

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ  
Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Сміх Володимир Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.622

(індекс)

## МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Вдосконалення технології виготовлення деталі

Корпус букси 62.30.10.171

(назва роботи)

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Сміх В.В.

(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  
“Вдосконалення технології виготовлення деталі  
Кришка букси 62.30.10.171

Розрахунково-пояснювальна записка: 50 сторінок, 18 рисунків, 9 таблиць, 14 посилань.

Графічна частина: 6 аркушів формату А1.

Об’єкт дослідження – технологічні процеси механічної обробки деталей.

Предмет дослідження – Кришка букси 62.30.10.171.

Мета роботи – розробка сучасної технології виготовлення деталі – кришки букси - з використанням високоточних і продуктивних верстатів з ЧПК та механізованих і точних пристроїв.

В першому розділі магістерської роботи зроблено аналіз конструкції стійки і технології її виготовлення, а також можливостей застосування досягнень сучасної технології. Суть вирішення технологічного завдання полягає у застосуванні принципу концентрації операцій в умовах середньосерійного виробництва. Стало можливим застосувати тільки один багатоопераційний верстат з ЧПК та спеціальний верстатний пристрій.

В технологічній частині пояснювальної записки обчислено припуск на обробку площини роз’ємну кришки, аналітичним способом виконано розрахунок режимів різання. Розраховано вплив різних факторів на точність обробки циліндричної поверхні  $\varnothing 28$  мм.

В роботі застосований вертикальний фрезерний верстат з ЧПК та сучасні інструменти передових європейських фірм. Технологічна документація. Створені. Карти налагодження на різні види обробки.

У конструкторському розділі пояснювальної записки та графічної частини роботи спроектовано пристрої верстатний та контрольний і виконано їх складальні креслення.

В науково- дослідній частині роботи проведені частотні дослідження шпиндельного вузла.

**Ключові слова:** технологічний процес, операція, перехід, режим різання, припуск, фрезерно-сверлильно-розрочний, аналіз точності обробки, технічне нормування, верстатний пристрій, частотний аналіз.

Студент Сміх В.В.

## ABSTRACT

Of qualifying master's thesis "Improving the technology of manufacturing part Bushing cover 62.30.10.171"

Settlement note: 50 pages, 18 figures, 9 tables, 18 links.

Graphic part: 6 sheets of A1 format.

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

The subject of research is the Bushing cover 62.30.10.171.

The purpose of the work is the development of a modern technology for the production of a part - a bushing cover - using a high-precision and productive CNC machines and mechanized and precise devices.

In the first chapter of the master's work, an analysis of the design of the rack and its manufacturing technology, as well as the possibilities of applying the achievements of modern technology, were made. The essence of solving the technological task is to apply the principle of concentration of operations in conditions of medium-scale production. It became possible to use only one multi-operational machine with CNC and a special machine tool.

In the technological part of the explanatory note, the allowance for processing the plane of the connector cover is calculated, and the cutting modes are calculated analytically. The influence of various factors on the accuracy of processing a cylindrical surface of  $\varnothing 28$  mm was calculated.

The work uses a vertical milling machine with CNC and modern tools of leading European companies. Technological documentation. Debugging maps for various types of processing have been created.

In the design section of the explanatory note and graphic part of the work, the machine tool and control devices were designed and their assembly drawings were made.

In the scientific and research part of the work, frequency studies of the spindle assembly were carried out.

**Key words:** *technological process, operation, transition, cutting mode, allowance, milling-drilling, analysis of processing accuracy, technical standardization, machine tool, frequency analysis.*

Student Smikh V.

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

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра компютеризовано машинобудування

Освітній рівень магістр

Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

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

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Сміх Володимир Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Вдосконалення технології виготовлення деталі «Кришка  
букси 62.30.10.171» для середньосерійного типу  
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 05 грудня 2024 р.

3 Вихідні дані роботи креслення деталі, базовий технологічний процес

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. Створення  
керуючої програми для верстата з ЧПК Проектування верстатного пристрою  
для багатоопераційного верстата та контрольного. Науково-дослідний розділ –  
дослідження міцності деталей пристрою.

5 Перелік графічного матеріалу

Карти налагоджень на операції з ЧПК (2 арк. ф.А1), аналіз точності при  
обробці поверхні кришки (1 арк. ф.А1), конструкція верстатного пристрою (1  
арк. ф.А1), конструкція контрольного пристрою) (1 арк. ф.А1), результати  
науково-дослідного розділу(1 арк. ф.А1)



## ЗМІСТ

Вступ.....		2
1	Технологічна частина.....	
1.1	Опис і призначення конструкції деталі.....	
1.2	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	
1.3	Визначення річної програми випуску деталей .....	
1.4	Аналіз базового технологічного процесу виготовлення.....	
1.4.1	Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки.....	
1.4.2	Опис і аналіз базового технологічного процесу .....	
1.5	Проектний технологічний процес обробки деталі “Кришка букси 62.30.10.171.....	
1.6	Розробка операційної технології.....	
1.6.1	Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів.....	
1.6.2	Розрахунок режимів різання .....	
1.7	Аналіз точності механічної обробки.....	
1.8	Нормування технологічного процесу.....	
2	Конструкторська частина .....	
2.1	Проектування верстатного пристрою.....	
2.2	Розрахунок сили закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску.....	
2.3	Контрольний пристрій .....	
3	Науково-дослідна частина.....	
	Висновок.....	
	Список літератури.....	
3	Додатки.....	

					<i>МР.ПМКм-642.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Сміх В.В.			<i>Пояснювальна записка</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Борущак Л.О.					1	
Реценз.						<b>ІФНТУНГ</b>		
Н. Контр.		Борущак Л.О.				<b>ПМКм-23-1</b>		
Затверд.		Панчук В.Г.						

## Вступ

Базове підприємство ВАТ «ІФАЗ» - один з найбільших в Україні виробників трубопровідної арматури для підприємств енергетики, нафтогазового комплексу, хімічної промисловості, металургії й водопостачання.

Розроблювана тема відноситься до дросельної заслінки, що використовується при побудові нафтопроводів, а, власне, до виготовлення деталі «Кришка букси-62.30.10.171» – що є корпусною частиною цієї заслінки.

Мета роботи – розробка економічного техпроцесу виготовлення заданої деталі в умовах середньо-серійного виробництва в порівнянні з базовим.

Досягнення поставленої мети здійснюється застосуванням економічнішої заготовки, верстатів з ЧПК для концентрації операцій і забезпечення стабільності якості деталей; застосуванням спеціальних пристроїв з пневмоприводом та різальних інструментів, що забезпечує застосування прогресивних режимів різання у відповідності з високими можливостями застосованого обладнання .

					<i>MP.ПМКм-642.00.000 ПЗ</i>	А
3	А	№ докум.	Підпи	Д		

# 1. Технологічна частина

## 1.1 Опис і призначення конструкції деталі

Кришка відноситься до корпусних деталей.

Кришка є складовою частиною дросельної заслінки.

Кришка має коробчасту форму з циліндричними отворами в площині роз'єму.

Для кріплення кришки в площині роз'єму є 10 отворів діаметром 13,5 мм. В верхній частині кришки є дві бобишки, в яких є два отвори діаметром 23Н8, які є також базою «В». В цих отворах проточені канавки для ущільнювальних кілець. В бобиках є 4 отвори М6-7Н. Кришка виготовляється з сірого чавуну СЧ15-32 за ГОСТ1412-70

Хімісний склад СЧ 15-32 : C=3,5-3,7%, Si=2,0-2,4%, Mn=0,5-0,8%, P<0,2, S<0,15.

Фізичні характеристики матеріалу:

- межа міцності на розтяг  $\sigma_p = 15 \text{ кг/мм}^2$
- межа міцності на згин  $\sigma_{зг} = 32 / \text{мм}^2$
- твердість HB=163...229

Габаритні розміри деталі: 148мм x 321мм x 266мм

Таблиця 1.1 – Характеристика поверхонь кришки букси

№ пов.	Конфігурація та службове призначення поверхні	Розміри мм	Квалітет точності	Точність форми і розміщення	Шорсткість Ra мкм
1	Торець	58	h14		12,5
2	Радіусне заокруглення	6	h14		12,5
3	Отвір (10 шт.)	26	H14		12,5
4	Отвір (10шт.)	13,5	H14		12,5
5	Радіусне скруглення	8	h14		
6					

					МР.ПМКм-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







Для застосування прогресивних режимів різання, що допускаються технологічними можливостями верстатів, – шорсткість деталі достатня.

Крім восьми різбових отворів Ø8М6-кл.6 – всі кріпильні отвори наскрізні. Вони виконано глухими для забезпечення міцності деталі.

Всі глухі отвори можливо виконати наскрізними при зміні конструкції деталі

Крім різбових отворів 14,7,18, кріпильні отвори розташовані на достатній віддалі для їх обробки з багатошпindelними свердлильними головками, одночасно.

Для покращення умов складання та частково обробки в конструкції деталі передбачено фаски.

					МР.ПІМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3 Визначення програми випуску

Так як в заводському тех. процесі наведені лише дані про основний час то штучний час отримуємо за допомогою коефіцієнтів переведення с.147 [2]

Таблиця 2. – Трудомісткість операції

Назва і номер операції	Тшт, хв
005 Фрезерна	7,2
010 Фрезерна	5,7
015 Свердлильна	10,2
025 Токарна	8,0
025 Токарна	2,9
030 Фрезерна	6,1
035 Свердлильна	6,5
040 Свердлильна	7,2
045 Свердлильна	5,4
050 Свердлильна	6,3
055 Свердлильна	6,87
060 Свердлильна	4,2
065 Різьбонарізна	9,49

Знаходимо середній штучний час на одну операцію:

$$T_{\text{шт.сер}} = \frac{\sum_1^n T_{\text{шт.}}}{n} = \frac{86,06}{13} = 6,62 \text{ хв.}$$

Такт випуску деталей

$$t_{\text{в}} = K_3 \cdot T_{\text{шт.сер}}$$

$K_3=15$  для серійного виробництва

с. 15 [1]

$$t_{\text{в}} = K_3 \cdot T_{\text{шт.сер}} = 15 \cdot 6,62 = 99,3 \text{ хв.}$$

Річна програма випуску

$$N = \frac{F_{\text{д}} \cdot 60}{t_{\text{в}}} = \frac{3900 \cdot 60}{99,3} = 2356$$

Приймаємо 2400 шт.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ

Розрахункова кількість деталей в партії

$$n = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{735 \cdot 12}{251} = 35,13 \text{ шт}$$

Приймаємо  $n=116$  штук

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

$F$  – кількість робочих днів у році ,  $F=251$  днів.

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{\text{шт.сер}} \cdot n}{480 \cdot 0,8} = \frac{6,62 \cdot 116}{480 \cdot 0,8} = 1,91 \text{ зміни}$$

Приймаємо 2 зміни.

Прийнята кількість деталей в партії:

$$n_d = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{шт.сер}}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{6,62} = 116$$

Приймаємо  $n_d = 116$ шт.

Уточнюємо програму випуску для кратності її до партії запуску:

Число запусків

$$i = \frac{N}{n_d} = \frac{735}{36} = 8,8 = 9$$

Приймаємо  $i=9$  цикл.  $n=116$  шт  $N=750$  шт.

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

МР.ПІМКМ-642.00.000ПЗ

## **1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення**

### **1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки**

При виборі способу отримання заготовки в основному враховуються фактори, що впливають на технологічну та економічну сторони отримання заготовки. З економічної сторони спосіб отримання заготовки мусить бути найбільш дешевим. З технологічної сторони заготовка має мати мінімальні, але достатні для механічної обробки припуски так як це зменшує трудомісткість механічної обробки і підвищує коефіцієнт використання матеріалу.

Виходячи з креслення заданої деталі її конфігурації і матеріалу, класу точності вилівка (II клас) вибираємо – лиття в земляні форми з використанням машинної формовки в металічних опоках по металічним моделям, що є в даному випадку високопродуктивним і задовільним по точності і якості.

Технічні вимоги на вилівку по ГОСТ 1855-55 – II клас.

#### **Визначення маси заготовки і коефіцієнта використання матеріалу**

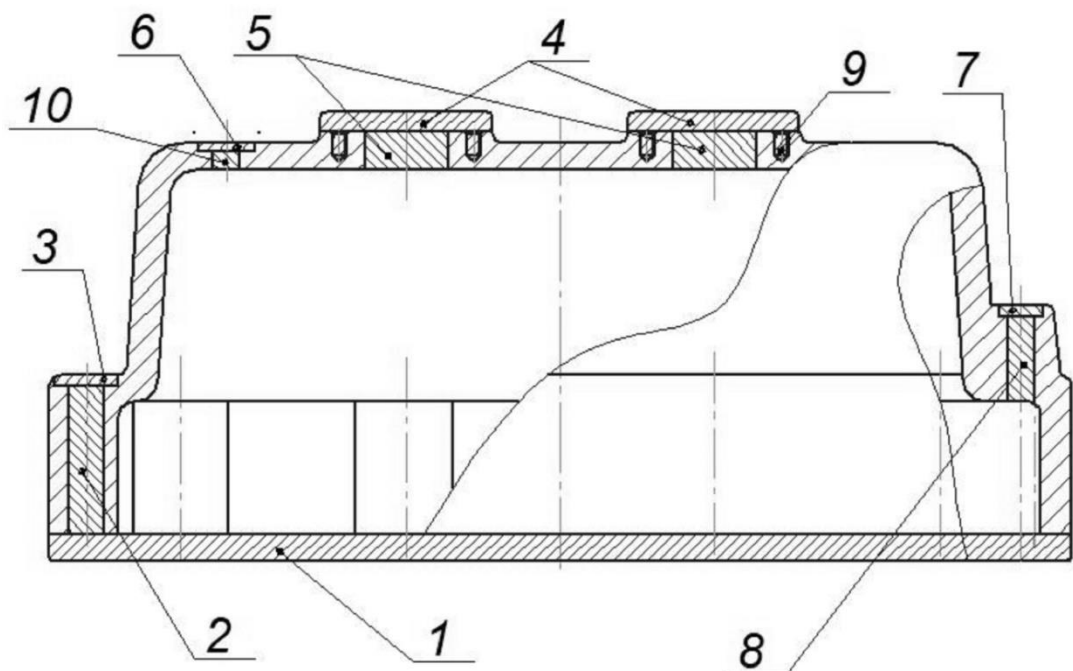


Рисунок 1.2 – Ескіз вилівка з припусками

					МП.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо вагу припусків по поверхням:

$$G = V \cdot \gamma$$

V- об'єм припусків

Об'єм визначаємо за елементарними поверхнями:

$$V_1 = \frac{\pi(D^2-d^2) \cdot H \cdot 2}{4} + a \cdot b \cdot H \cdot 2 + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot H \cdot 10 = \frac{3,14 \cdot (133^2 - 123^2) \cdot 2 \cdot 2}{4} +$$
$$+ 115 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 2 + \frac{3,14 \cdot 25^2}{4 \cdot 2} \cdot 10 \cdot 2 = 17544,4 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 13,5^2}{4} \cdot 55 = 7869 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 28^2}{4} \cdot 1 = 615,4 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 65^2}{4} \cdot 2 \cdot 2 = 13267 \text{ мм}^3$$

$$V_5 = \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H + \frac{\pi(D^2-d^2)}{4} \cdot H \right) \cdot 2 =$$
$$= \left( \frac{3,14 \cdot 23^2}{4} \cdot 16 + \frac{3,14 \cdot (33^2 - 23^2)}{4} \cdot 4 \right) \cdot 2 = 16804,2 \text{ мм}^3$$

$$V_6 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 25^2}{4} \cdot 2 = 981 \text{ мм}^3$$

$$V_7 = V_8 = V_6 = 981 \text{ мм}^3$$

$$V_9 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 9^2}{4} \cdot 16 = 1017,4 \text{ мм}^3$$

$$V_{10} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 9^2}{4} \cdot 6 = 382 \text{ мм}^3$$

$$V_{11} = \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H \right) 8 = \left( \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 10 \right) 8 = 1570 \text{ мм}^3$$

$$V_{12} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} \cdot 2 = 628 \text{ мм}^3$$

$$V_{13} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 9^2}{4} \cdot 13 = 827 \text{ мм}^3$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПІМКМ-642.00.000ПЗ

$$V_{\text{заг}} = 63468 \text{ мм}^3$$

*Вага припусків рівна:*

$$G_{\text{пр}} = V \cdot \gamma = 63468 \cdot 0,00785 = 0,5 \text{ кг}$$

*Вага заготовки рівна:*

$$G_{\text{заг}} = G_{\text{дет}} + G_{\text{пр}} = 7,6 + 0,5 = 8,1 \text{ кг}$$

*Коефіцієнт використання матеріалу:*

$$K = \frac{G_{\text{дет}}}{G_{\text{заг}}} = \frac{7,6}{8,1} = 0,93$$

					МР.ПІМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу

Таблиця 1.3 – Базовий техпроцес

№	Назва і зміст операції	Тип і модель верстата	Оснащення, пристрої
1	005 Фрезерна 1) Фрезерувати площину роз'єму	6P12	Пристрій
2	010 Фрезерна 1) Фрезерувати поверхню бобишек	6P12	Пристрій
3	015 Свердлильна 1) Свердлити 10 отворів Ø13,5 на прохід	2Н135	Кондуктор
4	025 Токарна 1) Свердлити отвір Ø18 на прохід 2) Розточити отвір попередньо 3) Розточити отвір Ø 23 попередньо 4) Розточити канавку	163	Планшайба
5	025 Токарна 1) Свердлити отвір Ø18 на прохід 2) Розточити отвір попередньо 3) Розточити отвір Ø 23 попередньо 4) Розточити канавку	163	Планшайба
6	030 Фрезерна Фрезерувати бобишку	6P81	
7	035 Свердлильна Свердлити отв. Ø9 <sup>+0,1</sup> на прохід витримуючи розмір 90±0,45	2Н135	
8	040 Свердлильна Свердлити 8 отв. Ø5 <sup>+0,1</sup> під різьбу М6 На глибину 12	2Н135	

