	60	52 0	5 6 0	6610	110,00 8	400	111,8 6	112,2 6	664 0	7040
Чистове	2 0	30	- 0	- 0	1760	109,97 2	120	110,0 1	110,1 3	118 50	2130
Шліфування	6	12	-	-	100		100	109,9	110,0	38	130

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

					БР.ПІМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		



**Рисунок 1.7 – Схема розміщення між операційних припусків та розмірів на поверхню  $\varnothing 110h7$**

			<i>с</i>	<i>а</i>

БР.ПМ-096.00.000 ПЗ

Арк.

## 1.7 Визначення режимів різання

Операція:Вертикально-фрезерна

Перехід: Фрезерування шпонкового паза шириною 20N9 і м глибиною 7,5 мм.

Вибираємо ріжучий інструмент, його матеріал та геометричні параметри.

Фреза – шпонкова тип 2, Ø20 мм з конічним хвостовиком за ГОСТ 9140-78.

Матеріал різальної частини – швидкорізальна сталь Р6М5, число зубів  $z = 2$ .

Довжина фрези 80 мм.

Визначити елементи режимів різання і занести їх в таблицю:

Глибина різання  $t$ , мм – прийняти за максимальним міжопераційним припуском на одну сторону (№ 4 [10,с.16-26]).

Подача  $S_z$ , мм/зуб. – нормативне значення  $S_z = 0,72$ : за [3], с.646–647, табл.7

прийняти подачу за паспортом верстата

Стійкість інструмента  $T$ , хв.

нормативне значення  $T_n$  – за [3], с.647, 680 .

Швидкість різання  $V$ , м/хв. :

Частота обертання шпинделя  $n$ , хв.-1 :

розрахункове значення  $n_p$ .

2.5.1 Глибина різання  $t=7,5$  мм

2.5.2. Подача  $S_z = 0.36$ мм.

2.5.3 Стійкість інструмента  $T$ , хв

$T=80$ хв, показник відносної стійкості 0.2

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

#### 2.5.4 Швидкість різання $V$ , м/хв.

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{12 \cdot 20^{0.3}}{80^{0.26} \cdot 0.4^{0.3} \cdot 0.032^{0.25}} \cdot 1,25 = 36,99 \text{ м/хв.};$$

де  $C_v$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $y$  – показники степенем і коефіцієнти при точінні;

$T = 80$  – період стійкості в хв.;

$t = 0,4$  – глибина різання мм;

$S = 0.032$  – подача.

$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1,58$  – поправочний коефіцієнт швидкості різання, який враховує вплив механічних властивостей, стану поверхні заготовки, марки матеріалу і ін. на швидкість різання

Частота обертання шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 236}{3.14 \cdot 484} = 185 \text{ об/хв}$$

Тангенційну силу визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p$$

$C_p = 68,2$   $x = 0,86$ ,  $y = 0,72$ ,  $n = 1,0$ ,  $q = 0,86$ ,  $w = 0$

$$K_{\mu p} = \left( \frac{600}{759} \right)^{0.35} = 0,935$$

$K_{\phi p} = 0,89$

$K_{\gamma p} = 1,0$  табл.23 с.275,

$K_{\lambda p} = 1,0$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0.032^{0.86} \cdot 0.31_z^{0.72} \cdot 20^1 \cdot 2}{20^{0.86} \cdot 1} \cdot 0.935 = 799.7 \text{ Н}$$

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			$C$	$d$		

Потужність різання

$$N = \frac{P_z \cdot V}{2 \cdot 100} = \frac{799.7 \cdot 37}{2 \cdot 100} = 0.485 \text{ кВт}$$

Операція: Фрезерно-свердлильна.

Перехід: Свердління напрохід восьми отворів Ø17 мм.

Вибираємо свердло фірми серії В4215 типорозміру F25.17 Z1.085 R-2

(двохкромкове, оснащене пластинкою твердого сплаву, праве)

Щвидкість різання визначимо за формулою:

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

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 36,03}{3,14 \cdot 17} = 686 \text{ об/хв}$$

Визначимо крутний момент при свердлінні за формулою:

$$M = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_m = 10 \cdot 0,0345 \cdot 17^{2,0} \cdot 0,32^{0,8} \cdot 0,709 = 28,4 \text{ Н/м}$$

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

Осьова сила при свердлінні за формулою

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_m = 10 \cdot 0,0345 \cdot 17^{2,0} \cdot 0,32^{0,8} \cdot 0,709 = 3691 \text{ Н}$$

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

Силкові параметри нам будуть потрібні при розрахунку приводу верстатного пристрою.

					БР.ПІМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			<i>c</i>	<i>d</i>		

## 1.8 Проектування чорнової токарної операції для верстата з ЧПК Forceturn 630.30 в середовищі САПР SprutCAM 2007.

Основні етапи виконання роботи наступні:

- створюємо 3D – модель вала у програмі Solid Works 2016;
- імпортуємо створені моделі у форматі STEP в програму Sprut CAM через категорію команд «Модель»);
- узгоджуємо орієнтацію моделі вала у глобальній системі координат, щоб прив'язати її до системи координат верстата;
- у категорії команд «Технологія» робимо проект технологічної операції, який включає:

- 1 вибір поверхонь деталі, які потрібно обробити
- 2 вибираємо тип верстату для обробки – токарний Z \_ X;
- 3 вибираємо інструмент – різець токарний;
- 4 задаємо стратегію обробки, яка включає підвід – відвід інструменту, врізання – перебіг, траєкторії допоміжних рухів;
- 5 запускаємо проектування операції чорнового точіння;
- 6 спостерігаємо за виконанням обробки у режимі анімації;
- 7 активуємо постпроцесор і генеруємо керуючу програму обробки.

У програмі Solid Works 2016 моделюємо вал 31214М.03.401.

Вигляд деталі показано на рис. 1.8 та 1.9.

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		



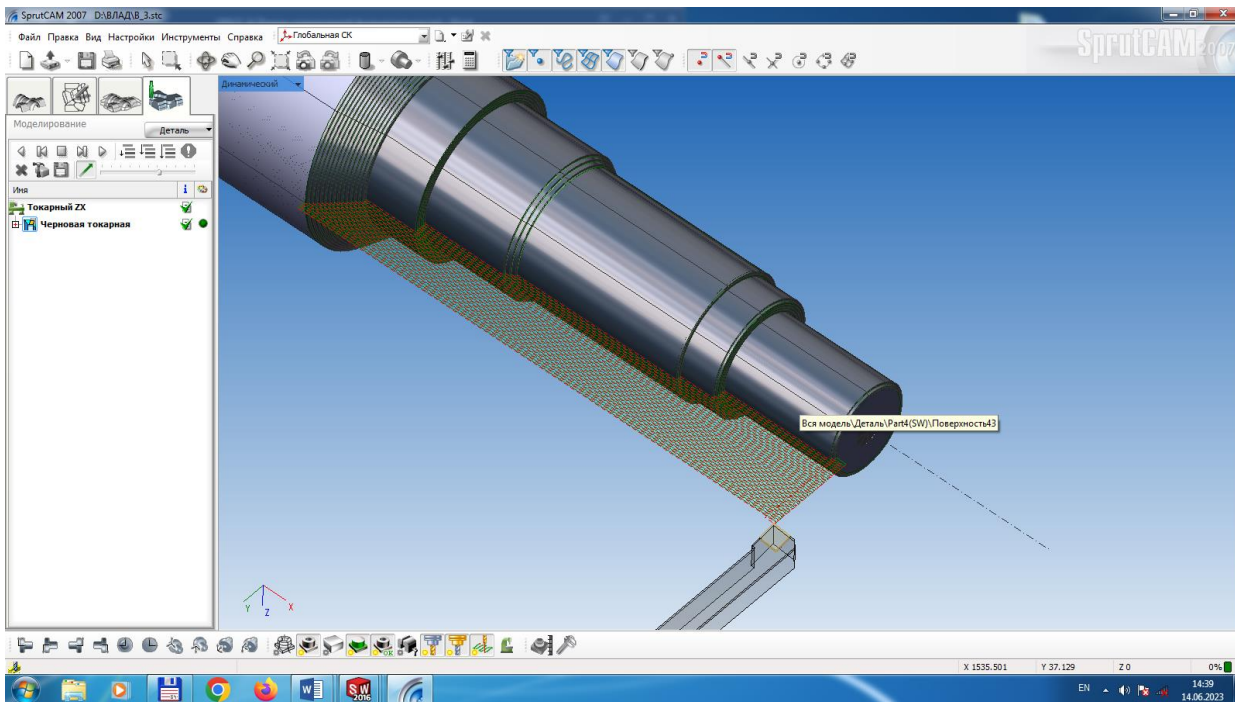






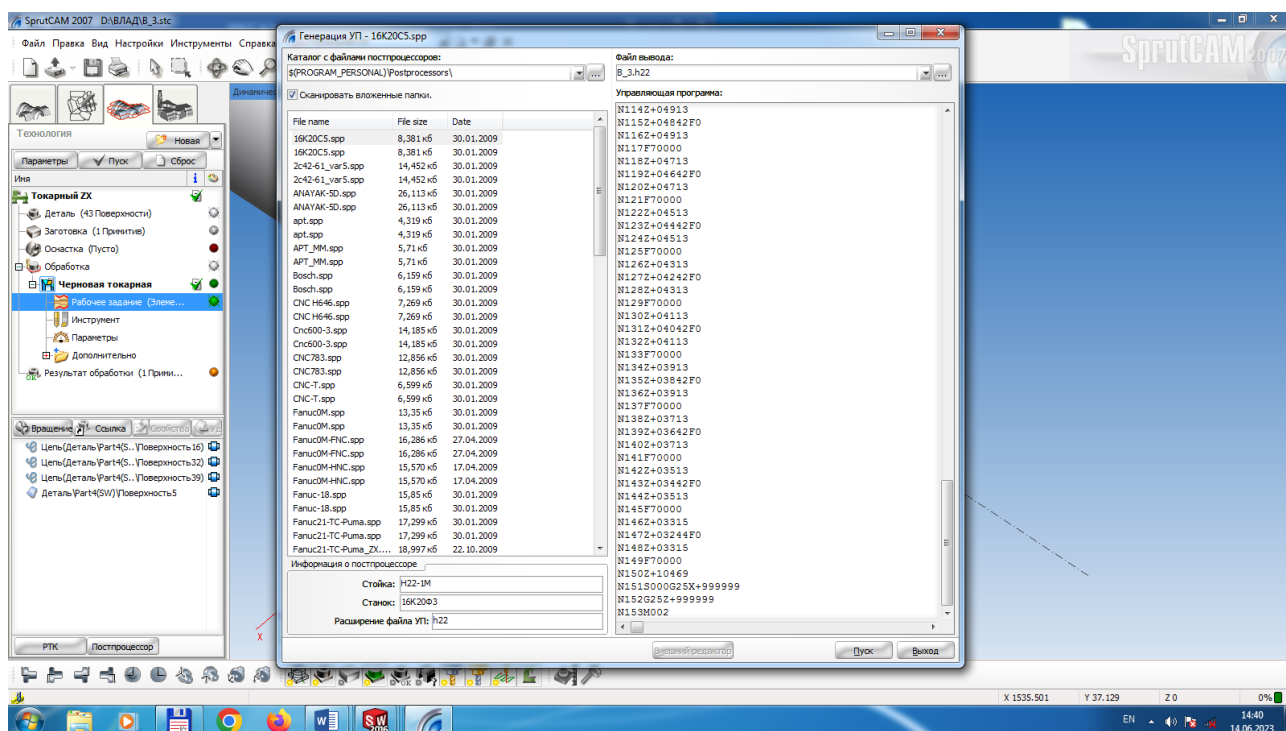






**Рис. 1.20 – Инструмент і траєкторії робочих ходів**

Вмикаємо постпроцесор і згенеруємо керуючу програму для токарного верстата (рис. 1.21).