					МР.ПМКм-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9	045 Свердлильна Свердлити отв. $\varnothing 9^{+0,1}$ на прохід витримуючи розміри 27 і 116	2Н135	Кондукторна втулка
10	050 Свердлильна Зенкувати $\varnothing 28$ в 10 отворах $\varnothing 13,5$ на глибину 1	2Н135	Підставка
11	055 Свердлильна Зенкувати зенкувати фаски 1x 45 в 8 отв. $\varnothing 5$ і 2 отв. $\varnothing 9$	2Н135	Підставка
12	060 Свердлильна Зенкувати зенкувати фаски 1x 45 в 2 отв. $\varnothing 9$ 2. Нарізати різьбу М10x1-7Н	2Н135	Підставка
13	065 Різьбонарізна 1.Нарізати різьбу М6 в 8 отворах 2. Прорізати різьбу М10x1 в 2 отворах	2Н112	Підставка

Існуючий техпроцес розроблений для умов дрібносерійного виробництва.  
Всі пристрої (існуючі) з ручними затискачами.

Нашу деталь можна обробити за два установи – спочатку обробити площину роз'єму деталей, а за другий установ (з протилежного боку) виконати обробку приливів, отворів та нарізати різьби.

Пропоную виконати обробку кришки на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК моделі застосувати пристрій з пневмозатиском, що дуже скоротить час на встановлення і знаття деталі.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПІМКМ-642.00.000ПЗ

## 1.5 Проектний технологічний процес обробки деталі

### “Кришка букси 62.30.10.171”

Щоб спроектувати новий технологічний процес, використовуємо робоче креслення і технічні умови на деталь, дані про тип виробництва та матеріали базового техпроцесу.

Нову технологію розробляємо з метою покращення якості деталі та скорочення затрат на виробництво.

У середньосерійному виробництві деталі класу корпус порівняно невеликих габаритів і ваги, хорошої технологічності (хороші технологічні бази, доступ до поверхонь, універсальний інструмент), можемо застосувати технологічні можливості фрезерно-свердлильних верстатів з ЧПК. При цьому для нашої деталі потрібно два установи на одному верстаті з використанням одного пристрою з пневмоприводом. Для одробки деталі вибираємо вертикальний фрезерно-свердлильний верстат з ЧПК мод. Vector 650 M HDH фірми KNUTH. Потужність приводу головного руху, величини технологічних переміщень по осях X,Y та Z, розміри стола та режими обробки задовольняють вимогам.

Можливе застосування універсального вертикально-фрезерного верстата для створення чистової установчої бази (площини роз'єму кришки), але цей перехід не потребує багато часу і його теж можна виконати на верстаті з ЧПК.

Таким чином, технологічний маршрут міститиме одну операцію. На першому установі фрезеруємо за два проходи площину роз'ємну кришки, а на другому установі виконуємо обробку двох площин приливів, свердління 10-ти отв Ø13,5 мм, восьми отв. Ø5,1, мм двох отв. Ø9 мм, цекування 10 отворів Ø20 мм, 8 отв.Ø5,1 мм і нарізання різьб М6, розточування двох отворів Ø28Н9 та двох канавок під ущільнюючі кільця Ø38 мм.

					МР.ПМКм-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибраний верстат і сучасні збірні інструменти із змінними пластинами забезпечать достатню продуктивність і високу точність обробки, в тому числі і завдяки дотримання принципу постійності і суміщення баз.

Таким чином, ми виконаємо обробку деталі на одному верстаті. При цьому відсутні транспортні витрати часу і засобів, економиться виробнича площа і верстатне обладнання. Нижче зображений зовнішній вигляд верстата і його технічні параметри.



*Vector 1000 M с ЧПУ Siemens Sinumerik 828D*

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

Таблиця 1.4 –Характеристики вертикального фрезерно-свердильного верстата Vector 650 М HDH

	Характеристика верстата	Числове значення
1	Головний шпиндель	
	Число обертів шпинделя	10000 об/хв
	Затиск шпинделя	SK 40

						МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

	Постійний крутний момент	63,7 Нм
	Привід шпинделя	Riemenantrieb
	Підшипник шпинделя	7012x4
2	Технологічний хід по осях	
	X	520 мм
	Z	700 мм
3	Прискорений хід	
	Прискорений хід по осях X/Y	36 м/хв
	Прискорений хід по осі Z	15 м/хв
4	Подача	
	Робоча подача, вісь X	10000 мм/хв
	Робоча подача, вісь Y	10000 мм/хв
	Робоча подача, вісь Z	10000 мм/хв
5	Потужність двигуна головного руху	7.5 кВт
6	Габарити	2,42x2,2x2,7 мм
	Маса верстата	4000 кг

Опис розробленого технологічного маршруту покажемо в таблиці 1.5.

Технологічні схеми обробки наведені нижче. З ескізів видно, що схеми базування заготовки не змінені.

					МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5 – Структура проектного технологічного процесу

№ операції	Обр. Поверхні деталі	Назва та зміст операції, Операційний ескіз	Верстат, пристрій, оснастка
005		Вертикально-фрезерна з ЧПК	Вертикальний фрезерно-свердлильний верстат з ЧПК мод. Vector 650 M HDH
	1	Установ 1 1.Фрезерувати торець 1 в р-р 60±0,38 мм	Пристрій з пневмозатиском
	2,3,4,6,7,8,10,11,12,13,	Установ 2 1. Фрезерувати два круглі приливи в р-р 146±0,15 мм пов.2 2. Свердлити 10 отв. Ø13,5 мм на прохід пов. 3 3.Цекувати 10 отв. Ø20мм на глибину 1,0 мм пов. 4 4. Свердлити 2 отв. Ø9,0 мм на прохід пов. 6,7 5. Цекувати 2 отв. Ø24мм на глибину 1,0 мм пов. 8 6. Свердлити 2 отв. Ø27,0 мм на прохід пов. 12. 7. Розточити 2 отв. Ø28H9 мм на прохід пов. 12. 8. Розточити дві канавки в розміри Ø38 мм, b=3,0 мм, 15° пов. 13. 9. Свердлити 8 отв. Ø5,1 мм на глибину 10 мм пов. 10. 10. Зенкувати 8 фасок в розмір 1 x45° пов.11. 12. Нарізати різьбу M16-7H на глибину 8 мм пов 20.	Пристрій з пневмозатиском

						МР.ПМКм-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

## Вибір баз

При визначенні технологічного процесу механічної обробки деталі одним з основних етапів є вибір технологічних баз, від яких залежить точність обробки деталі.

Технологічні бази бувають чорнові і чистові.

Чорновими базами є необроблені поверхні деталі, що використовуються для її установки в пристрої при обробці на першій операції. В якості чорнових баз потрібно приймати поверхні з яких в наступних операціях повинен зніматись рівномірний припуск, ці поверхні повинні бути чистими без задирок і ливників.

Керуючись цим приймемо за базу на першому установі операції площину уступа та бокові циліндричні поверхні кришки радіусом  $R134.5$  мм.

Чистовими базами є оброблені поверхні деталі, що використовуються для її установки при обробці на всіх наступних операціях. В якості чистових баз рекомендується використати основні (конструкторські) бази, які визначають положення деталі в машині.

В якості чистових баз приймемо оброблену поверхню роз'єму деталі та бокові циліндричні поверхні кришки радіусом  $R134.5$  мм.

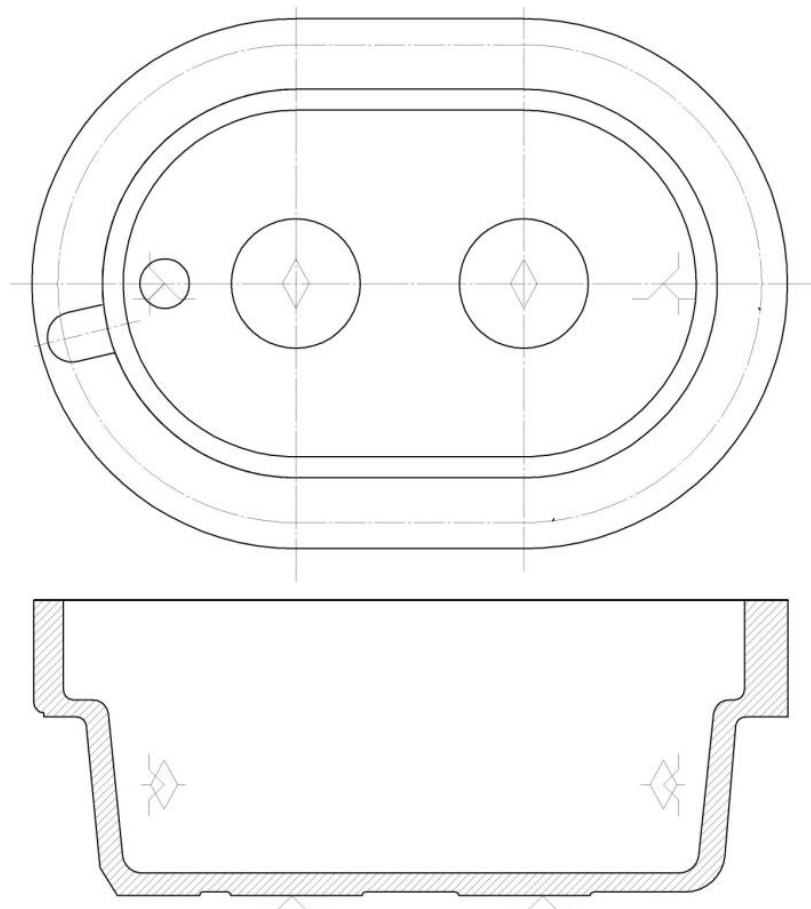


Рисунок 1.4 – Теоретична схема базування на 1 установ операції 005

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ

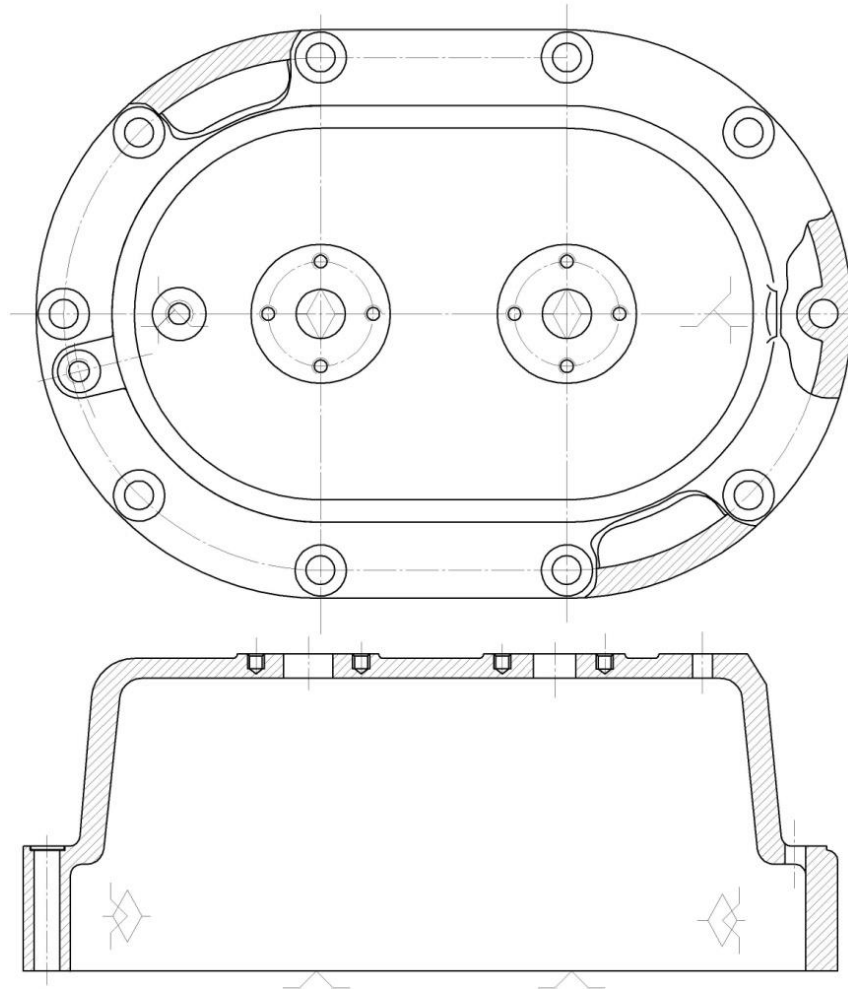


Рисунок 1.5 – Теоретична схема базування на 2 установов операції 005.

					МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.6 Розробка операційної технології

### 1.6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів.

Існує 2 методи визначення припусків на обробку:

- 1) Статистичний або табличний
- 2) Розрахунково-аналітичний

Другий більш точний, але і більш трудомісткий. Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають за конкретних умов виконання заготовки і її обробки, визначення величин елементів, що складають припуски і їх сумування.

Для визначення припуску при послідовній обробці протилежних поверхонь використовується формула:

$$Z_{imin} = R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

де  $Z_{imin}$  – мінімальний припуск на сторону на технологічний перехід, що виконується

$R_{zi-1}$  – висота мікронерівностей поверхні на попередньому переході.

$T_{i-1}$  – глибина дефектного шару, отриманого на попередньому переході

$\rho_{i-1}$  – сумарне значення просторових відхилень для елементарної поверхні на попередньому переході.

$\varepsilon_i$  – відхилення встановлення заготовки на верстаті

Проводимо розрахунок припусків на обробку торців кришки в розмір 148<sub>-0,53</sub>

Обробка проводиться послідовно по операціям:

- 1) Фрезерування площини роз'єму чорнове
- 2) Фрезерування площини бобишок

						МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

3) Фрезерування площини роз'єму чистове

Данні про стан поверхні заготовки по переходам:

А) заготовка

$$R_z + T = 800 \text{ мкм}$$

Б) фрезерування . Клас точності 5, клас чистоти 3.

$$R_z = 50 \text{ мкм}$$

$$T = 50 \text{ мкм}$$

При базуванні виливок на площину сумарне значення просторових відхилень визначається як:

$$\delta_{i-1} = \rho_{\text{кор}} = \Delta K \cdot L$$

$\Delta K$  - допустиме короблення мкм/мм

$L$  – найбільший розмір заготовки в мм

$$\Delta K = (0,7 \div 1) \text{ мкм/мм}$$

$$L = 381 \text{ мм}$$

Після фрезерування:

$$\rho'_{\text{кор}} = K_y \cdot \rho_{\text{кор}}$$

$K_y$ - уточню вальний коефіцієнт

$$K_y = 0,06$$

$$\rho'_{\text{кор}} = 0,06 \cdot 305 = 18 \text{ мкм}$$

Відхилення встановлення в пристроях  $\varepsilon_y$  є сумою похибки базування  $\varepsilon_6$  заготовки і її закріплення.

При обробці площин  $\varepsilon_6$  і  $\varepsilon_3$  сумуються арифметично:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_6 + \varepsilon_3$$

При співпаданні вимірної та установчої баз похибка базування  $\varepsilon_6 = 0$

При фрезеруванні похибка встановленні

$$\varepsilon_y = 75 \text{ мкм}$$

При шліфуванні деталь встановлюється на магнітну плиту, тому:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ

$$\varepsilon_3 = 0$$

Визначаємо розрахунковий припуск  $Z_{imin}$  по операціях:

1. Фрезерування чорнове

$$Z_{imin} = 800 + 305 + 75 = 180 \text{ мкм} = 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

2. Фрезерування півчистове

$$Z_{imin} = 800 + 305 = 1105 \text{ мкм} = 1,105 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

3. Фрезерування чистове:

$$Z_{imin} = 50 + 50 + 18 = 118 \text{ мкм} = 0,118 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Визначаємо розрахункові розміри по операціях.

1. Фрезерування чистове:

$$148 - 0,53 = 147,47 \text{ мм}$$

2. Фрезерування півчистове:

$$147,47 + 0,118 = 147,588 \text{ мм}$$

3. Фрезерування чорнове:

$$147,588 + 1,105 = 148,693 \text{ мм}$$

4. Заготовка:

$$148,693 + 1,180 = 148,873 \text{ мм}$$

По таблиці визначаємо допуски на операції:

1. Фрезерування чистове:

$$\delta = 530 \text{ мкм (по кресленню)}$$

2. Фрезерування півчистове:

$$\delta = 1000 \text{ мкм (клас точності 7)}$$

3. Фрезерування чорнове:

$$\delta = \frac{\delta_3 + \delta_{оп}}{2} = \frac{2000 + 0,53}{2} = 1265 \text{ мкм}$$

$\delta_3$  - допуск назаготовку

$\delta_{оп}$  - допуск на операцію = 0,53

4. Заготовка:

$$\delta = \pm 1000 \text{ мкм} = 2000 \text{ мкм} - \text{ГОСТ 1855-55}$$

					МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо граничні розміри по операціям. Мінімальні граничні розміри по операціям рівні розрахунковим розмірам по цим же операціям. Максимально граничні розміри отримані шляхом додавання до мінімальних граничних розмірів допусків на відповідні операції. Отримані розміри округлюються до точності допуску.

4. Фрезерування чистове:

$$147,47+0,53=148,0 \text{ мм}$$

5. Фрезерування півчистове:

$$147,6+1,00=148,6 \text{ мм}$$

6. Фрезерування чорнове:

$$158,7+1,3=150,0 \text{ мм}$$

4.Заготовка:

$$150,0+2,0=152,0 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків на операції

Максимальне значення припуску рівне різниці номінальних граничних розмірів виконуваної і попередньої операцій.

Максимальне значення припуску рівне різниці найбільших граничних розмірів виконуваної і попередньої операцій.

1. Фрезерування чистове

$$Z_{min} = 147,6 - 147,47 = 0,13 = 130 \text{ мкм} = 0,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$Z_{max} = 148,6 - 148,0 = 0,6 = 600 \text{ мкм} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Фрезерування півчистове

$$Z_{min} = 148,7 - 147,6 = 1,1 = 1100 \text{ мкм} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$Z_{max} = 150,0 - 148,6 = 1,4 = 1400 \text{ мкм} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

2. Фрезерування чорнове:

$$Z_{min} = 150,0 - 148,7 = 1,3 = 1300 \text{ мкм} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$Z_{max} = 152,0 - 150,0 = 2,0 = 2000 \text{ мкм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Всі данні розрахунку заносимо в таблицю:

					МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6 - Припуски на між операційні розміри на обробку поверхонь

Технологічні операції і переходи	Розмір, мм	Шорсткість $R_a$ , мкм	Квалітет точності	Допуск мкм	Граничні розміри, мм		$Z_{max}$ мкм
					Найбільший	Найменший	
Обробка поверхні рознімання							
Заготовка	152	-		2000	150	152	
Фрезерування чорнове	150	6,3	14	1300	148,7	150	2000
Фрезерування півчистове	148,6	6,3	11	1000	147,6	148,6	1400
Фрезерування чистове	148	1,6	8	530	147,7	148	600
Разом							4000

						МР.ПІМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

## 1.6.2 Розрахунок режимів різання.

Вибір режимів різання полягає в визначенні для даних умов обробки глибини різання, числа проходів подачі, швидкості різання, частоти обертання і потрібній потужності.

Розрахунок режимів різання проводимо згідно розробленому маршруту з врахуванням розмірів, заданих по кресленню і отриманих в результаті розрахунку припусків.

Режими різання вибираємо по таблиці, а на перший установ операції визначаємо аналітичним способом.

### 005 Фрезерна

1. Фрезерувати площину роз'єму витримуючи розмір 156<sub>-0,4</sub>.

Обробка проводиться на вертикально-фрезерному верстаті 6Р13Б в спеціальному пристрої. Деталь базується по R133 і площині уступа.

Різальний інструмент: Фреза торцьова насадна оснащена твердими сплавами по ГОСТ 8529-69

$D=320$ ;  $\varphi=45^\circ$ ;  $z=18$ .

Матеріал пластинки ВК8.

Глибина різання дорівнює

$T=2,0$  мм.

Подача:  $S_z = 0,25 \div 0,38$  мм/зуб

$$S^{\text{мм/об}} = S_z \cdot Z = 0,25 \cdot 18 = 4,5 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання визначаю по формулі:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{qv}}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S_z^{Yv} \cdot B^{Uv} \cdot Z^{Pv}} \cdot K_v$$

$D=320$ мм – діаметр фрези

$T=420$ мм – стійкість фрези

$B=52$  мм – ширина фрезерування

$Z=18$  – число зубці фрези

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ

$K_v$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$C_v = 445$$

$$q_v = 0,2$$

$$X_v = 0,15$$

$$Y_v = 0,35$$

$$U_v = 0,2$$

$$P_v = 0$$

$$M=0,32$$

$$K_v = K_{Mv}K_{Nv}K_{Uv}K_{\varphi v}$$

$K_{Mv}$  - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,25}$$

$$K_{Mv} = 1,0$$

$K_{Nv}$  - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки

$$K_{Nv} = 0,8 \div 0,85$$

$$K_{Nv} = 0,8$$

$K_{Uv}$  - коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал

$$K_{Uv} = 0,83$$

$K_{\varphi v}$  - коефіцієнт, що враховує величину головного кута в плані  $\varphi$ .

$$K_{\varphi v} = 1,6$$

$$K_v = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,6 = 1,06$$

$$V = \frac{445 \cdot 320^{0,2} \cdot 1,06}{420^{0,32} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,3^{0,35} \cdot 52^{0,2} \cdot 18^0} = 156 \frac{\text{м}}{\text{мм}} = 2,6 \text{ м/с}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя станка, що відповідає розрахунковому значенню швидкості різання:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} \text{ об/мм}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 156}{3,14 \cdot 320} = 155 \text{ об/мм} = 2,58 \text{ с}^{-1}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ

Коректуємо частоту обертання по верстату:

$$n_{ст} = 125 \text{ об/мм} = 2,1 \text{ с}^{-1}$$

Дійсна швидкість різання дорівнює:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 320 \cdot 125}{1000} = 125 \text{ м/мм} = 2,1 \text{ м/с}$$

Визначаємо величину колової сили:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{xp} \cdot S^{yp} \cdot B^{Up} \cdot Z}{D^{qp} \cdot n^{\omega p}} \cdot K_p$$

Z – число зубців фрези

n - частота обертання

K<sub>p</sub> – поправочний коефіцієнт на силу різання

$$C_p = 54,5$$

$$X_p = 0,9$$

$$Y_p = 0,74$$

$$U_p = 1,0$$

$$\omega_p = 0$$

$$q_p = 1,0$$

$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{HB^{Np}}{120} \right) = 1$$

$$P_z = \frac{54,5 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,3^{0,74} \cdot 100^{1,0} \cdot 18}{320^{1,0} \cdot 125^0} = 2360 \text{ Н}$$

Ефективну потужність при фрезеруванні визначаємо за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} \text{ кВт}$$

$$N_e = \frac{236 \cdot 125}{102 \cdot 60} = 3,9 \text{ кВт}$$

Потужність двигуна N<sub>дв</sub> = 13 кВт

N<sub>e</sub> < N<sub>дв</sub>

					МР.ПІМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.7 Аналіз точності механічної обробки.

Вихідні дані:

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

Матеріал деталі: СЧ15-32 за ГОСТ1412-70.

Різальний інструмент: різець розточний державковий 2142-0327 T15K6  
ГОСТ 9795–84.

Матеріал ріжучої частини: твердий сплав ВК8 із зносостійким покриттям.

Пристрій: із пневмозатиском заготовки призмами

Геометричні параметри інструменту:  $\varphi = 90^\circ$ ;  $\varphi_1 = 10^\circ$ ;  $\gamma = 0^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ .

Оброблювана поверхня: внутрішня циліндрична  $\varnothing 28H8$  мм.

Ескіз обробки приведено на арк. 1 графічної частини.

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.

$\Delta_i$  – похибка від розмірного спрацювання різця.

$\Delta_m$  – похибка від теплового спрацювання різця.

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

Схема технологічного розмірного ланцюга показана на рисунку 3 графічної частини.

					МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формули для розрахунку похибки, значення параметрів, від яких залежить похибка та джерела інформації, а також результати розрахунку зведені в таблицях 1.6, 1.7 та 1.8.

Таблиця 1.6 – Розрахунок похибки обробки

Формули та розрахунку похибки розробки	Параметри, що впливають на похибку обробки	Значення параметрів та джерело інформації
$\Delta'_{\epsilon R} = a'/2 = 0,010/2 = 0,005 \text{ мм}$  $\Delta''_{\epsilon R} = a''/2 = 0,030/2 = 0,015 \text{ мм}$  $\Delta_{\epsilon R} = \Delta'_{\epsilon R} + \Delta''_{\epsilon R} = 0,02 \text{ мм}$	$a'$ – постійність діаметра зразка в поперечному перетині, мм; $a''$ – постійність діаметра зразка в поздовжньому перетині, мм;	$a' = 0,010 \text{ мм}$  $a'' = 0,030 \text{ мм с.32 [9]}$
$\Delta_{HR} = \sqrt{(\Delta_{\epsilon UM}/2)^2 + \Delta_p^2} =$ $= \sqrt{0,035^2 + 0,005^2} = 0,0061$	$\Delta_{\epsilon UM}$ – похибка вимірювання, мм; $\Delta_p$ – похибка регулювання положення різця, мм	$\Delta_{\epsilon UM} = \pm 0,0035$ ([9], табл. 18, с. 565) $\Delta_p = 0,005$ ([5], табл. 26, с. 71)
$\Delta_{YR} = 11 \cdot C_p \cdot S^{Y_{py}} \cdot V^{n_{py}} \cdot K_p \cdot$ $\cdot (t_{\max}^{X_{py}} - t_{\min}^{X_{py}}) \cdot \omega = 11 \cdot 54 \cdot 0,134^{0,75} \cdot$ $\cdot 71^0 \cdot 0,47 \cdot (4,8^{0,9} - 4,41^{0,9}) \cdot$ $\cdot 0,058 = 18,62 \text{ мкм} = 0,0186 \text{ мм}$	$S, V, t_{\max}, t_{\min}$ – режими різання; $K_p$ – поправочний коефіцієнт; $C_p, Y_{py}, n_{py}, X_{py}$ – коефіцієнти і показники степенів для визначення $P_y, H;$ $\omega$ – податливість системи ВПД, мкм/Н;	$S = 0,134 \text{ мм/об}; V = 71 \text{ м/хв}; t_{\max} = 0,20 \text{ мм};$ $t_{\min} = 0,11 \text{ мм}$ – дані отримані на попередніх етапах розробки процесу обробки. $C_{py} = 243; X_{py} = 0,9;$ $Y_{py} = 0,6;$ $n_{py} = -0,3$ ([6], табл. 22, с. 237) $\omega_{it} = 0,029 \text{ мкм/Н}$ ([5], с. 30) $K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi_{py}} \cdot K_{\gamma_{py}} \cdot K_{\lambda_{py}}$ $K_{MP} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^n = \left(\frac{441}{750}\right)^{0,75} = 0,67;$ де $n = 0,75$ ([6], табл. 9, с.264). $K_{\varphi_{py}} = 0,5; K_{\gamma_{py}} = 1,4;$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ

Арк.



Таблиця 1.7 – Результати розрахунку систематичної похибки в мкм

$\tau$ , хв	0	2	4	8	12	16	20	30	40	60	80
$\Delta_i$											
$\Delta_m$											
$\Delta_{сист} = 2 \cdot (\Delta_i - \Delta_m)$											

$$C_j = (\Delta_j / \Delta_{сист}) \cdot 100\%, \text{ де } \Delta_j - \text{величина } j\text{-ої похибки.}$$

Результат розрахунку  $C_j$  приведені в таблиці 1.17 на підставі котрих побудована гістограма похибок обробки рисунок 4 графічної частини.

Таблиця 1.8 – Результати розрахунку  $C_j$

Позначення похибки $\Delta_j$	$\Delta_v$	$\Delta_n$	$\Delta_y$	$\Delta_{mn}$	$\Delta_i$	$\Delta_m$	$\Delta_{сист}$
Значення похибки $\Delta_j$							
$C_j$ , %							

## 1.8 Нормування технологічного процесу.

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n_{\delta}}, \text{ хв.}$$

Штучний час  $T_{шт} = T_{он} + T_{обс} + T_{пер}$ , хв.

Оперативний час  $T_{он} = T_0 + T_{\delta}$ , хв,

$n_{\delta}$  – число деталей у партії,  $n_{\delta} = 120$  шт.

Допоміжний час  $T_{\delta} = T_{вст} + T_{упр} + T_{вим}$ , хв,

де,  $T_{вст}$  – час на встановлення та зняття деталі, хв;

$T_{упр}$  – час на управління верстатом, хв;

$T_{вим}$  – час на вимірювання, хв;

$T_{обс}$  – час на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{пер}$  – час ненормованих перерв, хв.

Як правило,  $(T_{обс} + T_{пер})$  задають в процентах від оперативного часу, ( $P_{обс} + P_{пер}$ ).

$T_{н.з.}$  – підготовчо заключний час, хв;

$$T_{н.з.} = T_{н.з.1} + T_{н.з.2} + T_{н.з.3}, \text{ хв,}$$

де  $T_{н.з.1}$  – час на комплекс прийомів на наладку верстата, пристрою, інструменту, хв;

$T_{н.з.2}$  – час на прийоми, що не увійшли в  $T_{н.з.1}$ , хв, – до нього відноситься час на отримання до початку роботи і здачі в її кінці техдокументації, інструментів, пристроїв і інструментаж майстра, тощо.

$T_{н.з.3}$  – час на пробну обробку деталі, – відноситься до верстатів з ЧПК, автоматів, тощо.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ

Приклад визначення норм часу.