**Рис. 1.20 – Генерування програми постпроцесором**

Власне програма матиме вигляд такий:

```
%
N001G27M004
N002G58F70000
N003G27M004
N004G01Z-10469S431
N005Z+10313
```

БР.ПМ-096.00.000 ПЗ

Арк.

С Д

N006F0S858M008  
 N007Z+10242  
 N008Z+10313  
 N009F70000  
 N010Z+10113  
 N011Z+10042F0  
 N012Z+10113  
 N013F70000  
 N014Z+09913  
 N015Z+09842F0  
 N016Z+09913  
 N017F70000  
 N018Z+09713  
 N019Z+09642F0  
 N020Z+09713  
 N021F70000  
 N022Z+09513  
 N023Z+09442F0  
 N024Z+09513  
 N025F70000  
 N026Z+09313  
 N027Z+09242F0  
 N028Z+09313  
 N029F70000  
 N030Z+09113  
 N031Z+09042F0  
 N032Z+09113  
 N033F70000  
 N034Z+08913  
 N035Z+08842F0  
 N036Z+08913  
 N037F70000  
 N038Z+08713  
 N039Z+08642F0  
 N040Z+08713  
 N041F70000  
 N042Z+08513  
 N043Z+08442F0  
 N044Z+08513  
 N045F70000  
 N046Z+08313  
 N047Z+08242F0  
 N048Z+08313  
 N049F70000  
 N050Z+08113  
 N051Z+08042F0  
 N052Z+08113  
 N053F70000  
 N054Z+07913  
 N055Z+07842F0  
 N056Z+07913  
 N057F70000  
 N058Z+07713  
 N059Z+07642F0  
 N060Z+07713  
 N061F70000  
 N062Z+07513  
 N063Z+07442F0

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			<i>с</i>	<i>а</i>		

N064Z+07513  
 N065F70000  
 N066Z+07313  
 N067Z+07242F0  
 N068Z+07313  
 N069F70000  
 N070Z+07113  
 N071Z+07042F0  
 N072Z+07113  
 N073F70000  
 N074Z+06913  
 N075Z+06842F0  
 N076Z+06913  
 N077F70000  
 N078Z+06713  
 N079Z+06642F0  
 N080Z+06713  
 N081F70000  
 N082Z+06513  
 N083Z+06442F0  
 N084Z+06513  
 N085F70000  
 N086Z+06313  
 N087Z+06242F0  
 N088Z+06313  
 N089F70000  
 N090Z+06113  
 N091Z+06042F0  
 N092Z+06113  
 N093F70000  
 N094Z+05913  
 N095Z+05842F0  
 N096Z+05913  
 N097F70000  
 N098Z+05713  
 N099Z+05642F0  
 N100Z+05713  
 N101F70000  
 N102Z+05513  
 N103Z+05442F0  
 N104Z+05513  
 N105F70000  
 N106Z+05313  
 N107Z+05242F0  
 N108Z+05313  
 N109F70000  
 N110Z+05113  
 N111Z+05042F0  
 N112Z+05113  
 N113F70000  
 N114Z+04913  
 N115Z+04842F0  
 N116Z+04913  
 N117F70000  
 N118Z+04713  
 N119Z+04642F0  
 N120Z+04713  
 N121F70000

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

N122Z+04513  
 N123Z+04442F0  
 N124Z+04513  
 N125F70000  
 N126Z+04313  
 N127Z+04242F0  
 N128Z+04313  
 N129F70000  
 N130Z+04113  
 N131Z+04042F0  
 N132Z+04113  
 N133F70000  
 N134Z+03913  
 N135Z+03842F0  
 N136Z+03913  
 N137F70000  
 N138Z+03713  
 N139Z+03642F0  
 N140Z+03713  
 N141F70000  
 N142Z+03513  
 N143Z+03442F0  
 N144Z+03513  
 N145F70000  
 N146Z+03315  
 N147Z+03244F0  
 N148Z+03315  
 N149F70000  
 N150Z+10469  
 N151S000G25X+999999  
 N152G25Z+999999  
 N153M002

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			<i>с</i>	<i>а</i>		

## 2 Конструкторська частина

### Проектування фрезерного пристрою

#### 2.1 Опис конструкції та роботи пристрою

Верстатний пристрій БДР.ПМ-21-1К служить для надійного і міцного встановлення та закріплення вала 312.14М.03.401 на столі фрезерного верстата мод.МФ 1 VP на операції фрезерування 5-ти шпонкових пазів 20N9 шпонковою фрезою. Привід затиску деталі – пневматичний.

Конструкція пристрою зображена на аркуші №4 графічної частини роботи. Основою пристрою є плита 1, на якій встановлені дві призми 2 з кутом  $90^\circ$  і кріпляться до плити болтами 3 і штифтами 4. У плиту вгвинчена стійка 7 і зафіксована контргайкою 9. На стійці гайкою 10 і шайбою 11 закріплений прихват 5, який має поздовжній паз з тильного кінця та виступ з лицьового (за кресленням). Між контргайкою та прихватом знаходиться пружина 8 для утримання прихвата в піднятому горизонтальному положенні. Заднім кінцем прихват опирається на шток пневмоциліндра 19, а переднім контактує із заготовкою. Стиснене повітря з пневмомагістралі подається у верхню або нижню порожнини пневмоциліндра за допомогою розподільника 21, трубок 22 та арматури 23, 24 і 25.

На плиті також кріпиться гвинтами 13 і шайбами 14 кронштейн фіксатора 12. У останньому на осі 17 встановлений важіль 15 з конусом 16. У піднятому стані важіль знаходиться завдяки пружині 18.

Зважаючи на значну масу (249 кг) і велику довжину деталі між призмами ( $\approx 1360$  мм) і порівняно невеликим діаметром обробки - 100 мм –

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

обмежимося одним центральним прихватом і пневмоциліндром.

Орієнтація плити пристрою відносно пазів верстата виконується шпонками 42 з гвинтами 30 і шайбами 31. Закріплення пристрою робиться гвинтами 27 з гайками 28 і шайбами 29.

Зважаючи на великі габарити і вагу, пристрій має чотири рим-болти 32 для транспортування.

Працює пристрій так. Поворотом рукоятки пневморозподільника 21 спрямовують стиснене повітря у верхню порожнину пневмоциліндра, шток опускається і вивільняє при хват. Останній відсовують назад і обережно встановлюють заготовку вала у призми, базуючи її по циліндричних поверхнях Ø110 мм. Правим торцем цієї шийки (за кресленням) упирають вал у торець призми і так базують його в осьовому напрямі. Повертаючи вал у призмах, шукають положення, при якому конус 16 западе у технологічний отвір вала Ø16 мм і утримає останній від провертання. Прихват підсувають по пазу вперед, пневморозподільником подають повітря у нижню порожнину циліндра. Шток підіймається і прихват затискає вал. Після обробки пазів з одного боку дії виконують у зворотному порядку.

Опісля повертають вал у призмах на 180° і виконують обробку пазів з протилежної сторони.

## 2.2 Визначення діаметра пневмоциліндра

Спочатку зробимо аналіз сил, що діють при обробці пазів і реакцій які при цьому виникають. На вершині шийки Ø100 мм у горизонтальній площині діє

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		



$P_z = 800 \text{ Н}$  - тангенційна сила різання

$D = 110 \text{ мм}$ .

Оскільки плечі прихвата з боку пневмоциліндра і з боку вала однакові і рівні 150 мм, то сила на штоці пневмоциліндра буде рівною потрібній силі затиску.

Розрахуємо діаметр поршня пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}$$

де:  $p = 0,63 \text{ МПа}$  – найменший можливий тиск в пневмосистемі;

$\eta = 0,95$  – коефіцієнт корисної дії;

$Q$  – зусилля від пневмоциліндрі.

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0,785 \cdot p \cdot 0,95}} = \sqrt{\frac{800}{0,785 \cdot 0,6300 \cdot 0,95}} = 52,2 \text{ мм},$$

З стандартного ряду згідно ГОСТ 16683–71 приймаємо пневматичний привід двохсторонньої дії з діаметром поршня  $\varnothing 63 \text{ мм}$ , штока  $\varnothing 20 \text{ мм}$ .

Сила затиску вибраного приводу:

$$Q = 0,785 D^2 \cdot p \cdot \eta = 0,785 \cdot 63^2 \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 1766,5 \text{ Н};$$

### 2.3 Розрахунок на міцність та зносостійкість найбільш навантажених та рухомих елементів пристрою

Умова міцності на зминання різьби у з'єднанні

$$\sigma_{зм} = \frac{F_{зобн}}{d \cdot \delta} \leq [\sigma_{зм}],$$

де  $F_{зобн}$  – зусилля яке створює пневмо-циліндр,  $F_{зобн} = 800 \text{ Н}$ ;

$d$  – діаметр різьби,  $d = 20 \text{ мм}$ ;

$\delta = 24 \text{ мм}$  – довжина згвинчування;

									Арк.
	$[\sigma_{зм}]$	– допустимі напруження	на змикання,	МПа;					
			$c$	$d$					

$$[\sigma_{зм}] = 0.8 \cdot \sigma_T = 0.8 \cdot 290 = 232 \text{ МПа};$$

де  $\sigma_T$  – границя текучості сталі, МПа;  $\sigma_T = 290 \text{ МПа}$  [9, с.34, т.3.2].

Отже, за

$$\sigma_{зм} = \frac{F_{зобн}}{d \cdot \delta} = \frac{800}{0,02 \cdot 0,024} = 16.64 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}]$$

					БР.ПІМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

## Висновок

Результатом бакалаврської роботи є новий технологічний маршрут механічної обробки деталі “Вал 31214М.03.401”. Він принципово відрізняється від технології, що була впроваджена на базовому підприємстві тим, що ми застосовуємо сучасне верстатне обладнання з числовим програмним керуванням, прогресивний інструмент збірної конструкції від передових виробників. Розраховано припуски на обробку найточнішої поверхні та режими різання на токарну і фрезерну обробку.

Спроектована структура чорнкової токарної операції з ЧПК у середовищі САПР Sprut CAM з детальною ілюстрацією всіх етапів та згенерована керуюча програма.

Для фрезерної операції сконструйовано верстатний пристрій з пневмозатиском.

Результати нашої розробки можуть бути корисними для впровадження на підприємствах галузі.

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	а		

## Список використаної літератури

- 1 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя – М.:  
Машиностроение, 1982. – Т.1 – 736 с., Т.2 – 559 с.
- 2 Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту : Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1986. – 239 с.
- 3 Обработка металлов резанием : Справочник технолога. / Под общ. ред. А.А.Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
- 4 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.2 / Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
- 5 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т.1 / Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
- 6 Руденко П.А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – К.: Вища школа, 1991. – 247 с.
- 7 Справочник нормировщика-машиностроителя. Техническое нормирование станочных работ. Т.2. Под редакцией Е. И. Стружестраха.- М.: МАШГИЗ, 1961.- 892 с.
- 8 Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.– Минск, Висшая школа, 1975.
- 9 Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений: Учеб. Пособие для студентов вузов машиностроительных спец. – Мн.: Выш. шк., 1986. -238 с.: ил.
- 10 Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975 – 656 с.
- 11 Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1983, 277 с.

					БР.ПМ-096.00.000 ПЗ	Арк.
			с	д		

## **ДОДАТКИ**



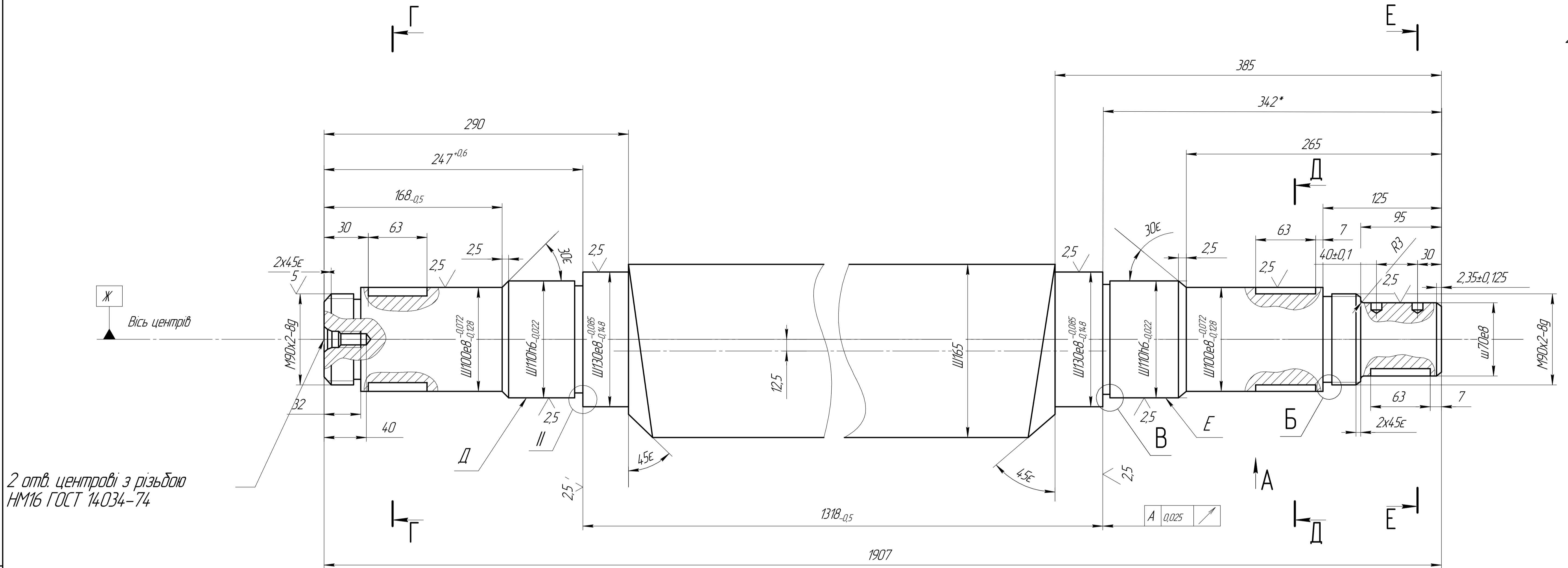


Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		9		Гайка М22х1,5 ГОСТ 7918-78	1	
		10		Гайка М22х1,5 ГОСТ 8055-80	1	
		11		Шайба 22 ГОСТ 8015-78	1	
		22		Трубка мідна Ш8х480 ГОСТ553-82	2	
		27		Болт пазовий М16х2,0 ГОСТ 182-76	2	
		28		Шайба стопорна 10 ГОСТ 6202-76	4	
		29		Гайка М16х2,0 ГОСТ 8714-80	2	
		30		Шпонка 10х16х32 ГОСТ 85012-82	2	
		31		Гвинт М8х30 ГОСТ 7712-76	2	
		32		Рим-болт М14 ГОСТ 8918-78	2	
		23		Штуцер 14 х1 ГОСТ 617-72	4	
		24		Гайка 14х1 ГОСТ 617-72	4	
		25		Ніпель 14х1 ГОСТ617-72	4	

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

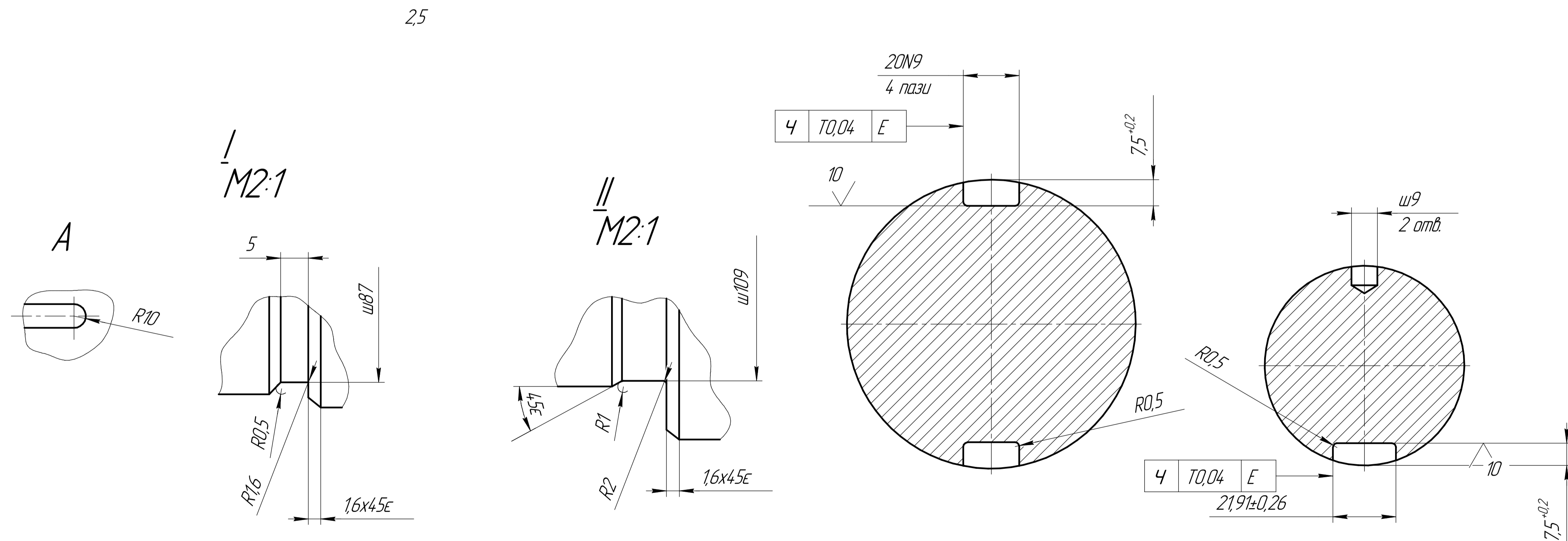
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БДР.ПМ-096.04.000.СК	Лист
						2

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			<i>БДР.ПМ-096.04.000.СК</i>	<i>Складальне креслення</i>	1	
				<i>Складальні одиниці</i>		
		19	<i>БДР.ПМ-096.04.019</i>	<i>Пневмоциліндр</i>	1	
				<i>Деталі</i>		
		1	<i>БДР.ПМ-096.04.001</i>	<i>Плита</i>	1	
		2	<i>БДР.ПМ-096.04.002</i>	<i>Призма</i>	2	
		5	<i>БДР.ПМ-096.04.005</i>	<i>Прихват</i>	1	
		7	<i>БДР.ПМ-096.04.007</i>	<i>Стійка</i>	1	
		8	<i>БДР.ПМ-096.04.008</i>	<i>Пружина Ш24x32</i>	1	
		12	<i>БДР.ПМ-096.04.012</i>	<i>Кронштейн</i>	1	
		15	<i>БДР.ПМ-096.04.015</i>	<i>Важіль</i>	1	
		16	<i>БДР.ПМ-096.04.016</i>	<i>Конус</i>	1	
		17	<i>БДР.ПМ-096.04.017</i>	<i>Вісь</i>	1	
		18	<i>БДР.ПМ-096.04.018</i>	<i>Пружина Ш14x20</i>	1	
				<i>Стандартні вироби</i>		
		3		<i>Болт М8x50</i>		
				<i>ГОСТ 8918-89</i>	4	
		4		<i>Штифт 8x30</i>		
				<i>ГОСТ 10774-80</i>	4	
<i>БДР.ПМ-096.04.000.СК</i>						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разрад.		Лехман В.Я.				
Пров.		Боруцк Л.О.				
Реценз.						
Н.контр.		Боруцк Л.О.				
Утв.		Панчук В.Г.				
<i>Пристрій фрезерний</i>				Лит.	Лист	Листов
					1	2
				<i>ІФНТУНГ ПМ-21-1К</i>		