I. Фрезерна операція

Визначаємо основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{l \cdot l_1 \cdot l_2}{S_M} \text{ хв,}$$

Де  $l$  - довжина обробки в мм

$$l = 381 \text{ мм}$$

$l_1$  - врізання в мм

$$l_1 = 67 \text{ мм}$$

$l_2$  - перебіг

$$l_2 = 5 \text{ мм}$$

$S_M$  - хвилинна подача столу, мм/хв.

$$S_M = S_Z \cdot Z \cdot n$$

$S_Z = 0,25$  мм/зуб – подача на зуб

$Z = 18$  – число зубів

$n = 25$  об/хв – частота обертання

$$S_M = 0,3 \cdot 18 \cdot 25 = 135 \text{ мм/хв}$$

Коректуємо по верстату:

$$S_M = 500 \text{ мм/хв}$$

Звідси:

$$T_0 = \frac{381 + 67 + 5}{500} = 0,91 \text{ хв} = 54,6 \text{ с}$$

Визначаємо допоміжний час:

$$t_{\text{шт}} = t_0 \cdot t_{\text{в}} \cdot t_{\text{обе}} \cdot t_{\text{ор}}$$

$t_{\text{шт}}$  – штучний час

$t_{\text{в}}$  - допоміжний час

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{вим}}$$

$t_{\text{уст}}$  - час на встановлення і зняття деталі

$$t_{\text{уст}} = 1 \text{ хв}$$

					МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{\text{пер}}$  – допоміжний час зв'язаний з переходом

$$t_{\text{пер}} = 0.16 \text{ хв}$$

Час переміщення стола:

$$t_{\text{пер}} = \frac{453}{4600} = 0,1 \text{ хв}$$

Сумарний час зв'язаний з переходом:

$$t_{\text{пер}} = 0,16 + 0,1 = 0,26 \text{ хв}$$

$t_{\text{вим}}$  – допоміжний час на вимірювання

$$t_{\text{вим}} = 0,16 \text{ хв}$$

Звідси:

$$t_{\text{доп}} = 1 + 0,16 + 0,16 = 1,42 \text{ хв} = 85,4 \text{ с}$$

$t_{\text{обсл}}$  - час на обслуговування робочого місця

$t_{\text{обсл}} = 5\% t_{\text{опер}}$  - при роботі фрезами з твердого сплаву

$t_{\text{ф}}$  - час на відпочинок і природні потреби

$$t_{\text{ф}} = 4\% t_{\text{опер}}$$

Звідси :

$$t_{\text{обсл}} + t_{\text{ф}} = \frac{0,91 + 1,42}{100} 9\% = 0,21 \text{ хв} = 12,6 \text{ с}$$

Звідси норма штучного часу дорівнює:

$$t_{\text{шт}} = 0,91 + 1,42 + 0,21 = 2,54 \text{ х - в} = 152,5 \text{ с}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час:

1. Час на наладку верстата – 18 хв
2. Час на встановлення фрези – 2 хв
3. Час на отримання інструменту та пристрою – 10 хв

Звідси:

					МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{п.з.} = 18 + 2 + 10 = 30 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$t_{п.з.} = t_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}$$

n – оптимальна кількість деталей в партії для оптимального запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{F} \text{ шт.},$$

Де N – річна програма випуску

F - Число робочих днів в році

a - Необхідний запас деталей на складі

a= 2 дні

$$n = \frac{1500 \cdot 2}{260} = 12 \text{ штук}$$

Тоді

$$T_{шт.к} = 2,54 + \frac{30}{12} = 5,04 \text{ хв} = 302 \text{ с}$$

Таблиця 1.9 – нормування технологічного часу операції

№ пере ходу	Номер установу Назва переходу	$T_0$ , хв	$T_0$ , хв	$T_{шт}$ , хв	$T_{п.з.}$ , хв	$T_{шт.к}$ , хв
	Установ 1					
1	Фрезерний	0,91	1,42	1,54	30	2,63
	Установ 2					
2	Фрезерний	0,35	1,21	1,7	30	1,7
3	Свердлильний	6,5	4,48	7,84	47,2	9,86
4	Свердлильний	0,21	0,81	1,08	14	1,12
5	Свердлильний	0,24	0,19	3,4	17	3,45
6	Розточний	0,46	0,18	2,08	25	2,15
7	Розточний	0,68	0,06	1,36	14	1,48
8	Свердлильний	0,25	0,06	1,56	14	1,4
9	Зенкерувальний	0,2	0,08	1,52	14	1,56
10	Різьбонарізний	0,32	0,08	1,51	14	1,55
	Всього	20,33		22,08		39,11

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ



## 2.2 Розрахунок сили закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску.

Розрахунок сили затиску

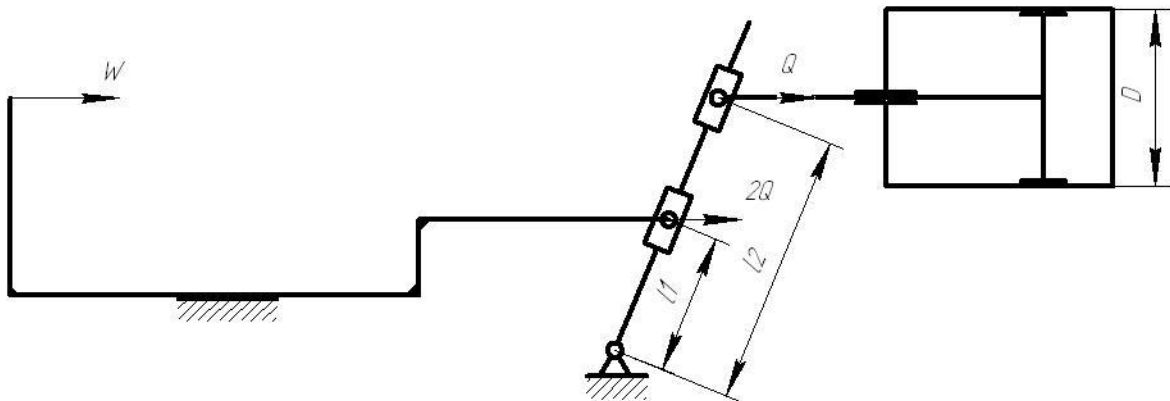


Рисунок 2.1 Схема затиску заготовки

Сила затиску деталі повинна бути рівна:

$$W = \frac{K \cdot M \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{f \cdot D}$$

K- коефіцієнт запаса

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 3,1$$

$K_0$  - гарантований коефіцієнт запаса при всіх випадках обробки

$K_1$ - коефіцієнт, що залежить від виду поверхні деталі

$K_2$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні інструмента

$K_3$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при обробці перерivistих поверхонь

$K_4$  – коефіцієнт, що враховує постійність сили затиску, що утворюється силовим приводом пристрою

$K_5$  – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що намагаються повернути деталь навколо своєї осі.

$f=0,25$  – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях

$\alpha = 130^\circ$  - кут призми

$D=266$  мм діаметр деталі

M – крутний момент

$$M = \frac{P_z \cdot \omega}{2 \cdot 1000} = \frac{236 \cdot 320}{2 \cdot 1000} = 380H$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ

$$W = \frac{3,1 \cdot 3,8 \cdot \sin 65^\circ}{0,25 \cdot 0,266} = 16000H$$

Звідси зусилля на штоці пневмоциліндра:

$$Q = \frac{W \cdot l_1 \cdot \eta}{l_1 + l_2}$$

$l_1 = 45$  мм – довжина важеля

$l_2 = 65$  мм - довжина важеля

$W = 16000H$  – необхідна сила зажима

$\eta = 0,95$  - ККД ричала

$$Q = \frac{1600 \cdot 45 \cdot 0,95}{45 + 65} = 6200H$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндра:

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

$P = 4$  кг/см<sup>2</sup> – розрахунковий тиск повітря

$\eta = 0,9$  ККД пневмоциліндра

$$D = \sqrt{\frac{620 \cdot 4}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,9}} = 15 \text{ см} = 0,015 \text{ м}$$

Прийmemo  $D = 160$  мм

						МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

### *Розрахунок на міцність*

Перевіряємо вісь 3 на зріз

Діаметр осі 7 мм.

Сила яка діє на зріз  $P=1600\text{Н}$

Превіряємо

$$\tau = \frac{P}{\frac{\pi}{4}d^2i}$$

Де  $i$  – число площин зрізу.

$$\tau = \frac{1600}{\frac{\pi}{4}0,007^2 \cdot 2} = 20,79 \cdot 10^6 \text{Па} < 50 \text{МПа}$$

### *Розрахунок на точність*

При призначенні допусків на виготовлення пристрою вихідною є допустима похибка обробки  $\delta_1$

$$\delta < \delta_1$$
$$\delta < \delta_1 - \delta_{\text{ст}} - \delta_{\text{уст}} - \delta_{\text{упр}}$$

, де

$\delta_1$  - відповідна допустима похибка розміщення оброблюваних поверхонь заготовки по кресленню

$$\delta_1 = 0,4 \text{ мм}$$

$\delta_{\text{ст}}$  - геометричні похибки верстатів, що впливають на величину  $\delta_1$  (перпендикулярність поверхні стола осі шпинделя)

$$\delta_{\text{ст}} = 0,01 \text{ мм на } 100 \text{ мм}$$

$$\delta_{\text{ст}} = 0,01 \cdot 3,81 = 0,04 \text{ мм}$$

$\delta_{\text{уст}}$  - похибка встановлення пристрою на верстат

$$\delta_{\text{уст}} = 0,02 \text{ мм}$$

$\delta_{\text{упр}}$  - похибки положення заготовки в результаті пружної деформації пристрою під впливом зусилля затиску

$$\delta_{\text{упр}} = 0,03 \text{ мм на } 100 \text{ мм}$$

$$\delta_{\text{упр}} = 0,03 \cdot 7,0 = 0,21 \text{ мм}$$

$$\delta < 0,4 - 0,04 - 0,02 - 0,21 = 0,1 < 0,14$$

Отже площинність двох кронштейнів має бути менше 0,14 мм

						МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

### 2.3 Контрольний пристрій.

Контрольний пристрій призначений для контролю міжцентрової відстані  $115 \pm 0,1$ .

Пристрій складається з корпусу 4, у якому виконані поздовжні пази під пробки 8 та вставки 2 і 3. Вставки з'єднуються з пробками гвинтами 11 і 12. Пробки і вставки ковзають торцями буртиків по горизонтальних поверхнях пазів корпусу. Ліва пара пробка-вставка зафіксована в отворі тяги 7, яка переміщається в отворі корпусу. Тяга відтискається вправо пружиною 14, яка закрита від випадання пробкою 13. Зліва на корпусі гвинтами 10 кріпиться тримач 6 з вставкою 5, у якому гвинтом 9 зафіксований стрілковий індикатор 1. Наконечник індикатора контактує з циліндричною поверхнею лівої вставки 2.

Пробки виготовлені з конусністю базуючих поверхонь 1:50.

Робота пристрою полягає в наступному: Деталь встановлюється на контрольному столі на площину роз'єму. В один з отворів деталі вставляється конічна пробка 8 з приєднаною до неї вставкою . В другий отвір вставляється інший конічний палець. В корпусі 4 встановлений індикатор, за яким ми отримуємо результати замірів.

Попередньо індикатор настроєний на «0» за спеціальним шаблоном.

Так як пробки 8 4 виготовлені з конусом то допуски виготовлення отворів 28H8не будуть впливати на контроль міжцентрової відстані, яка вимірюється.

Визначення придатності деталі.

Сумарна похибка вимірювання за методикою с. 551 ([4]):

$$U_{\Sigma} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + U_5^2 + U_6^2}, \text{ мкм.}$$

де  $U_1$  – похибка засобів вимірювання,  $U_1 = \sqrt{U_{1.1}^2 + U_{1.2}^2}$

$U_{1.1} = 0,0035$  мкм ([4], ст. 562)- похибка індикатора.

$$U_{1.2} = 0$$

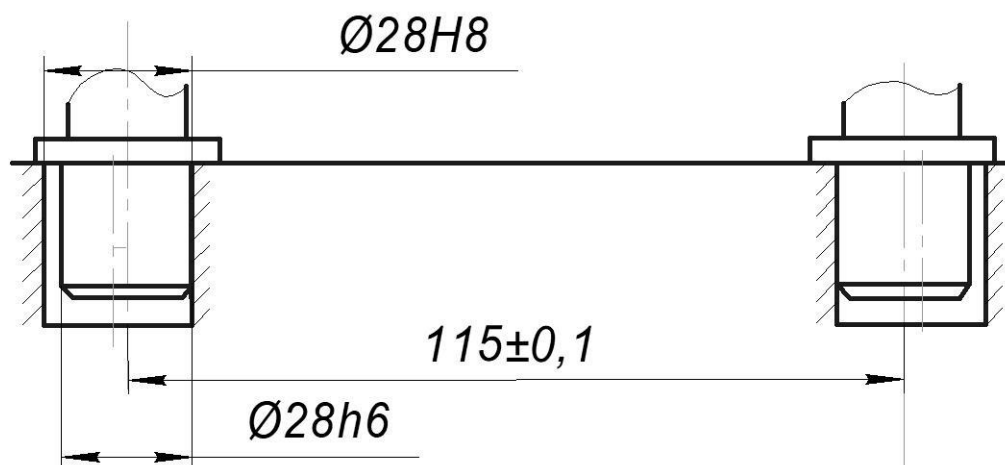
$$U_1 = U_{1.1} = 0,0035 \text{ мм.}$$

$U_2$  - похибка методу вимірювання.

						МР.ПМКм-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$U_2 = \sqrt{U_{2.1}^2 + U_{2.2}^2 + U_{2.3}^2 + U_{2.4}^2 + U_{2.5}^2 + U_{2.6}^2}, \text{ МКМ}$$

$U_{2.1}$  – похибка базування;



Отже похибка пристрою рівна

$$U_{2.1} = 0,052 - (-0,013) = 0,065 \text{ мм};$$

$U_{2.2}$  – похибка від неповного охоплення вимірюваної поверхні.

$$U_{2.2} = 0.$$

$U_{2.3}$  – похибка від невиключеного впливу шорсткості вимірювальної поверхні;

$$U_{2.3} = 0,0063 \text{ мм.}$$

$U_{2.4}$  – похибка від невиключеного впливу відхилення форми вимірюваної поверхні;

$$U_{2.4} = 0.$$

$U_{2.5}$  – похибка від нестабільного характеру вимірювання відхилення форми та розташування;

$$U_{2.5} = 0.$$

$U_{2.6}$  – інші не виявлені похибки;

$$U_{2.6} = 0.$$

$$U_2 = \sqrt{0,065^2 + 0,0063^2} = 0,0653 \text{ мм.}$$

$U_3$  – температурна похибка;  $U_3 = 0.$

$U_4$  – похибка від вимірюваного зусилля;  $U_4 = 0.$

$U_5$  – суб'єктивна похибка оператора, залежить від досвіду і кваліфікації.

						МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Приймаємо 0,5 поділки індикатора.

$$U_5 = 0,001 \text{ мм.}$$

$U_6$  – інші, невиявлені похибки.

$$U_\Sigma = \sqrt{0,0035^2 + 0,0653^2 + 0,0001^2} = 0,0654 \text{ мм.}$$

Заокруглюємо до більшого значення, в зв'язу з можливою наявністю невиявлених похибок.  $U_\Sigma = 0,07 \text{ мм.}$

Визначення придатності деталі:

де  $T_\delta$  – допуск деталі, мм;  $T_\delta = 0,2 \text{ мм.}$

$$T_{\text{вим}} = T_\delta - U_\Sigma = 0,2 - 0,07 = 0,13 \text{ мм.}$$

Деталь придатна, якщо різниця показників вимірювального приладу не більше 0,13 мм

					МР.ПІМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 Науково-дослідна частина

Визначення частотних параметрів шпиндельного вузла фрезерного верстата з ЧПК

Об'єкт дослідження: інструментальний вузол, що складається з шпинделя, перехідної втулки та кінцевої збірної фрези.

Мета дослідження: визначення резонансних частот зібраного шпиндельного вузла.

Засоби для виконання досліджень: прикладні САЕ програми твердотілого 3D моделювання та проведення частотних досліджень – визначення резонансних частот коливань елементів конструкцій.

Вихідні дані для досліджень: креслення деталей шпиндельного вузла – власне шпинделя, перехідної втулки та збірної торцевої фрези з конічним хвостовиком типу FKR/L 15 17 32 52 16 з механічним кріпленням прихватами металокерамічних п'ятигранних пластинок фірми Takimsas (Туреччина).

Одним з основних параметрів якості поверхонь металів є параметр шорсткості. Для чорнових проходів цей показник не критичний, а для чистових проходів повинен строго дотримуватись. Погана якість обробленої поверхні, втому числі і збільшена шорсткість, можуть стати наслідком виникнення паразитних вібрацій в системі верстат – пристрій – інструмент – деталь. Водночас небажані вібрації призводять до прискореної втрати працездатності різальних інструментів.