2 отв. центрові з різьбою М116 ГОСТ 14034-74

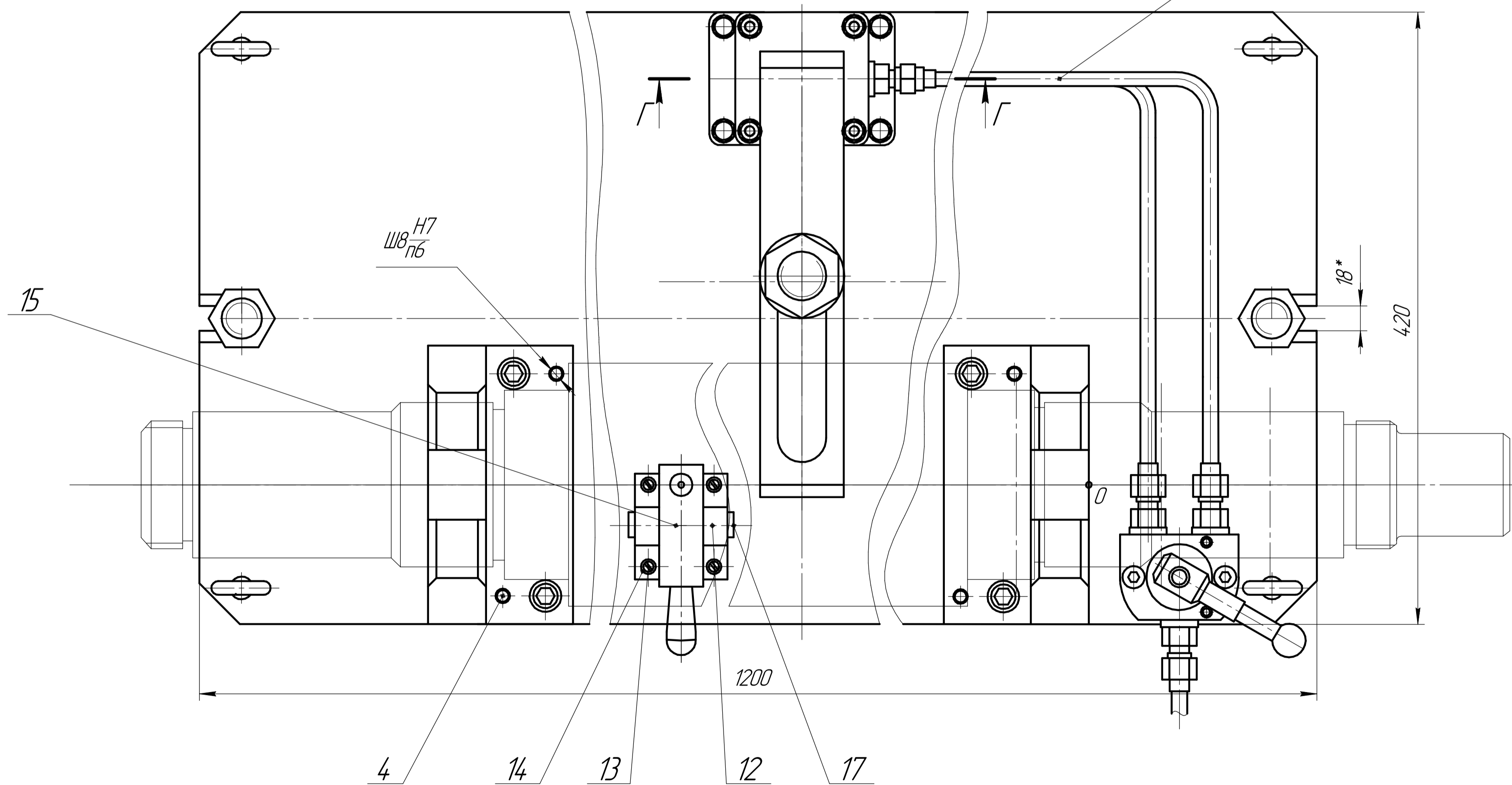
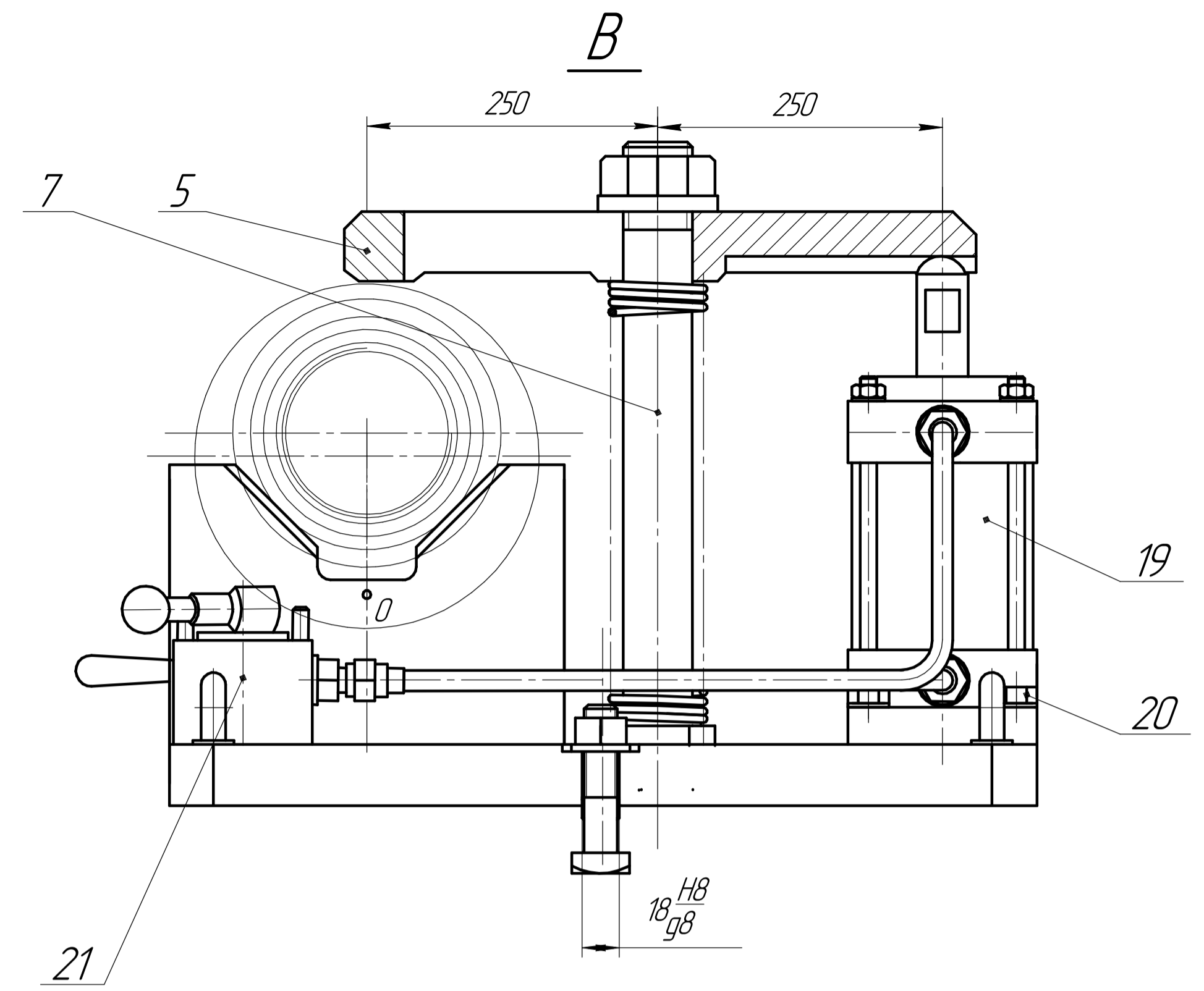
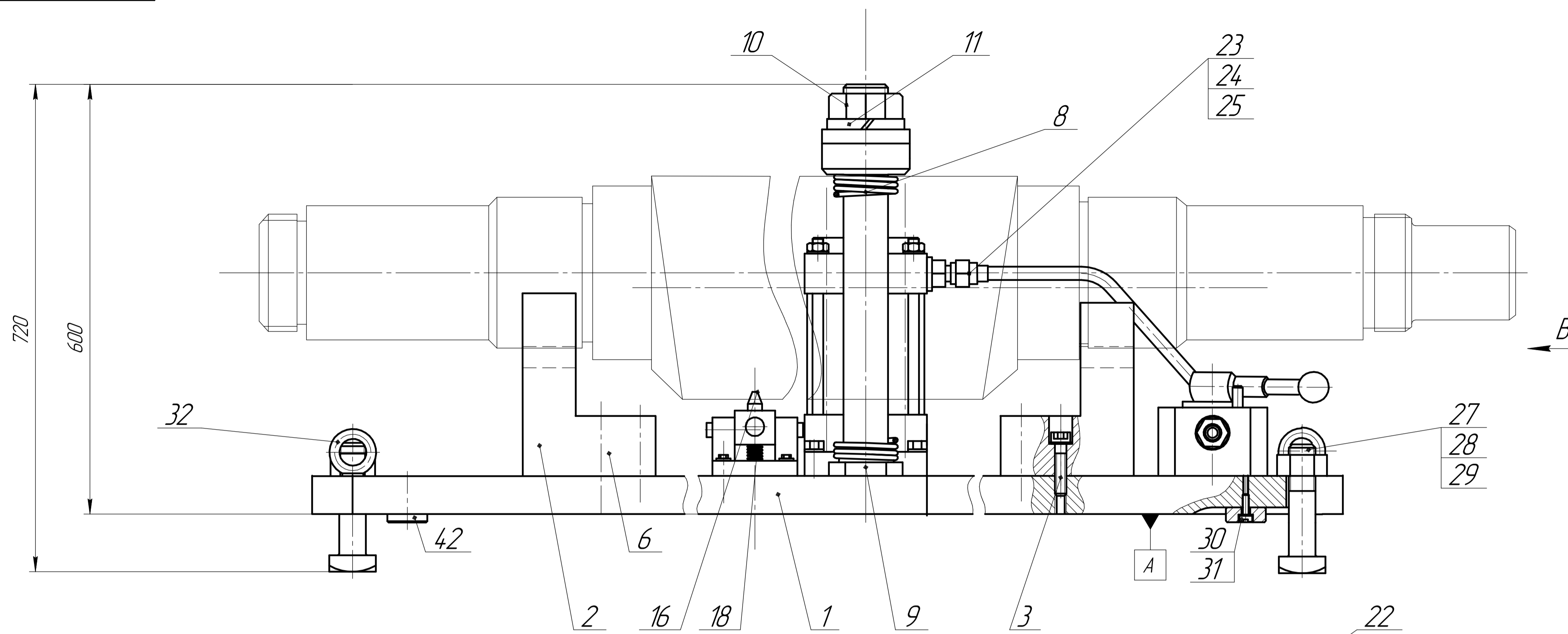
Перш. приман.
Стор. №
Лист. і дата.
Вар. шиф. №
Лист. №
Лист. і дата.
Лист. №



1. Невказані граничні відхилення розмірів діаметрів: по Н14, h14, решта Js14

БДР.ПМ-096.01.000.Д				Лист	Масштаб
Вал 31214.М.03.401				1	1:1
Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Лист	Листов
Разраб.	Лехман В.Я.			1	1
Проб.	Барышак Л.О.				
Т.контр.	Барышак Л.О.				
Исполн.	Барышак Л.О.				
Утв.	Ланчук В.Г.				
Сталь 45 ГОСТ 1050-74				ИФНТУНГ ПМ-21-1К	
Копирайт				Формат А1	