Суттєве погіршення якості поверхонь наступає при резонансі елементів чи вузлів системи.

Спроектований нами технологічний процес включає обробку площини роз'єму та приливів на зворотньому боці кришки торцевою тризубою фрезою.

Умови різання складні з причини переривчастого контакту зубів фрези із заготовкою. За таких обставин при числі зубів фрези  $z = 3$  підвищена вібрація шпиндельного вузла може призвести як до підвищеної шорсткості поверхні, так і до можливої поломки твердосплавних пластин інструменту.

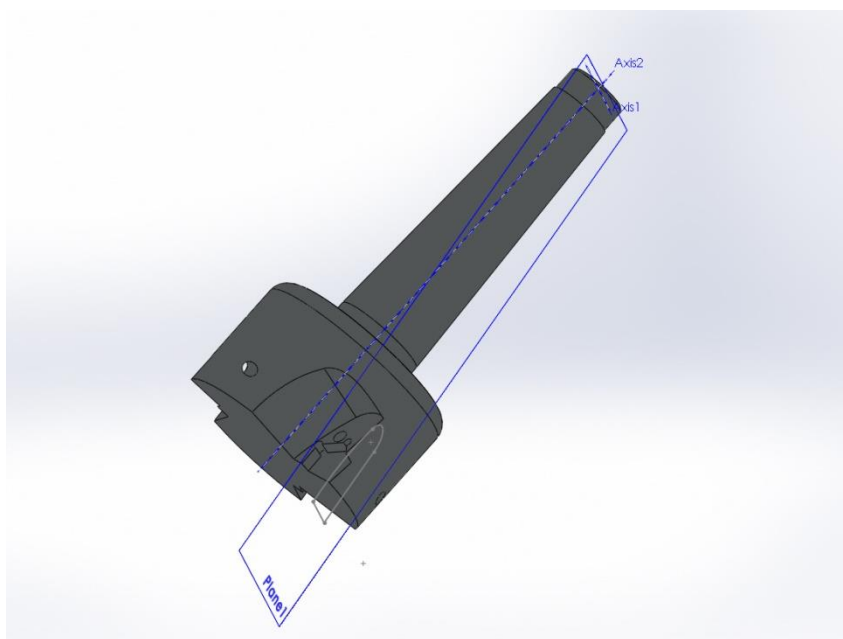
Послідовність виконання роботи така:

						МР.ПМКм-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

- За ескізами складових вузла робимо їх віртуальні моделі;
- Задаємо механічні властивості матеріалів для зроблених моделей;
- Визначаємо характер контакту поверхонь компонентів шпиндельного вузла між собою;
- Накладаємо рухомі зв'язки між підшипниковими поверхнями шпиндельного вузла і його опорами;
- Накладання жорстких контактів між контактними поверхнями шпонкових пазів шпинделя і власне шпонками;
- Прикладання сил різання до передньої поверхні інструменту (пластинки);
- Генерація сітки скінченних елементів у деталях вузла;
- Налаштування процесора на потрібну математичну програму;
- Виконання потрібних обчислень з отриманням п'яти основних значень резонансних частот і просторових епюр деформацій деталей.

Створимо моделі деталей збірки шпиндельного вузла. Вони зображені на рис.3.1 – 3.4.

Спершу виконуємо моделі корпусу фрези, потім позитивних різальних пластинок, прихватів, а опісля робимо збірку (рис. 3.1 – 3.2).



а)

					МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

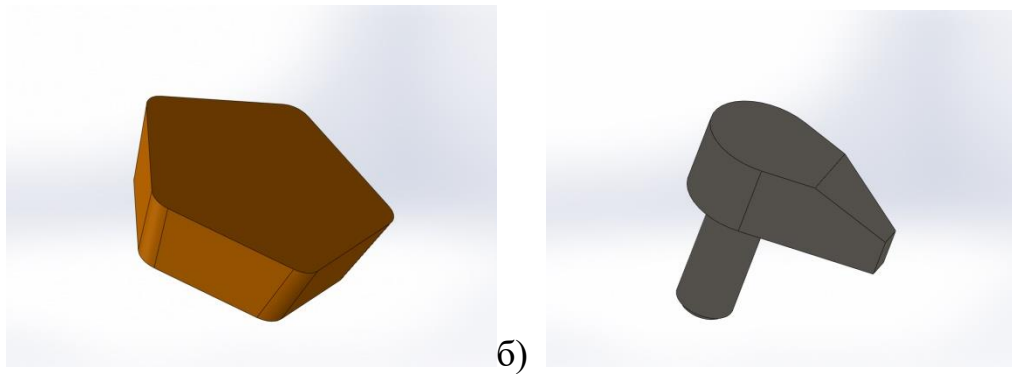


Рис.3.1 – 3D – моделі корпуса (а), різальної пластинки (б) та прихвата (в)

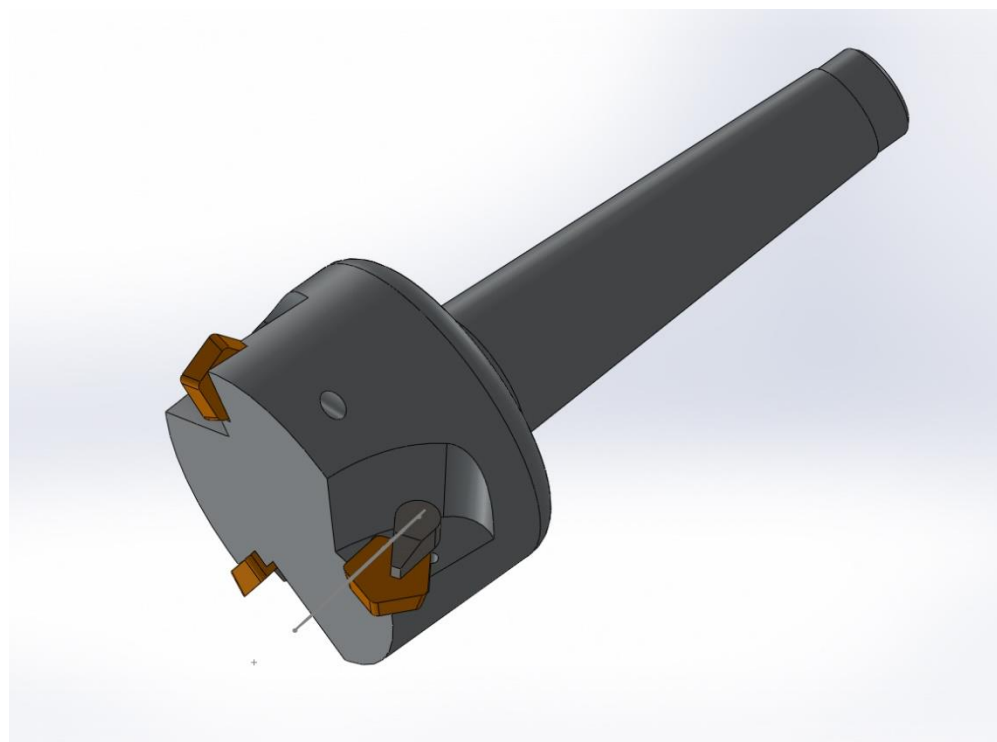


Рис.3.2 – Модель збірної торцевої фрези з п'ятигранними пластинками і конічним хвостовиком Морзе №3

При створенні моделей деталей вузла призначаємо відповідні матеріали – для корпуса фрези, перехідника, шпинделя та кріпильних деталей. Зазвичай, це якісні конструкційні сталі 1035, 1045 за стандартом ISO та металокераміка для п'ятигранних пластинок.

					МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

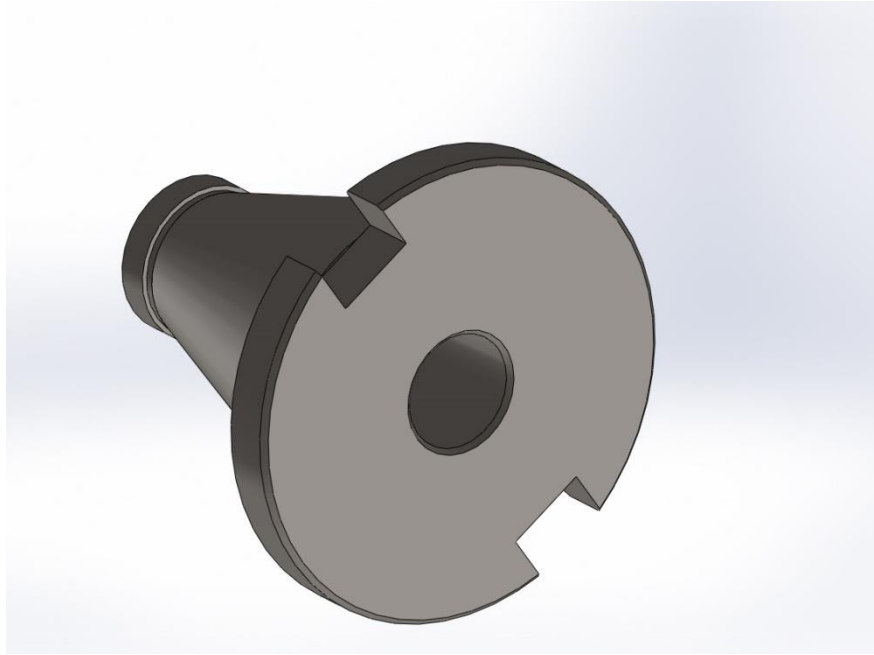


Рис.3.3 – 3D – модель переходника під фрезу до гнізда шпинделя

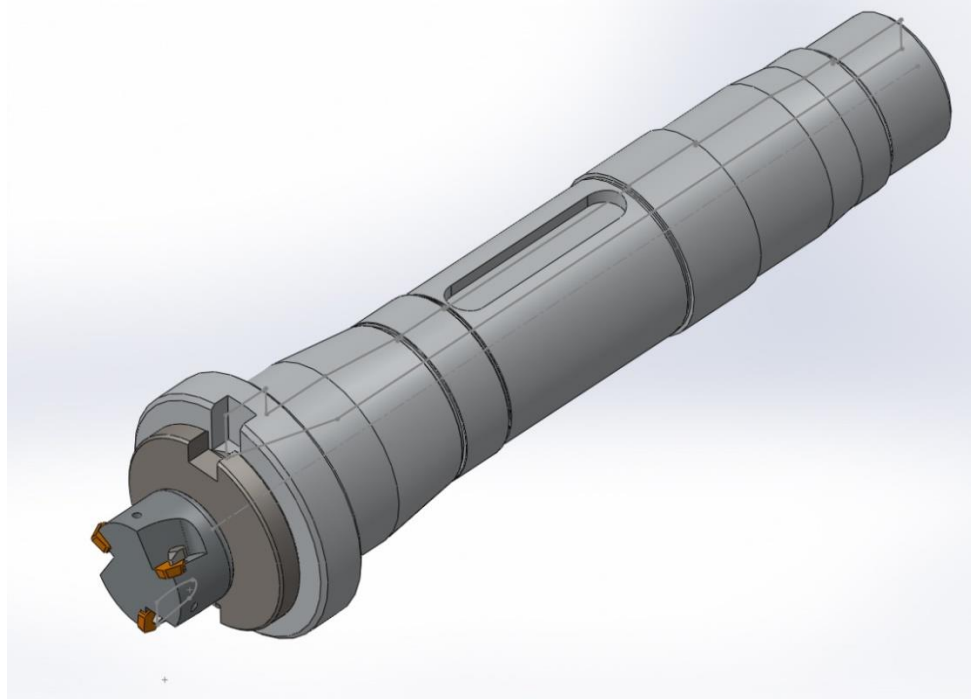


Рис.3.4 – 3D – модель шпиндельного вузла в зборі

Щоб розпочати дослідження, потрібно прикласти тангенційну силу різання. до передньої поверхні п'ятигранної пластинки, що притискається до посадкової поверхні корпусу фрези (рис.3.5). Розраховане значення тангенційної складової сили різання становить 280 Н.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	

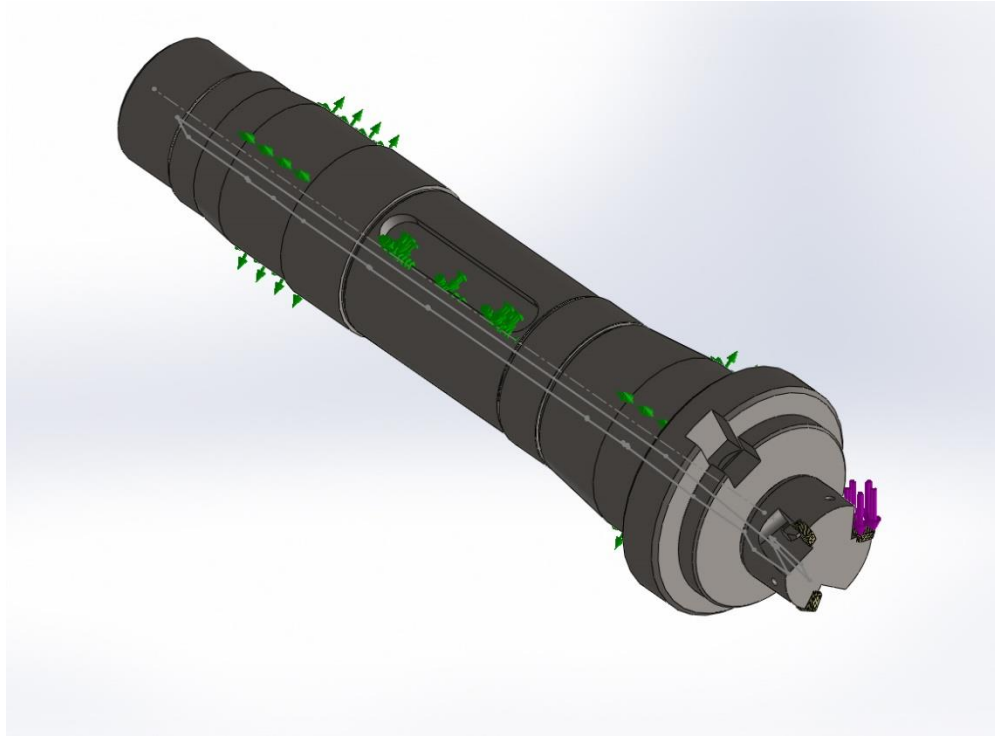


Рис.3.5 – Прикладення сили різання зв'язків до опорних шийок та реакції привідних шпонок.

Умови закріплення шпонкової частини шпинделя встановлюємо, як нерухомої, оскільки через неї передається крутний момент від коробки передач верстата (на рис. 3.5 це обмеження показане трьох координатним поєднанням стрілок). Оскільки шпиндель обертається у підшипниках, то задамо з'єднання його шийок як шарнірів (рис.3.5).

Заключним кроком перед виконанням обчислень є створення об'ємної сітки елементів у моделі (рис.3.6). Для отримання правдоподібних результатів задаємо бігунком шкали достатньо дрібний розмір елементів.

						МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

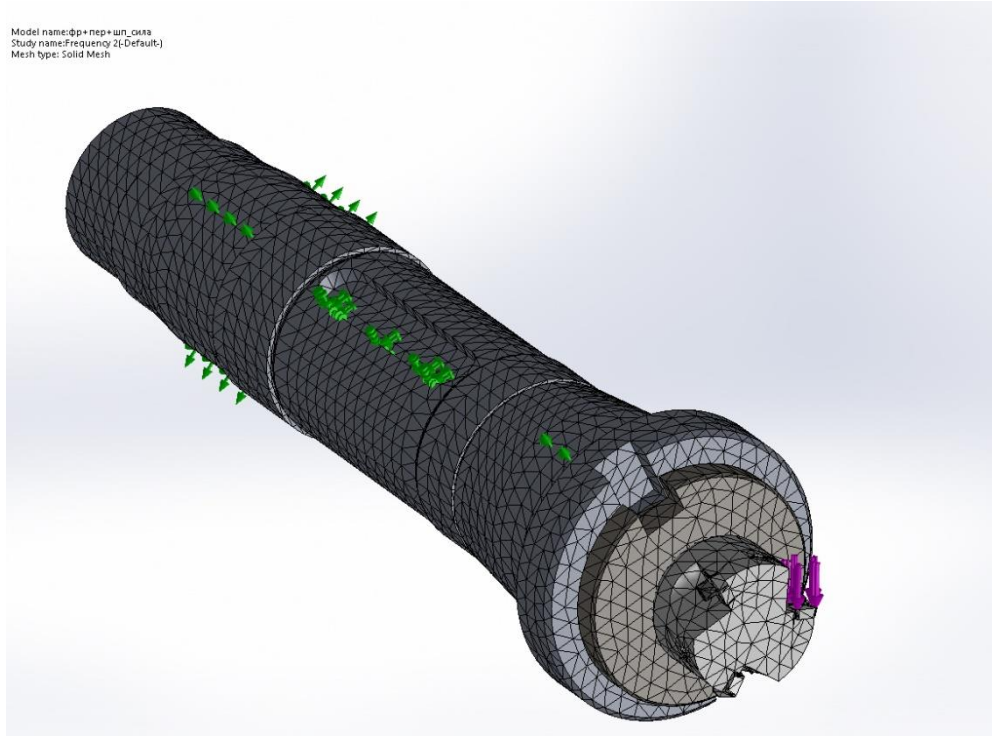


Рис.3.6 – Створення сітки елементів у моделі

В налаштуваннях вибираємо потрібну програму – вирішувач і вмикаємо обчислення. За замовчуванням отримуємо 5 (п'ять) основних мод (значень резонансних частот) коливань системи шпиндельного вала.

На епюрах можна спостерігати деформації окремих деталей вузла та їх частин (рис. 3.7 – 3.11).

Так, значення основних частот рівні 2757, 3270, 4453 та 5076 Гц.

З легенди на епюрах можна встановити, що помітна деформація властива лише шпинделю, як найдовшій порожнистій деталі і становить 0,69 мм на першій частоті та 0,238 на третій.

					МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

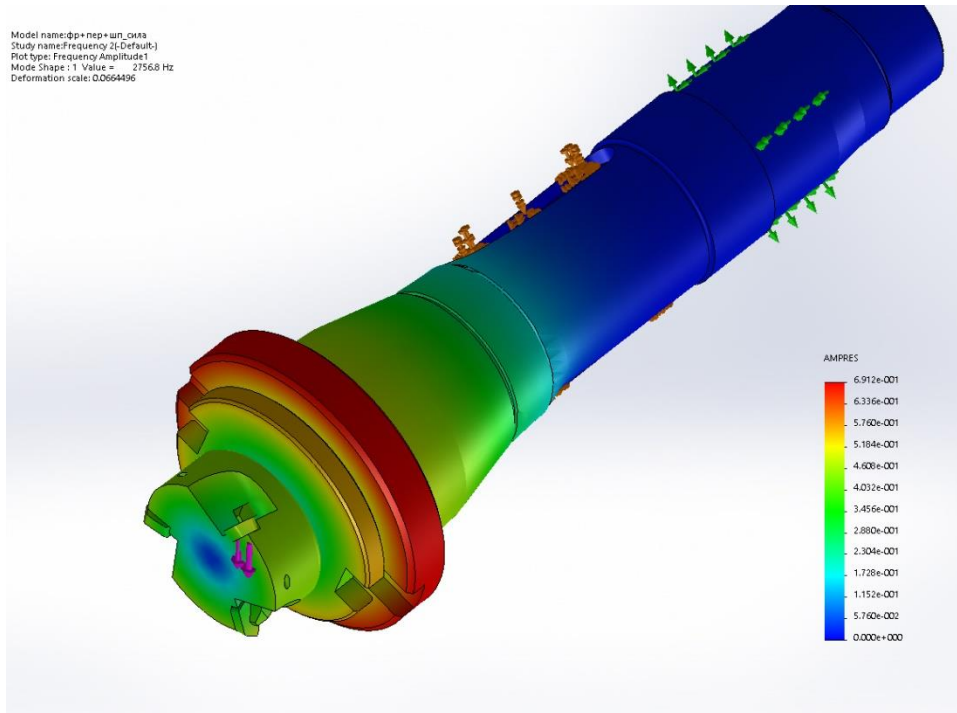


Рис.3.7 – Перша частота і характер деформацій

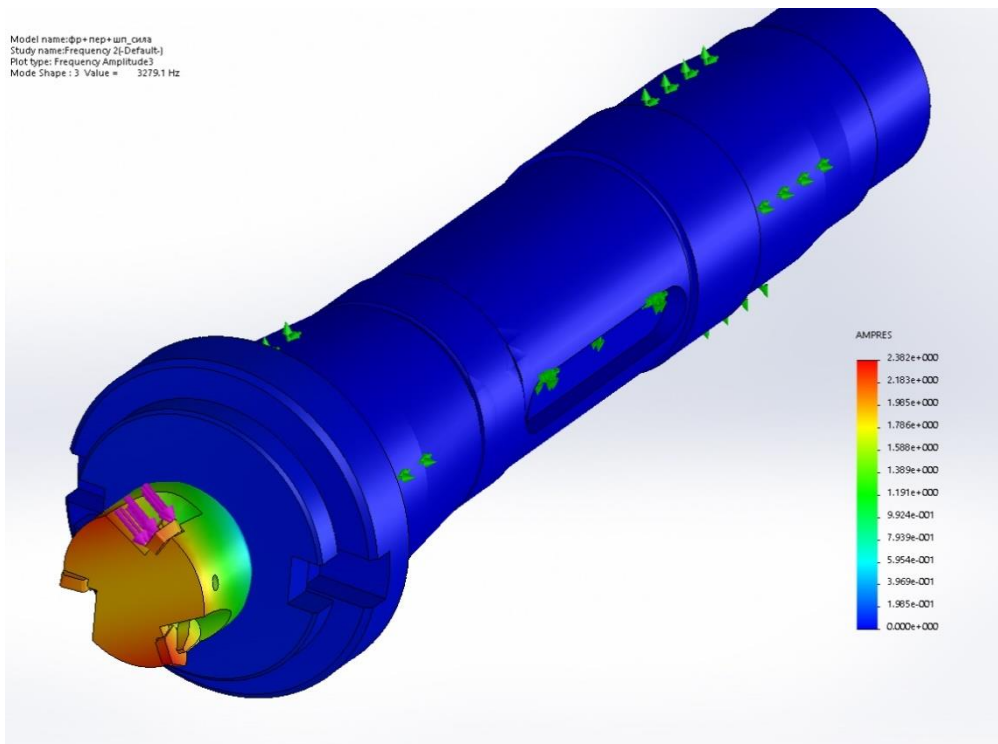


Рис.3.8 – Третя частота і характер деформацій

					МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

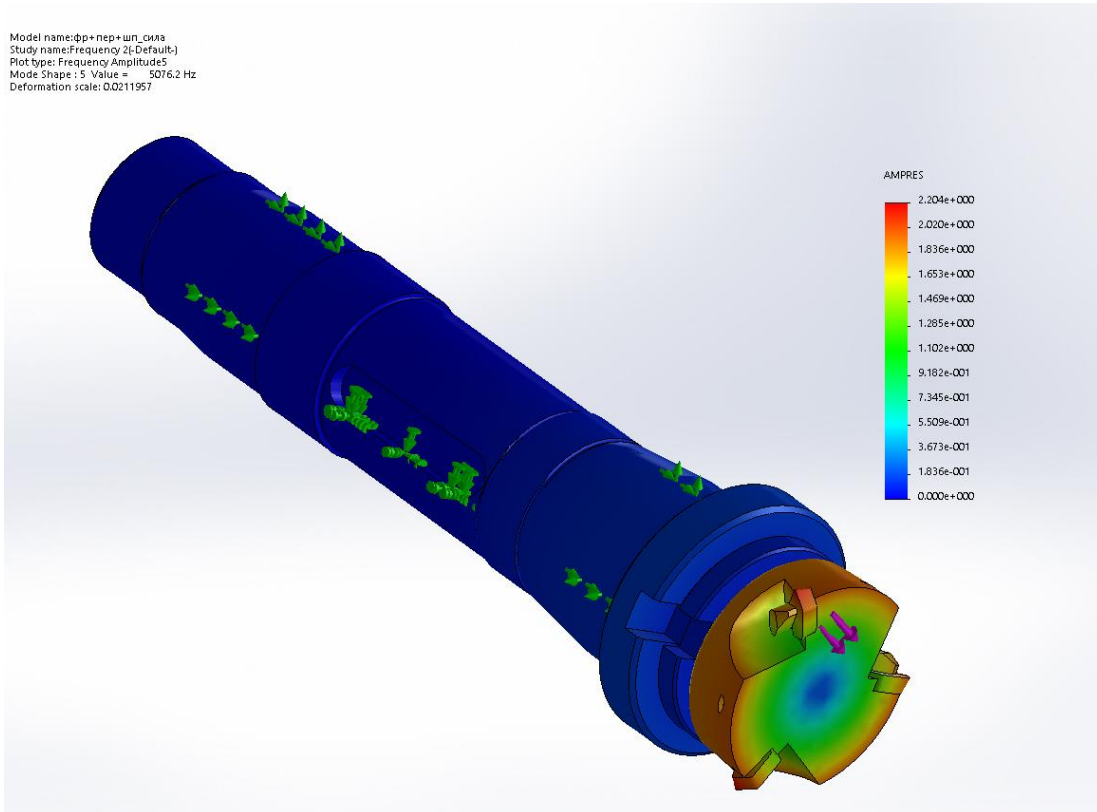


Рис.3.10 – Четверта частота і характер деформацій

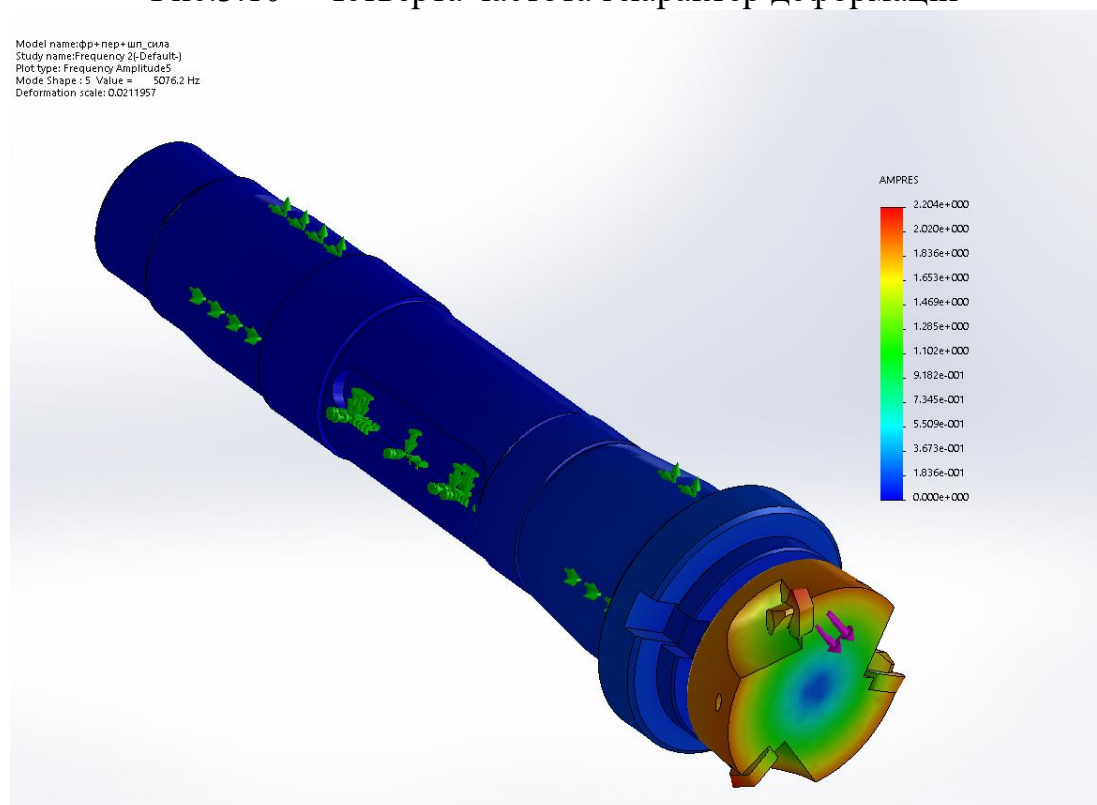


Рис.3.11 – П'ята частота і характер деформацій

Виходячи з конструкції інструмента, можемо стверджувати, що резонансна збурююча частота дії тангенційної сили в системі шпиндельного вала при фрезеруванні буде втричі нижча від частоти обертання шпинделя, бо

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПМКМ-642.00.000ПЗ

інструмент має три різальних леза і контакт із заготовкою є переривчастий. Виходячи з цих міркувань можемо встановити небезпечну частоту обертання шпинделя. Вона становить 919 об/хв. Недоцільно також задавати частоти 1090, 1484 та 1692 об/хв.

#### Висновок

Методику і результати наших досліджень рекомендуємо використовувати у технологічній підготовці операцій, щоб не призначати значень частот обертання шпинделя, близьких до резонансних.

					МП.ПІМКМ-642.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури:

1. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навчальний посібник. – Київ: ІСДО, 1996. – 300 с.
2. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: - Навчальний посібник. – К., Вища школа, 1993. – 414 с.
3. Довідник техніка-конструктора. Під ред. М.Я.Левицького. – Київ: “Техніка”, 1978.
4. Сторож Б.Д., Карпик Р. Т. Розрахунок верстатних пристроїв на точність. – Івано-Франківськ, 1999.
5. Дипломне проектування. Методичні вказівки до виконання конструкторської частини дипломних проектів спеціальності 1201. Проектування верстатних пристроїв. – Івано-Франківськ, 1990.
6. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Механоскладальні діляниці та цехи у машинобудуванні ”Частина 1 для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” ОП “Технології машинобудування”/Укл. В.В.Кононов, В.О.Логомінов,-Запоріжжя: ЗНТУ, 2019 – 64с
7. Технологія та сап обробки на верстатах з чпк. методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Бойко С.В. та ін...- Чернігів: НУЧП, 2021.- 51 с.
8. Карпик Р.Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки/ Р.Т. Карпик, Б.Д. Сторож. – Івано-Франківськ: Факел, 2010.- 80 с.
9. Панчук В.Г., Карпик Р.Т. та ін. Магістерська робота: методичні вказівки- Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.- 35 с.
10. Петров О.В., Сухоруков С.І. Технологічна оснастка: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2018. 123 с.
11. Муляр Ю.І., Дерібо О.В. Програмування токарної обробки на верстатах зЧПК. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 94 с.

						ДП.КМВ-191.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

12. Ю.Є. Паливода, І.Г. Ткаченко, Ю.Б. Кацапіла, Ів. Б. Гевко. Технологія оброблення корпусних деталей.. Навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050502 “Інженерна механіка” Тернопіль, 2016 -151 с.

13.Автоматизоване проектування різальних інструментів:Навчальний посібник / Копей В.Б., Онисько О.Р., Борушак Л.О., Роп'як Л.Я., Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. 208.с.

14.Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник – К .:НТУУ “КПІ”, 2014. – 353 с.