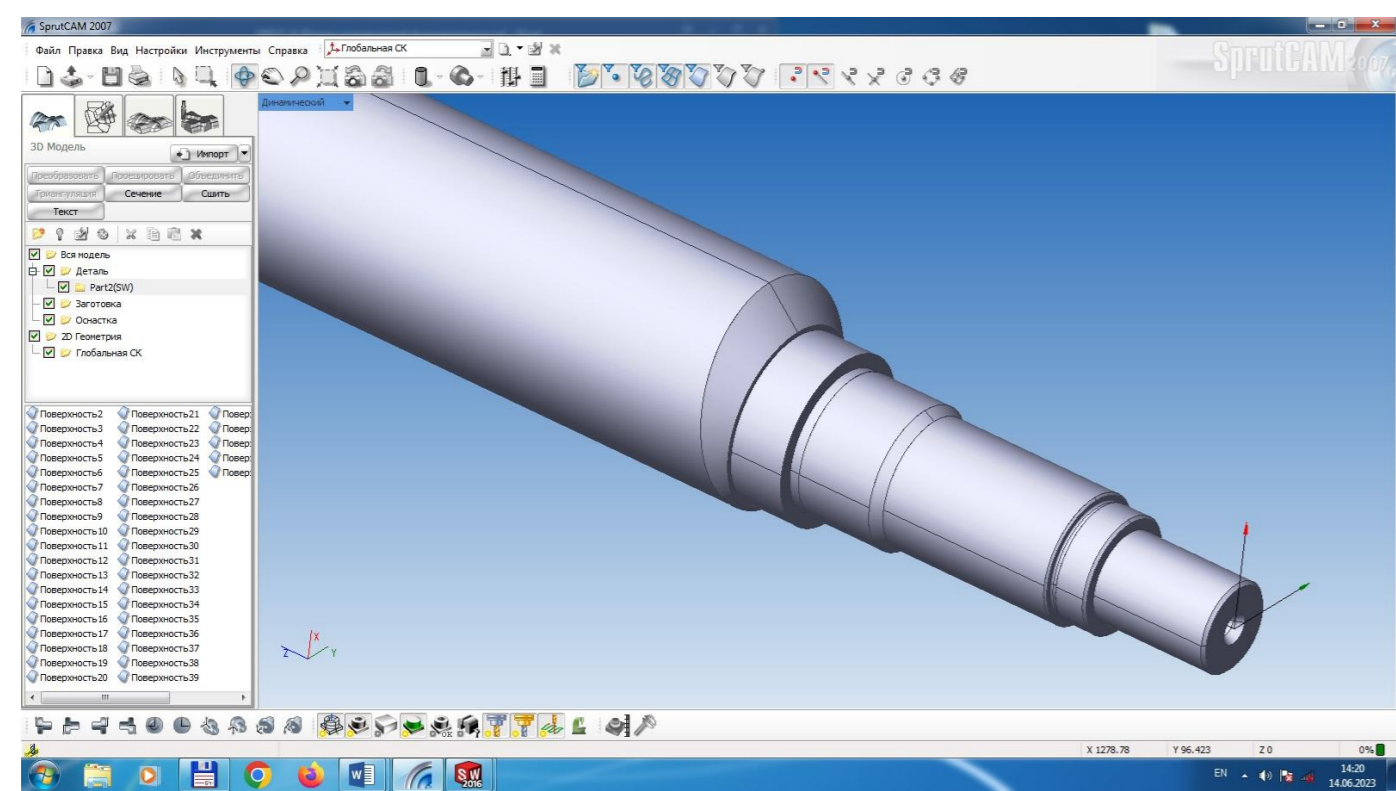
Технічна характеристика

1. Пристрій призначений для встановлення і закріплення деталі вал 31214М03.401 при обробці шпонок пазів 20N9 на верстаті MF 1 VP.
2. Тип приводу – пневматичний. 3. Сила затиску пристрою для однієї деталі – 1764,1 Н.
4. Робочий тиск в пневмережі – 0,63 МПа.

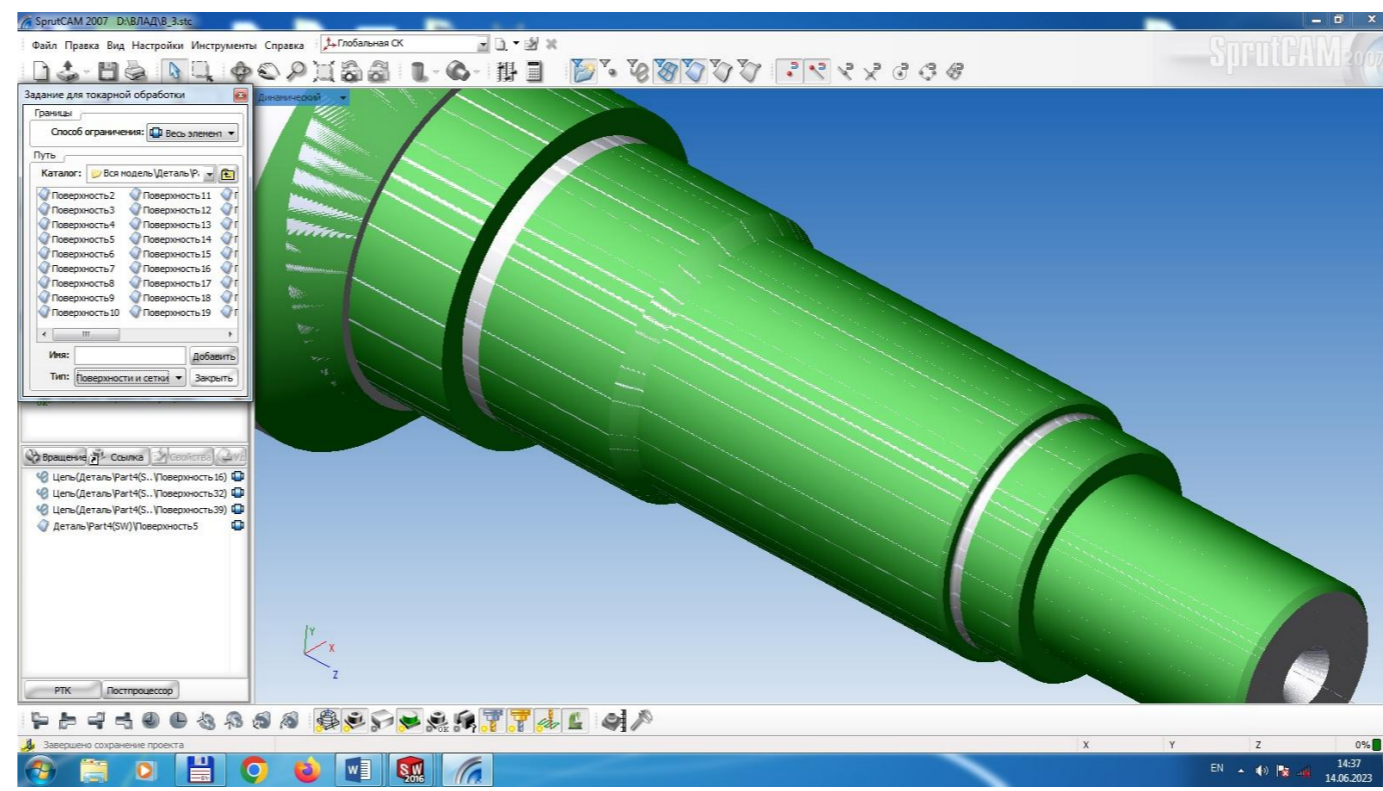
1. \*Разміри для довідок
2. Гострі краї притупити.
3. Поверхні тертя при складанні змастити.
4. Пристрій повинен працювати плавно, без ривків і заїдань.

				БДР.ПМ-096.04.000СК		
				Пристрій фрезернийний		
Лист	Маса	Масштаб				
		1:2				
Лист	Листів	1				
ІФНТУНГ зр.ПМ-21-1К						
Формат А1						

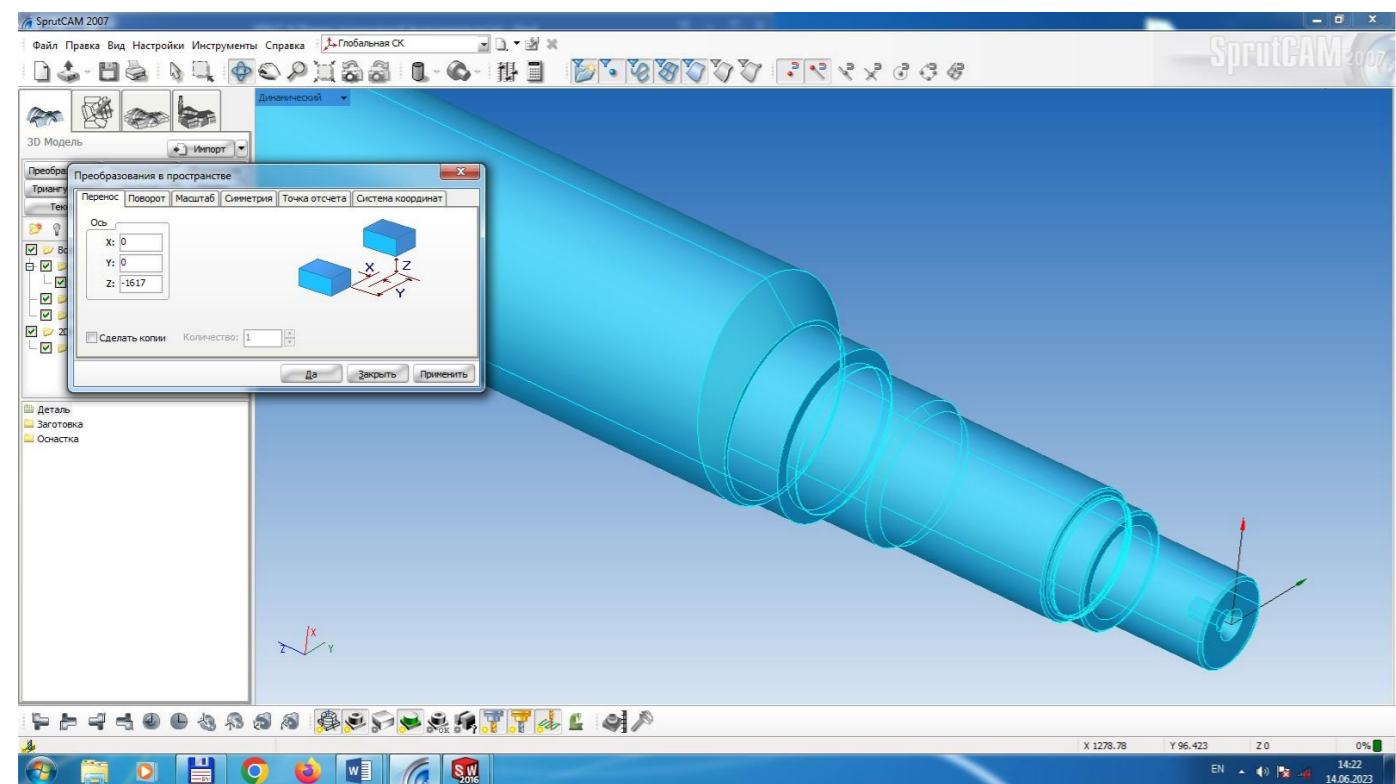
*Ілюстрація основних стадій застосунку САПР в розробці технологічної операції чорнового точіння габаритного вала*