					ДП.КМВ-191.00.000 ПЗ	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# Додатки

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк	Примітка
				<u>Документація</u>		
*			МР.ПМКм-642.04.00.000 СК	Складальне креслення		*А1
				<u>Складальні одиниці</u>		
		13	МР.ПМКм-626.06.00.000 СК	Поршень	1	
					2	
				<u>Деталі</u>		
		1	МР.ПМКм-626.06.00.001	Основа	1	
		2	МР.ПМКм-626.06.00.002	Призма	2	
		3	МР.ПМКм-626.06.00.003	Стійка	4	
		4	МР.ПМКм-626.06.00.004	Напрямна	4	
		5	МР.ПМКм-626.06.00.005	Кронштейн	1	
		6	МР.ПМКм-626.06.00.006	Кришка пневмоциліндра	1	
		7	МР.ПМКм-626.06.00.007	Пневмоциліндр	1	
		8	МР.ПМКм-626.06.00.008	Днище пневмоциліндра	2	
		9	МР.ПМКм-626.06.00.009	Поршень	1	
		10	МР.ПМКм-626.06.00.010	Шток	1	
		11	МР.ПМКм-626.06.00.011	Манжета		
		12	МР.ПМКм-626.06.00.012	Кільце ущільнююоче	2	
		13	МР.ПМКм-626.06.00.013	Важіль	1	
		14	МР.ПМКм-626.06.00.014	Вісь	2	
		16	МР.ПМКм-626.06.00.015	З'єднувач	1	
МР.ПМКм-642.04.00.000СК						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Сміх В.В.				Літ	Аркуш
Перевір.	Борушак Л.О.				н	Аркуш ів
Реценз.						1
Н.контр.	Панчук В.Г.				ПМКм-23-1	
Затв.						
<b>Пристрій верстатний з пневмозатиском ЧПК</b>						



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк	Примітка
				<u>Документація</u>		
*			МР.ПМКм-642.05.00.000 СК	Складальне креслення		*А1
				<u>Деталі</u>		
		2	МР.ПМКм-642.06.00.002	Вставка	1	
		3	МР.ПМКм-642.06.00.003	Вставка коротка	1	
		4	МР.ПМКм-642.06.00.004	Корпус	1	
		5	МР.ПМКм-642.06.00.005	Втулка	1	
		6	МР.ПМКм-642.06.00.006	Тримач	1	
		7	МР.ПМКм-642.06.00.007	Шток	1	
		8	МР.ПМКм-642.06.00.008	Палець	2	
		14	МР.ПМКм-642.06.00.014	Пружина	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		9		Гвинт М5х15 ГОСТ 17475-72	1	
		10		Болт М6х30.88 ГОСТ1255-72	2	
		11		Гвинт М5х25 ГОСТ 17475-72	1	
		12		Гвинт М5х35 ГОСТ 17475-72	1	
		13		Гвинт М12х20.88 ГОСТ 11738-72	1	

МР.ПМКм-642.05.00.000СК

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Сміх В.В.		
Перевір.		Борушак Л.О.		
Реценз.				
Н.контр.		Панчук В.Г.		
Затв.				

Пристрій контрольний

Літ	Аркуш	Аркуш ів
н	1	1

ПМКм-23-1

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			


Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата

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

	ІФНТУНГ		
	Кришка букси 62.30.10.171		

**КОМПЛЕКТ  
технологічної документації**

*Технологічний процес механічної обробки  
деталі:*

**Кришка букси 62.30.10.171**

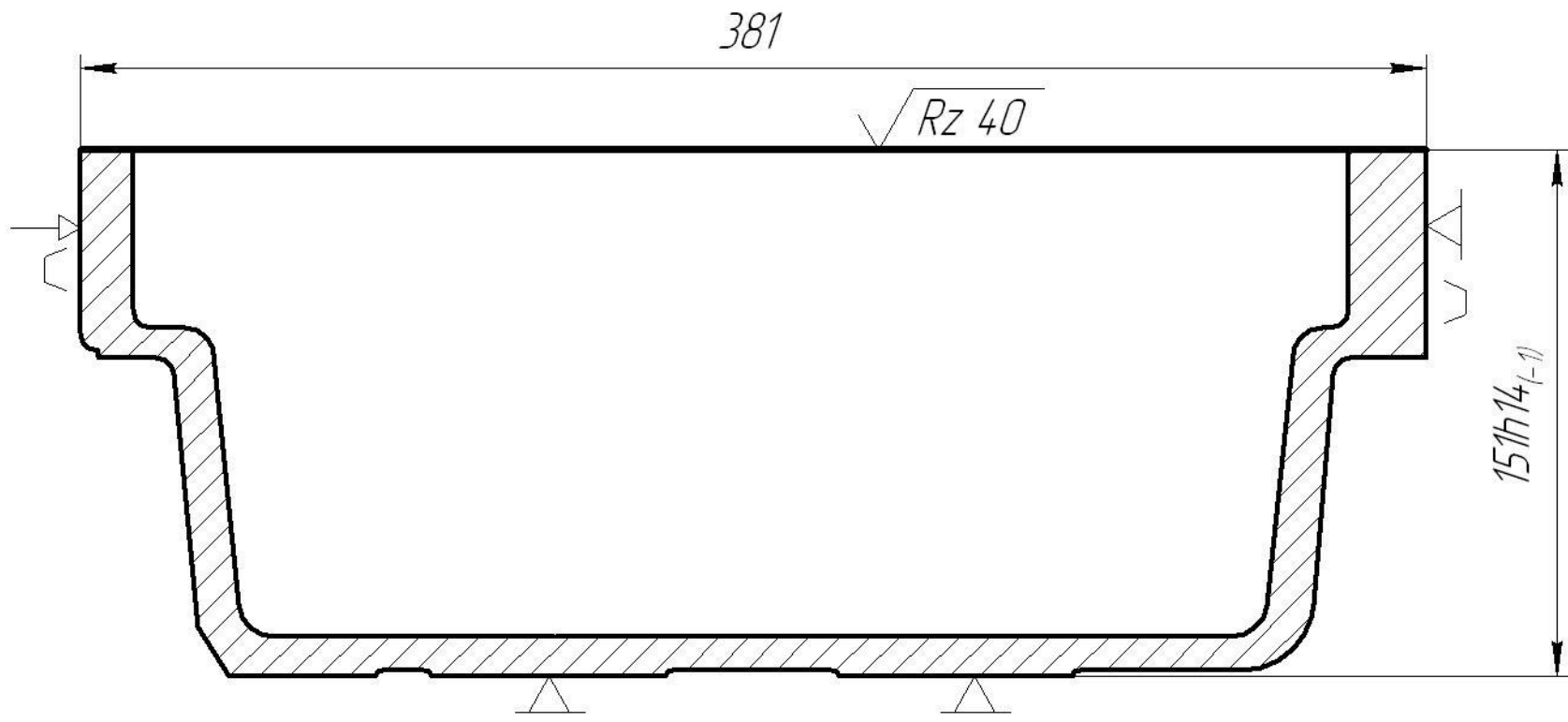
Розробив: ст. гр. ПМКм-23-1

*Сміх В.*

Перевірив: *Боруцак Л.О.*

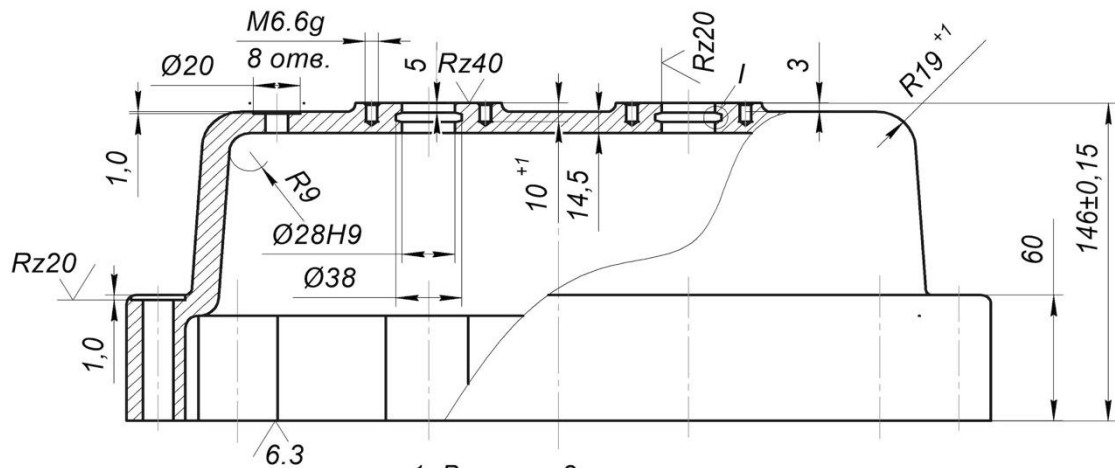
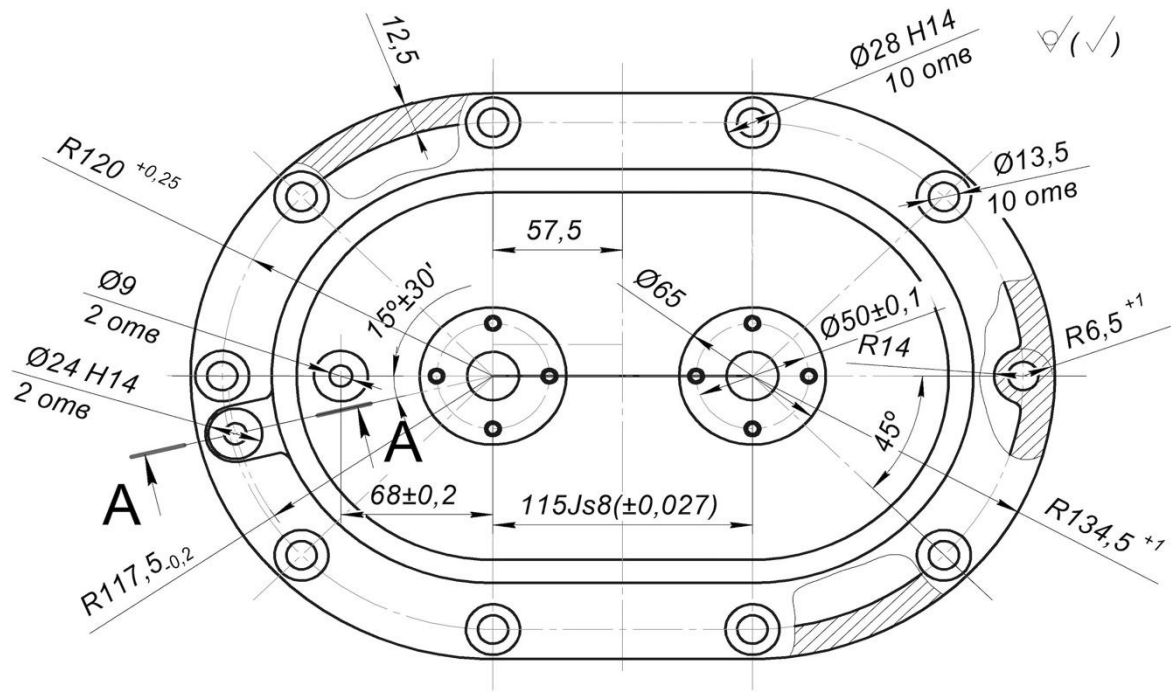


Дубл.															
Взам.															
Оригінал										Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	
												1	1		
Розроб.	Сміх В. В.														
Перевір.	Боруцак Л.О.					МР.ПМКм-642.00.000							20146.03001		
Затверд.															
						Кришка букси 62.30.10.171						Н			005
Н.Контр.	Боруцак Л.О.														

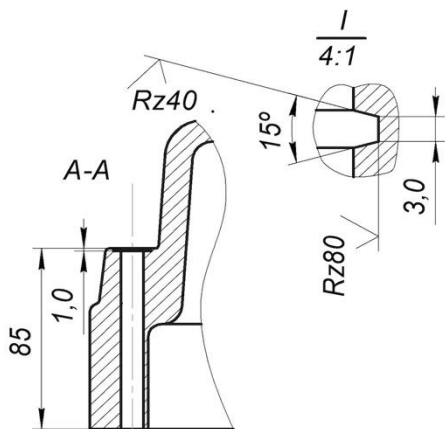




Дубл.															
Взам.															
Оригінал										Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	
												2	1		
Розроб.	Сміх В. В.			ІФНТУНГ	МР.ПМКм-642.00.000		760818.01240.00531								
Перевір.	Боруцак Л.О.														
Затверд.															
Н.Контр.	Боруцак Л.О.			Кришка букси 62.30.10.171									Н		
Номер і назва операції			Матеріал			Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	КООД		
040 Контрольна			СЧ15-32ГОСТ 1412-70			207НВ	кг	4,1	321*148*266				1		
Номер переходу	Зміст переходу			Пристрій (код, назва)		Вимірювальний Інструмент (код, назва)		Відсоток контролю	Особливі вказівки						
1	Контролювати лінійні розміри														
	151 <sub>-0,1</sub>					Штангенциркуль		40							
						ШЦ-II-160-0,05		40							
						ГОСТ 166-89									
КТК	Обробка різанням														

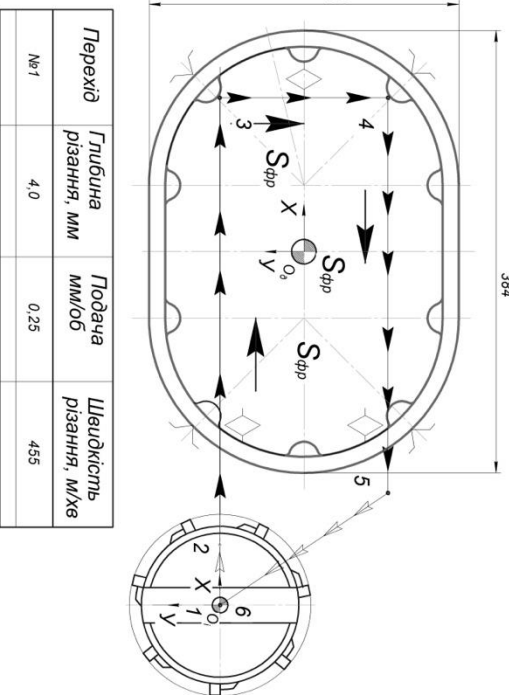
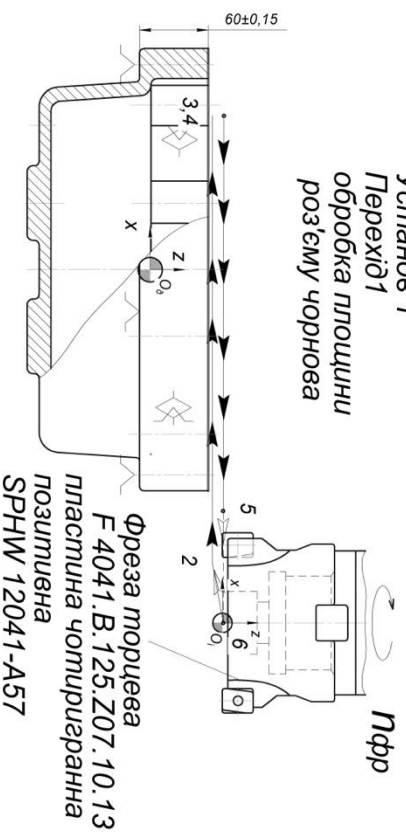


1. Виливок 3 групи
2. Точність вилівка 11-4-16-12 ГОСТ 26645-85
3. Невказані граничні відхилення розмірів H14, h14, ±IT14/2
4. Ливарні ухили 2°
5. Невказані радіуси скруглень 2,5 мм
6. Неплощинність нижнього торця деталі 0,08 мм
7. Неодроблені поверхні кришки фарбувати емаллю ФФ-92-ХС сірою ГОСТ9151-75



## Карти налагодження на операцію з ЧПК

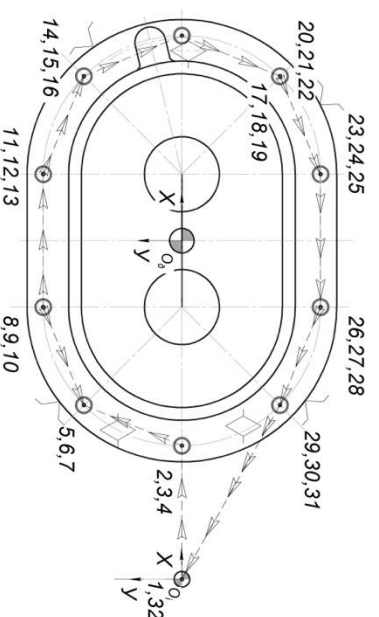
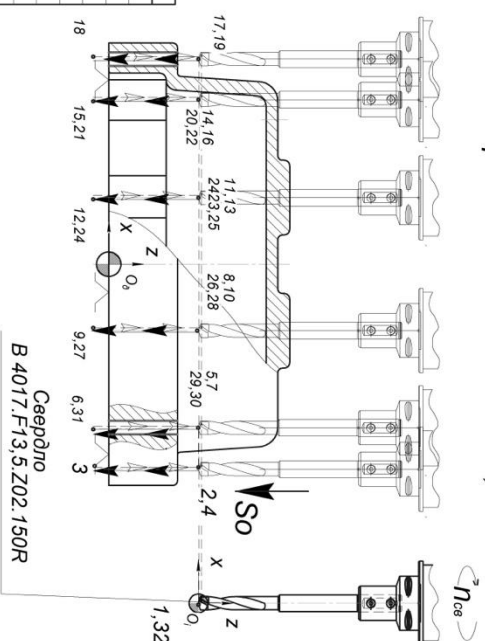
**Установ 1**  
**Перехід 1**  
 обробка площини  
 роз'єму чорнова