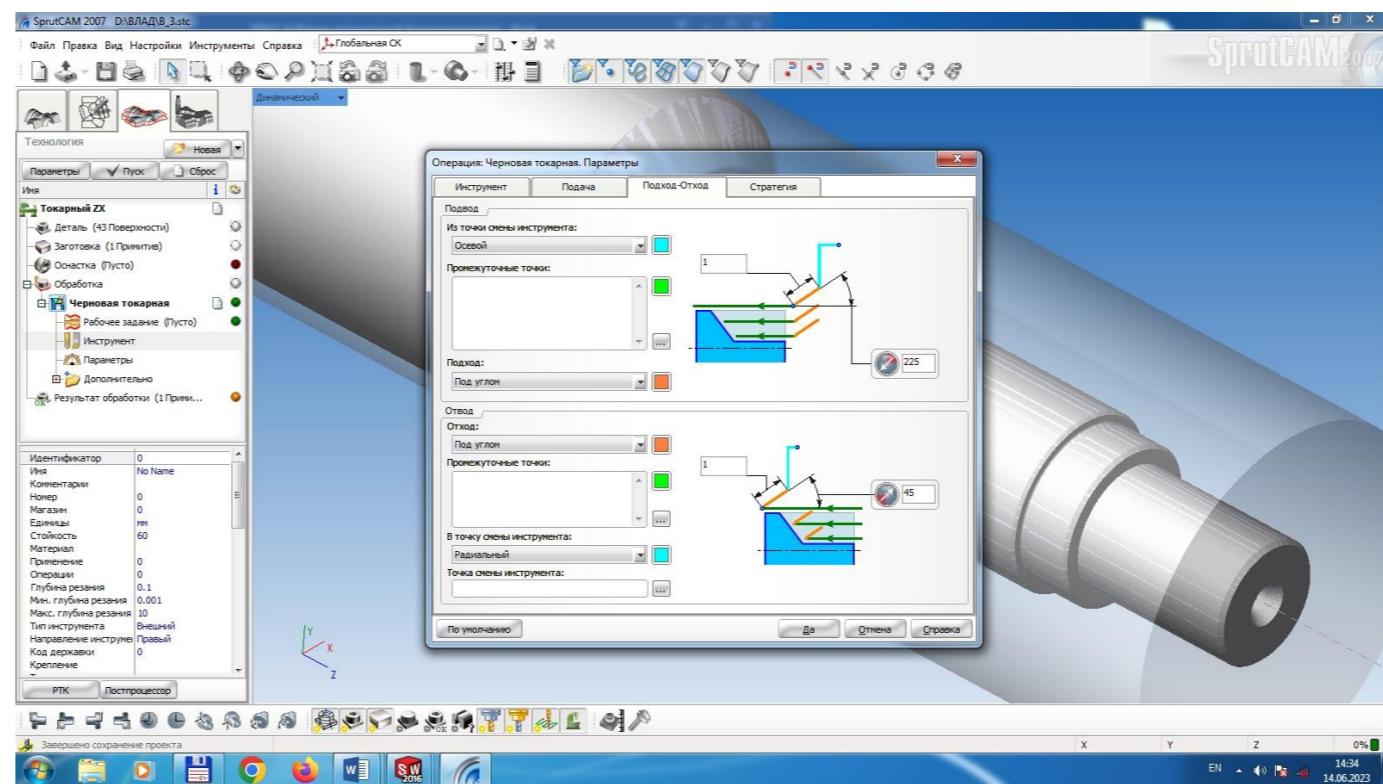
*1.3D модель вала імпортована у Sprut CAM*



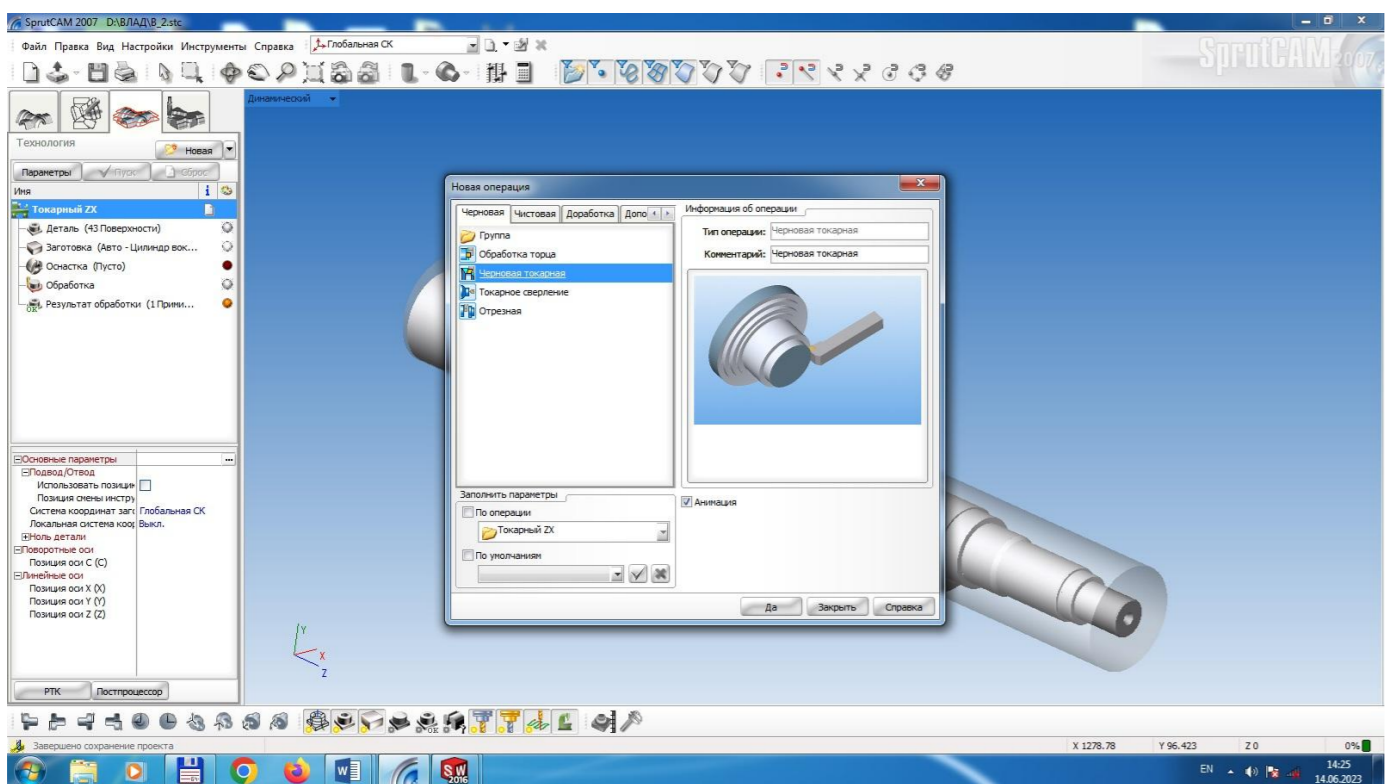
*6.Задання поверхнь, що підлягають обробці*



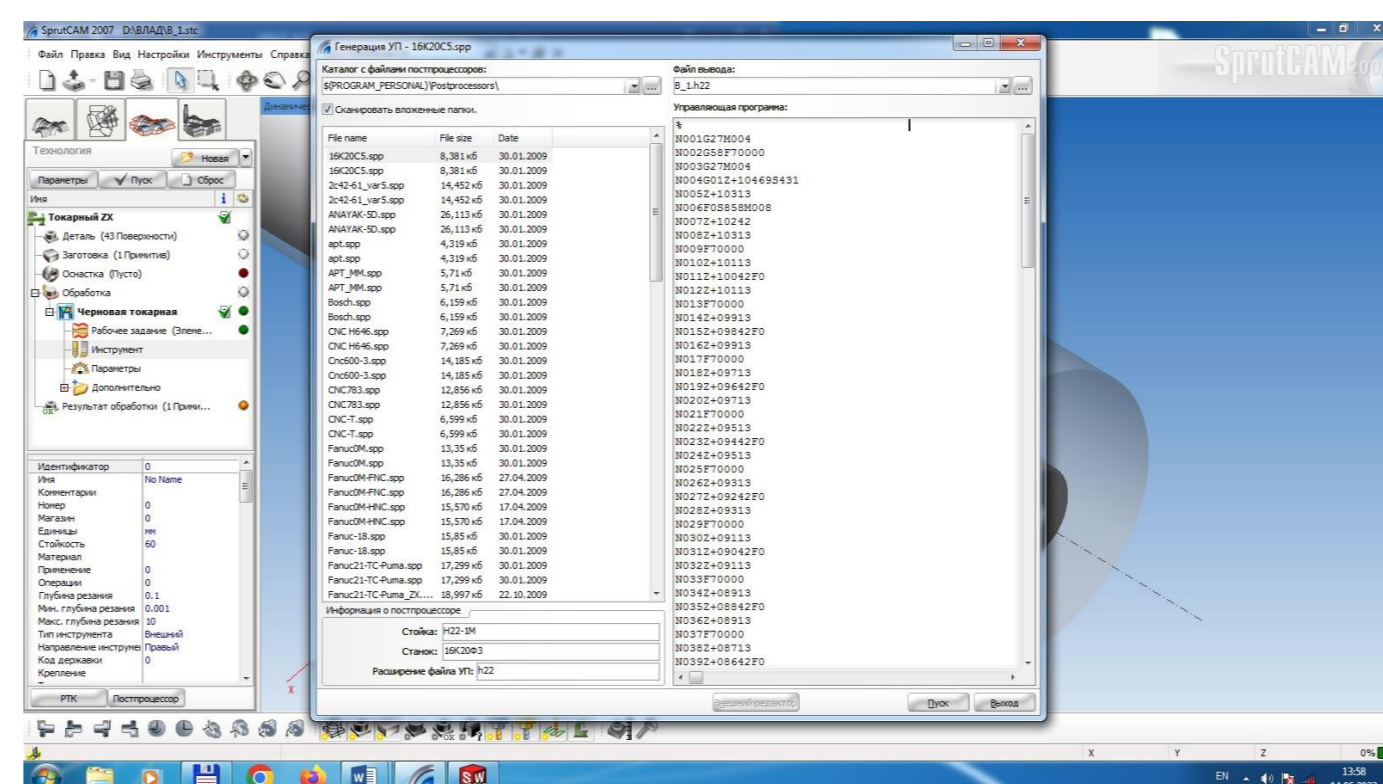
*2.Задання правильної орієнтації деталі у системі координат верстата*



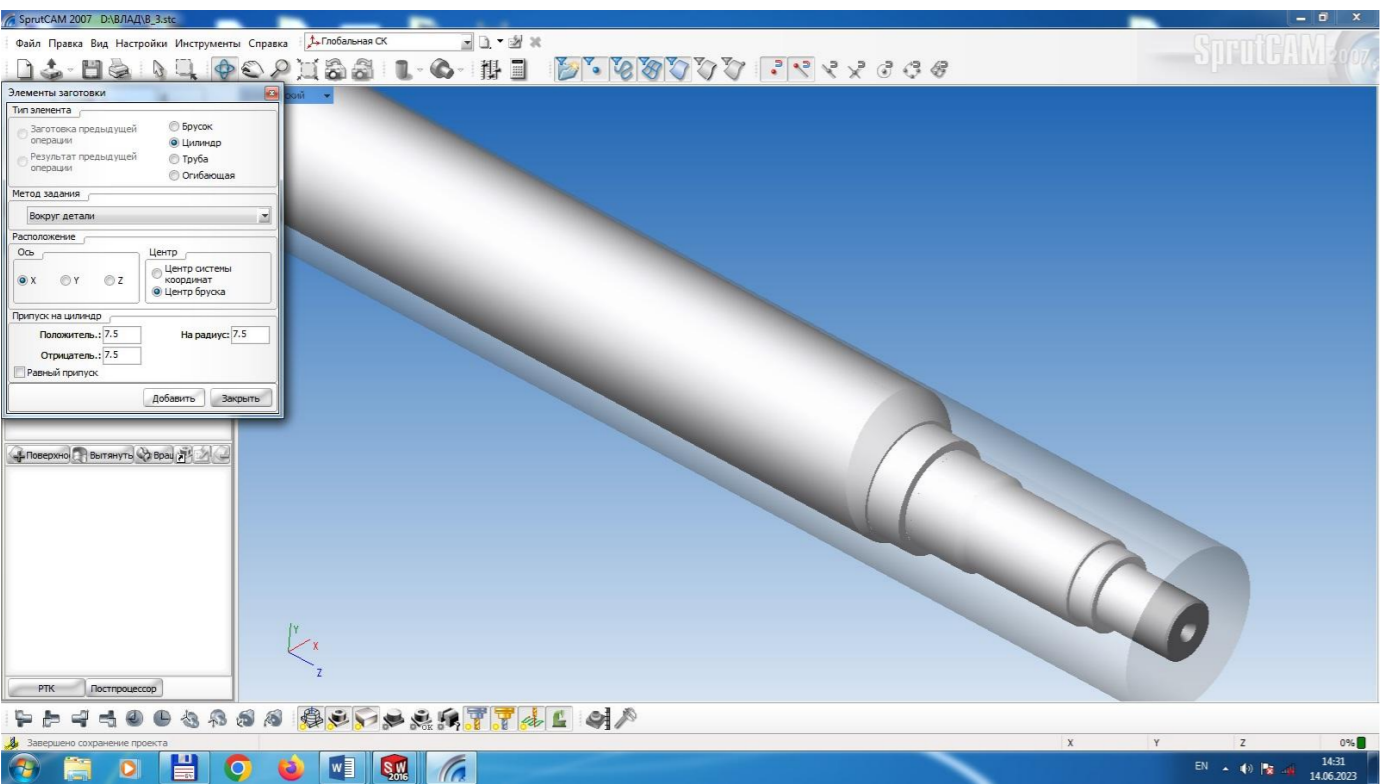
*7.Задання траєкторії допоміжних рухів різця*



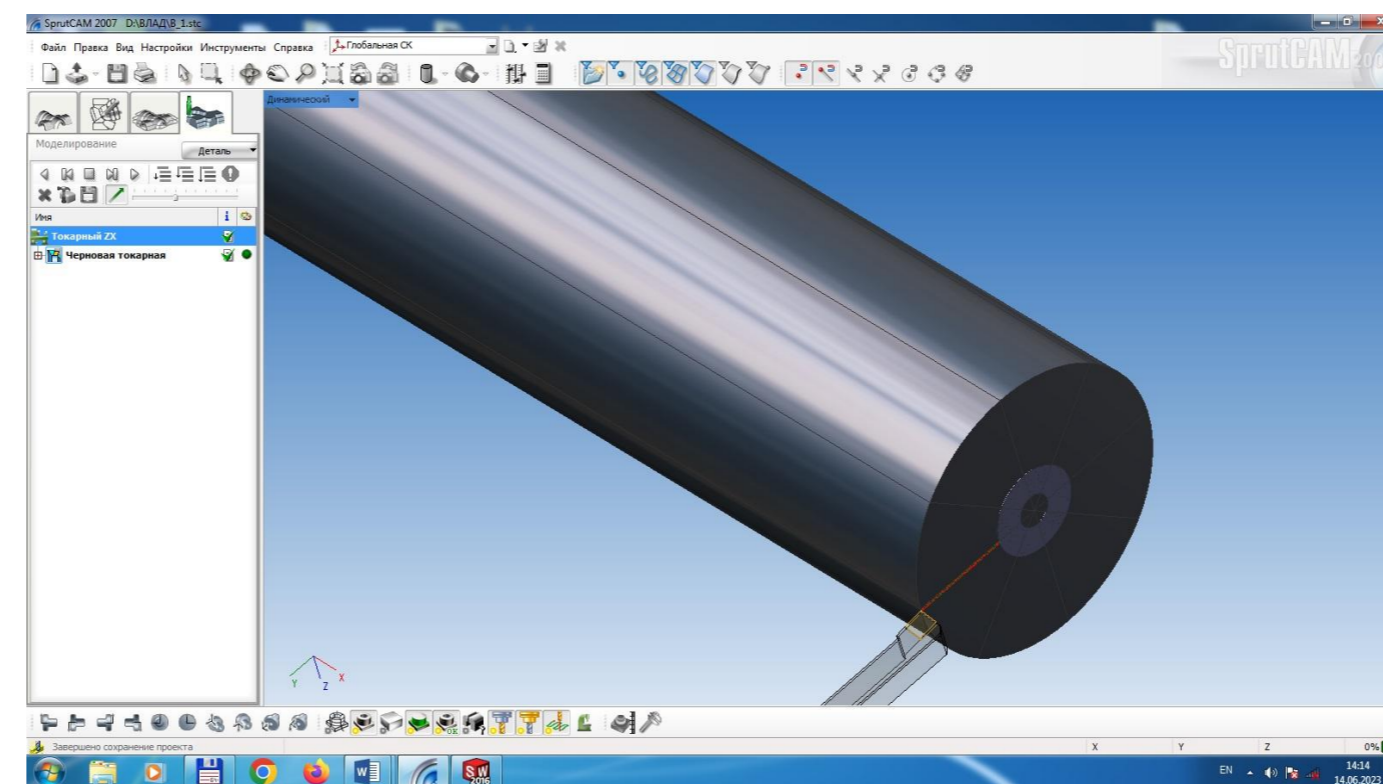
*3.Задання виду обробки - чорнова токарна*



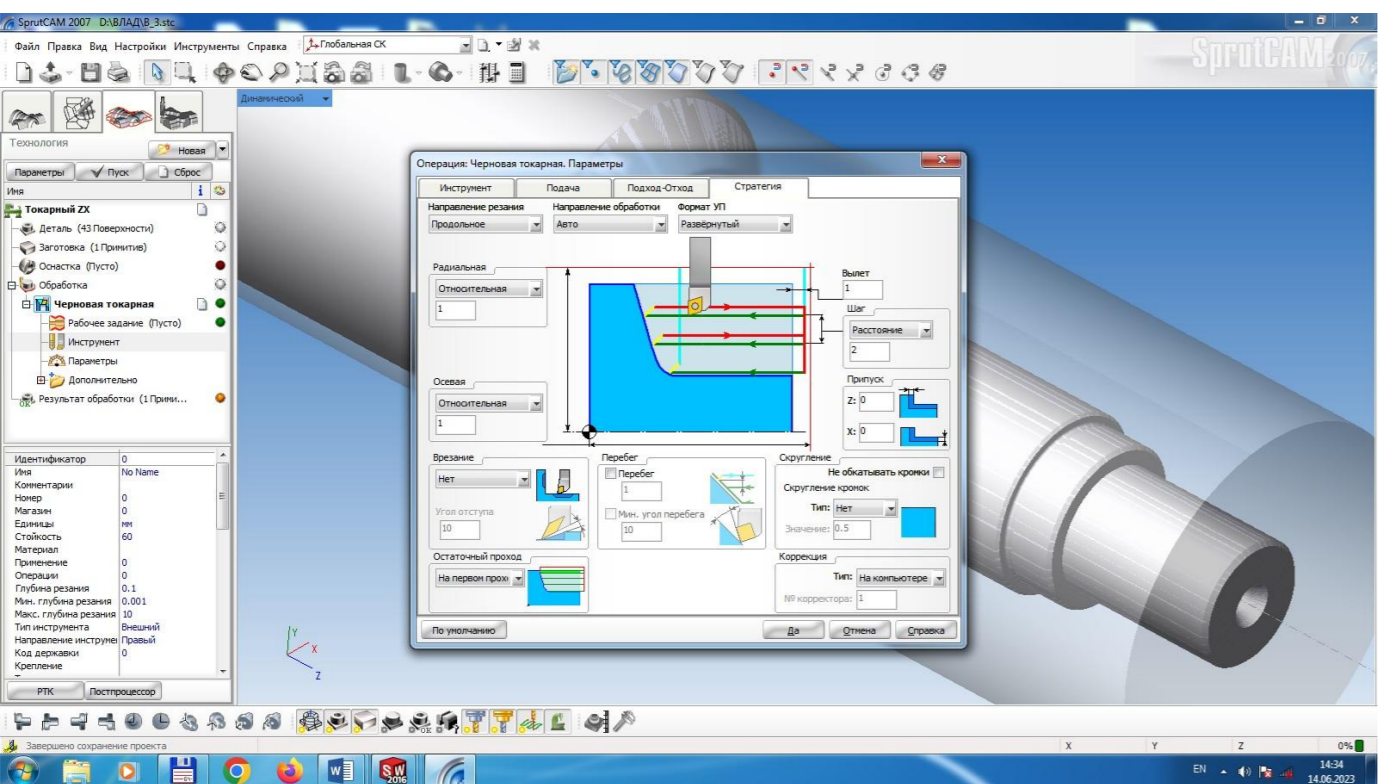
*8.Генерація постпроцесором керуючої програми*