Перехід	Глибина різання, мм	Подача мм/об	Швидкість різання, м/хв
№1	4,0	0,25	455

№	Перехід 1		
	X	Y	Z
1	0	0	0
2	55	0	-15
3	430	0	-15
4	430	-140	-15
5	96	-140	-15
6	0	0	0

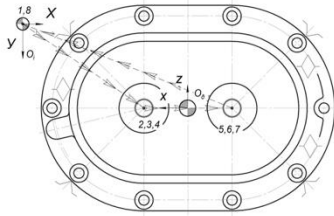
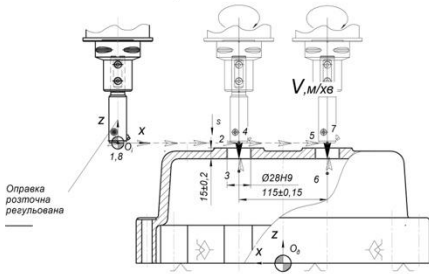
**Установ 2**  
**Перехід 2**  
 Свердління 10-ти отв. Ø13,5 мм



Перехід	Глибина різання, мм	Подача мм/об	Швидкість різання, м/хв
№2	6,75	0,14	47,5

№	Перехід 3		
	X	Y	Z
1	0	0	0
2	116,7	0	0
3	116,7	0	-62,5
4	116,7	0	0
5	153,2	85,2	0
6	153,2	85,2	-62,5
7	153,2	85,2	0
8	235,2	120	0
9	235,2	120	-62,5
10	235,2	120	0
11	350,2	120	0
12	350,2	120	-62,5
13	350,2	120	0
14	435,8	85,2	0
15	435,8	85,2	-62,5
16	435,8	85,2	0
17	470,2	0	0
18	470,2	0	-62,5
19	470,2	0	0
20	435,8	-85,2	0
21	435,8	-85,2	-62,5
22	435,8	-85,2	0
23	350,2	-120	0
24	350,2	-120	-62,5
25	350,2	-120	0
26	235,2	-120	0
27	235,2	-120	-62,5
28	235,2	-120	0
29	153,2	-85,2	0
30	153,2	-85,2	-62,5
31	153,2	-85,2	0
32	0	0	0

Установ 2  
Перехід 5 - чистове розточування  
отворі Ø28H9



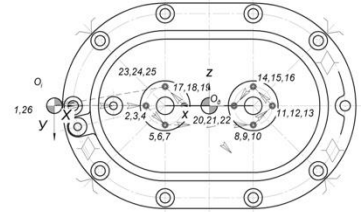
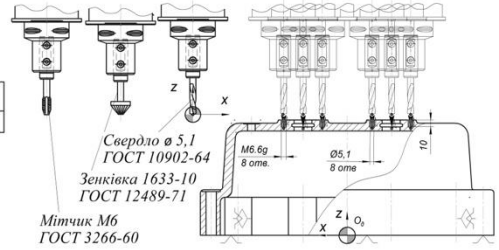
Перехід	Глибина різання, мм	Подача мм/об	Швидкість різання, м/хв
5	0,17	0,08	134,5

№	X	Y	Z
Перехід 11			
1	0	0	0
2	144,8	109,7	0
3	144,8	109,7	-26
4	144,8	109,7	0
5	259,8	109,7	0
6	259,8	109,7	-26
7	259,8	109,7	0
8	0	0	0

Карти налагодження на операцію з ЧПК

Перехід	Глибина різання, мм	Подача мм/об	Швидкість різання, м/хв
7.8	2,55	0,07	106

Перехід 6, 7, 8 - свердління отворі під різьбу М6,  
зенкування фасок 1x45° танарівання різьби М6



№	X	Y	Z
Перехід 16			
1	0	0	0
2	118	0	0
3	118	0	-14,5
4	118	0	0
5	143	25	0
6	143	25	-14,5
7	143	25	0
8	158	25	0
9	158	25	-14,5
10	158	25	0
11	183	0	0
12	183	0	-14,5
13	183	0	0
14	158	-25	0
15	158	-25	-14,5
16	158	-25	0
17	233	0	0
18	233	0	-14,5
19	233	0	0
20	168	0	0
21	168	0	-14,5
22	168	0	0
23	143	-25	0
24	143	-25	-14,5
25	143	-25	0
26	0	0	0

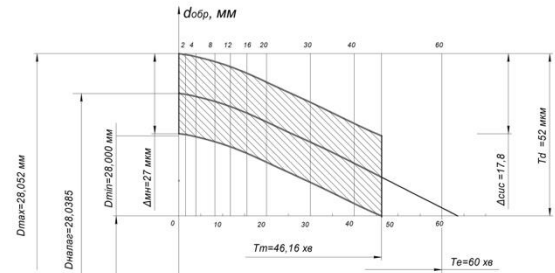
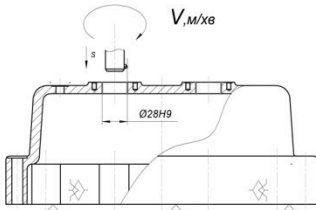


Рисунок 2 - Теоретична діаграма точності розточування отворі Ø28H9

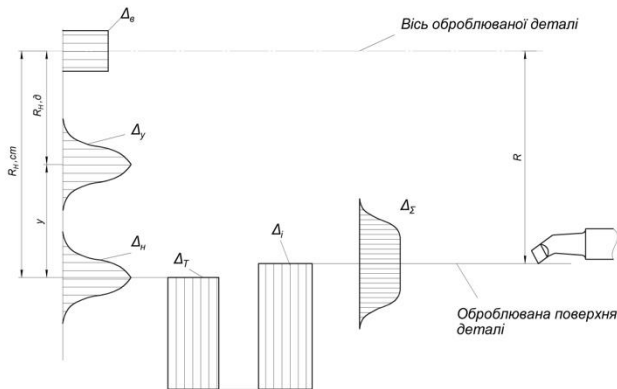


Рисунок 3 - Схема технологічного розмірного ланцюга

$R, R_{н.ст}, R_{н.г}$  - відповідно радіус обробки (замкююча ланка),  
сталічного настроювання, динамічного настроювання,  
 $y$  - постійна складова похибки від деформації системи ВПІД  
під дією сил різання

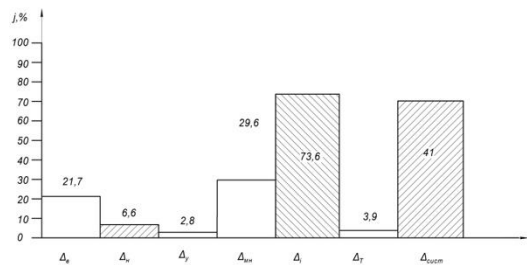
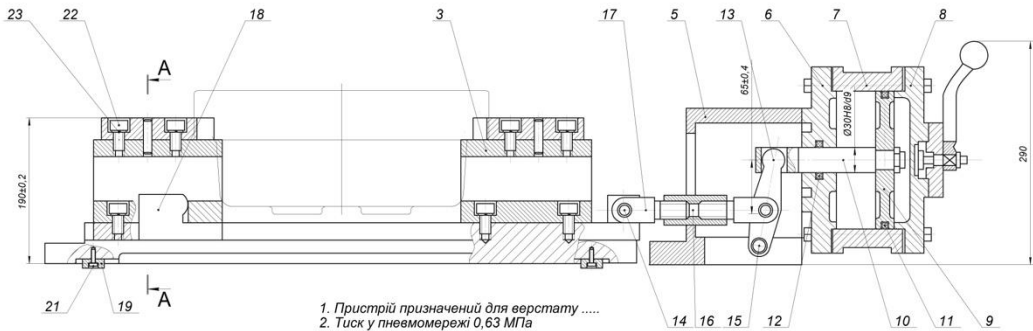
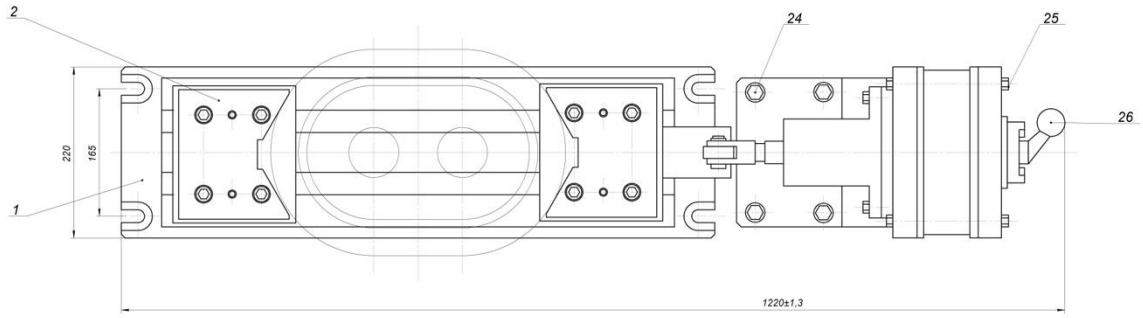
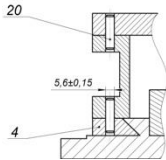


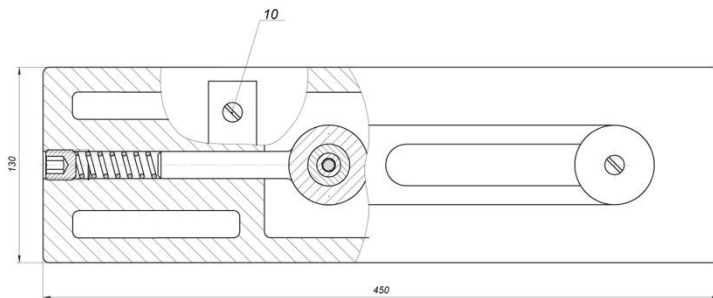
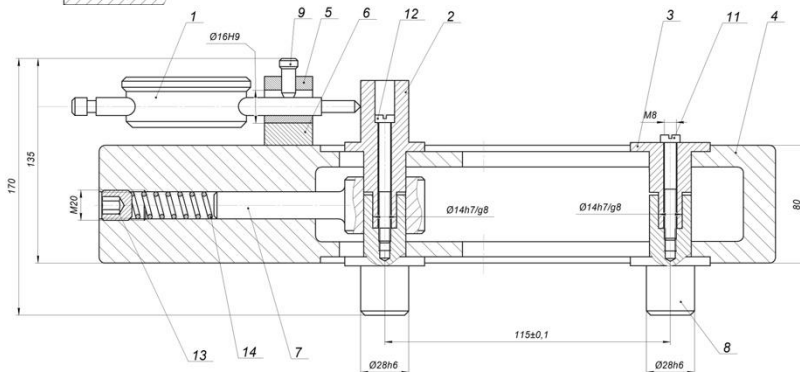
Рисунок 4 - Гістограма похибок обробки



A-A



1. Пристрій призначений для верстату .....
2. Тиск у пневмережі 0,63 МПа
3. Хід затисної призми 10 мм
4. Контроль точності проводити кожні 2 місяці експлуатації.
5. Пристрій покрити емаллю ПФ-133 ГОСТ 926-86 фісташкового кольору по зфталевій і фенольній ґрунтовці методом пневморозпилення.
6. в період зберігання непомальовані поверхні пристрою змастити солідолом синтетичним марки С по ГОСТ 4366-76 або солідолом жировим марки Ж по ГОСТ 1033-79.



1. Пристрій призначений для контролю міжосьової відстані  $115 \pm 0,1$  мм
2. Пристрій встановлюється на площину бобишок
3. Найбільше переміщення пробки поз. 2-7 мм
4. Пробки для контролю виготовити із сталі 4Х13

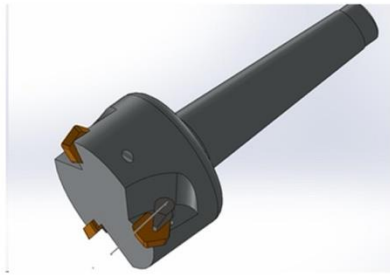


Рис.1-Тривимірна модель фрези в зборі

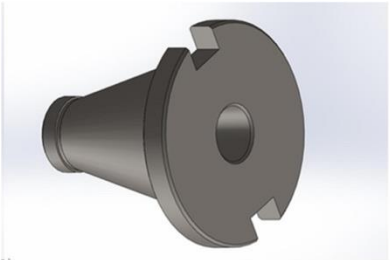


Рис.2-Тривимірна модель перехідного конуса

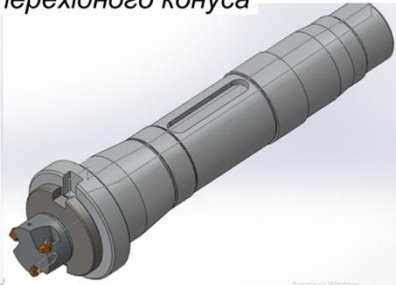


Рис.3-Тривимірна модель шпиндельного вузла

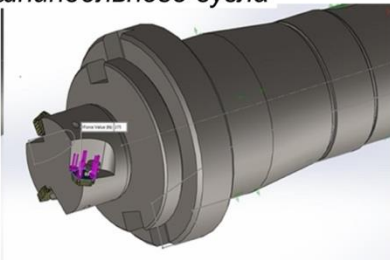


Рис.4-Модель з прикладеними тангенційними силами

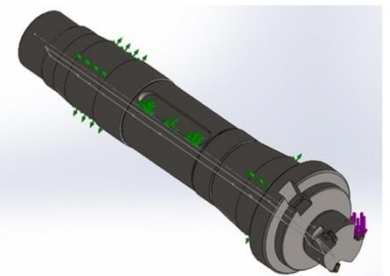


Рис.5-Модель з позначеннями зв'язків та обмежень

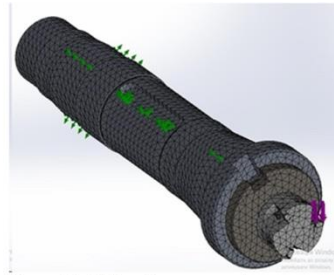


Рис.6-3D-сітка скінченних елементів в об'ємі моделі шпиндельного вузла

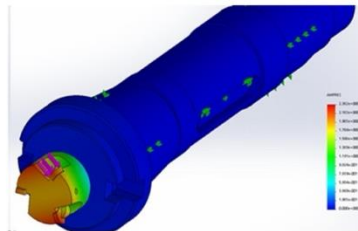


Рис.7-Основна частота коливань та характер деформацій (2757 Гц)

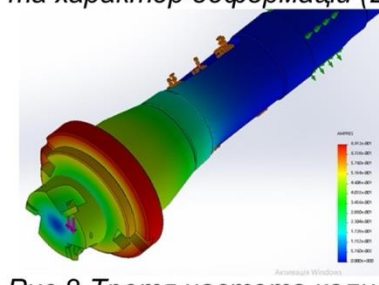


Рис.8-Третя частота коливань та характер деформацій (3270 Гц)

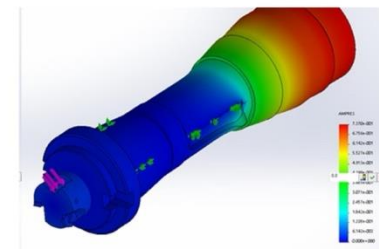


Рис.9-Четверта частота коливань та характер деформацій (4453 Гц)

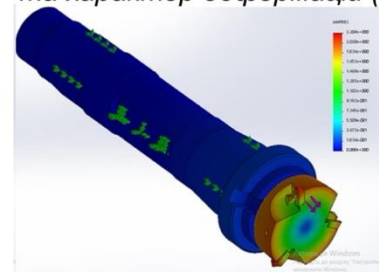


Рис.10-П'ята частота коливань та характер деформацій (5076 Гц)

Мінімальна резонансна частота обертів шпиндельного вузла з навантаженням становить 165400 об/хв