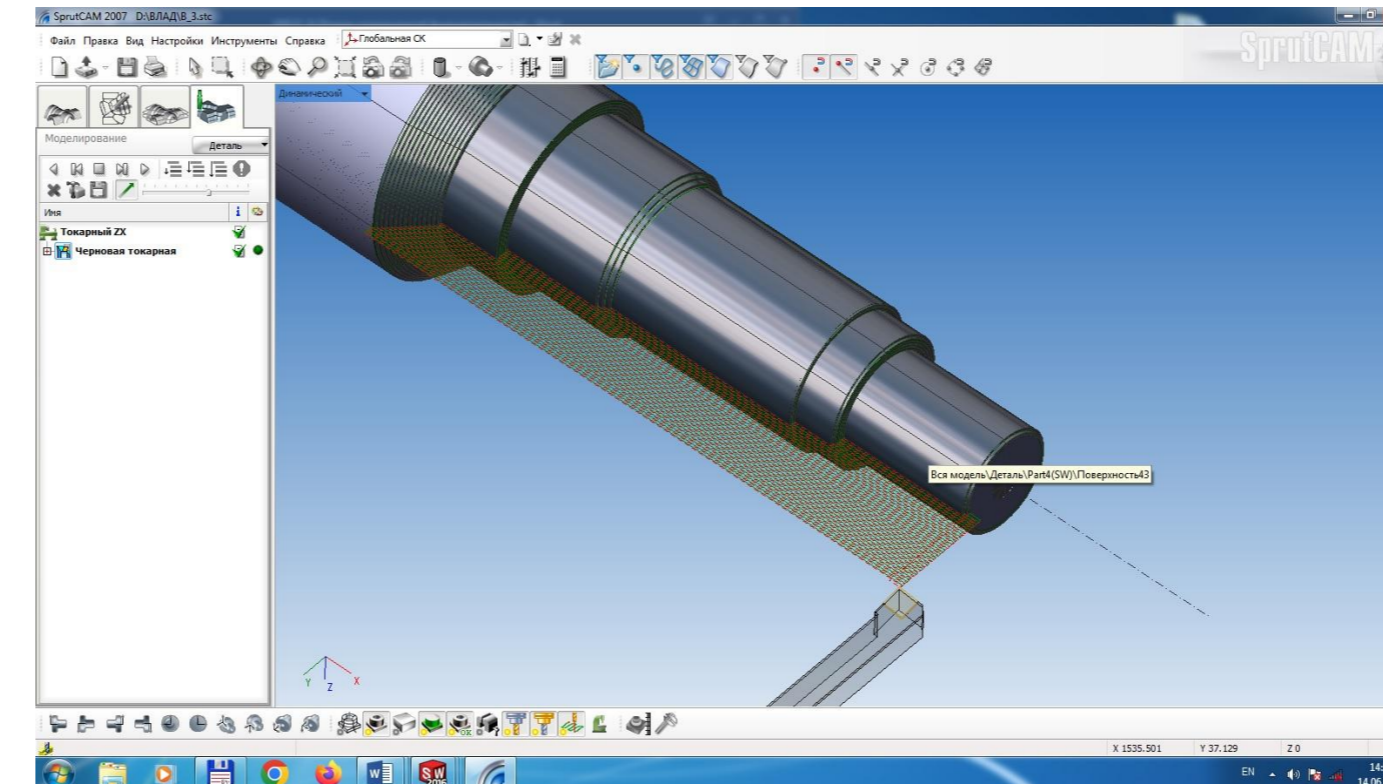
*4.Встановлення контурів заготовки*



*9.Імітація початку токарної операції*



*5.Встановлення стратегії обробки*



*10.Виконання кінцевих проходів*

- %
- N001G27M004
- N002G58F70000
- N003G27M004
- N004G01Z+104.69S4.31
- N005Z+10313
- N006FOS858M008
- N007Z+10242
- N008Z+10313
- N009F70000
- N010Z+10113
- N011Z+1004.2F0
- N012Z+10113
- N013F70000
- N014Z+09913
- N015Z+0984.2F0
- N016Z+09913
- N017F70000
- N018Z+09713
- N019Z+0964.2F0
- N020Z+09713
- N021F70000
- N022Z+09513
- N023Z+0944.2F0
- N024Z+09513
- N025F70000
- N026Z+09313
- N027Z+0924.2F0
- N028Z+09313
- N029F70000
- N030Z+09113
- N031Z+0904.2F0
- N032Z+09113
- N033F70000
- N034Z+08913
- N035Z+0884.2F0
- N036Z+08913
- N037F70000
- N038Z+08713
- N039Z+0864.2F0
- N040Z+08713
- N041F70000
- N042Z+08513
- N043Z+0844.2F0
- N044Z+08513
- N045F70000
- N046Z+08313
- N047Z+0824.2F0
- N048Z+08313
- N049F70000
- N050Z+08113
- N051Z+0804.2F0
- N052Z+08113
- N053F70000
- N054Z+07913
- N055Z+0784.2F0
- N056Z+07913
- N057F70000
- N058Z+07713
- N059Z+0764.2F0
- N060Z+07713
- N061F70000
- N062Z+07513
- N063Z+0744.2F0
- N064Z+07513
- N065F70000
- N066Z+07313
- N067Z+0724.2F0
- N068Z+07313
- N069F70000
- N070Z+07113
- N071Z+0704.2F0
- N072Z+07113
- N073F70000
- N074Z+06913
- N075Z+0684.2F0
- N076Z+06913
- N077F70000
- N078Z+06713
- N079Z+0664.2F0
- N080Z+06713
- N081F70000
- N082Z+06513
- N083Z+0644.2F0
- N084Z+06513
- N085F70000
- N086Z+06313
- N087Z+0624.2F0
- N088Z+06313
- N089F70000
- N090Z+06113
- N091Z+0604.2F0
- N092Z+06113
- N093F70000
- N094Z+05913
- N095Z+0584.2F0
- N096Z+05913
- N097F70000
- N098Z+05713
- N099Z+0564.2F0
- N100Z+05713
- N101F70000
- N102Z+05513
- N103Z+0544.2F0
- N104Z+05513
- N105F70000
- N106Z+05313
- N107Z+0524.2F0
- N108Z+05313
- N109F70000
- N110Z+05113
- N111Z+0504.2F0
- N112Z+05113
- N113F70000
- N114Z+04913
- N115Z+0484.2F0
- N116Z+04913
- N117F70000
- N118Z+04713
- N119Z+0464.2F0
- N120Z+04713
- N121F70000
- N122Z+04513
- N123Z+0444.2F0
- N124Z+04513
- N125F70000
- N126Z+04313
- N127Z+0424.2F0
- N128Z+04313
- N129F70000
- N130Z+04113
- N131Z+0404.2F0
- N132Z+04113
- N133F70000
- N134Z+03913
- N135Z+0384.2F0
- N136Z+03913
- N137F70000
- N138Z+03713
- N139Z+0364.2F0
- N140Z+03713
- N141F70000
- N142Z+03513
- N143Z+0344.2F0
- N144Z+03513
- N145F70000
- N146Z+03313
- N147Z+0324.4F0
- N148Z+03313
- N149F70000
- N150Z+104.69
- N151S000G25X
- N152G25Z+999999
- N153M002

Лист 1 з 1  
Лист 2 з 2  
Лист 3 з 3  
Лист 4 з 4  
Лист 5 з 5  
Лист 6 з 6  
Лист 7 з 7  
Лист 8 з 8  
Лист 9 з 9  
Лист 10 з 10  
Лист 11 з 11  
Лист 12 з 12  
Лист 13 з 13  
Лист 14 з 14  
Лист 15 з 15  
Лист 16 з 16  
Лист 17 з 17  
Лист 18 з 18  
Лист 19 з 19  
Лист 20 з 20  
Лист 21 з 21  
Лист 22 з 22  
Лист 23 з 23  
Лист 24 з 24  
Лист 25 з 25  
Лист 26 з 26  
Лист 27 з 27  
Лист 28 з 28  
Лист 29 з 29  
Лист 30 з 30  
Лист 31 з 31  
Лист 32 з 32  
Лист 33 з 33  
Лист 34 з 34  
Лист 35 з 35  
Лист 36 з 36  
Лист 37 з 37  
Лист 38 з 38  
Лист 39 з 39  
Лист 40 з 40  
Лист 41 з 41  
Лист 42 з 42  
Лист 43 з 43  
Лист 44 з 44  
Лист 45 з 45  
Лист 46 з 46  
Лист 47 з 47  
Лист 48 з 48  
Лист 49 з 49  
Лист 50 з 50  
Лист 51 з 51  
Лист 52 з 52  
Лист 53 з 53  
Лист 54 з 54  
Лист 55 з 55  
Лист 56 з 56  
Лист 57 з 57  
Лист 58 з 58  
Лист 59 з 59  
Лист 60 з 60  
Лист 61 з 61  
Лист 62 з 62  
Лист 63 з 63  
Лист 64 з 64  
Лист 65 з 65  
Лист 66 з 66  
Лист 67 з 67  
Лист 68 з 68  
Лист 69 з 69  
Лист 70 з 70  
Лист 71 з 71  
Лист 72 з 72  
Лист 73 з 73  
Лист 74 з 74  
Лист 75 з 75  
Лист 76 з 76  
Лист 77 з 77  
Лист 78 з 78  
Лист 79 з 79  
Лист 80 з 80  
Лист 81 з 81  
Лист 82 з 82  
Лист 83 з 83  
Лист 84 з 84  
Лист 85 з 85  
Лист 86 з 86  
Лист 87 з 87  
Лист 88 з 88  
Лист 89 з 89  
Лист 90 з 90  
Лист 91 з 91  
Лист 92 з 92  
Лист 93 з 93  
Лист 94 з 94  
Лист 95 з 95  
Лист 96 з 96  
Лист 97 з 97  
Лист 98 з 98  
Лист 99 з 99  
Лист 100 з 100

				БДР.ПМ-096.03.000КП7		
Изм./Лист	№ докм.	Подп.	Дата	САПР чорнвої токарної операції та керуюча програма	Лист	Масштаб
Разраб.	Лехман В.Я.				11	
Проб.	Барцшак Л.О.					
Т.контр.	Барцшак Л.О.					
И.контр.	Барцшак Л.О.					
Этап	Панчик В.Г.					
					Лист	Листов 1
					ІФНТУНГ зр.ПМ-21-1К	
					Формат А1	