

Магістерська кваліфікаційна робота  
за спеціальністю 131 – «Прикладна механіка»  
на тему:

***Удосконалення технологічного процесу механічної  
обробки заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002»***

***Виконав: ст. гр. 1ПМ-17м***

***Фабіянов В. В.***

***Керівник: к.т.н., проф. каф. ТАМ***

***Буренніков Ю. А.***

## Мета і завдання дослідження

**Метою роботи** є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002» з урахуванням передових технологій і сучасних методів обробки подібних заготовок.

При цьому повинні бути вирішені такі **завдання**:

- техніко-економічне обґрунтування доцільності удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002»;
- варіантний вибір способу виготовлення заготовки деталі «Кришка РТ.05.002»;
- розробка варіантів маршруту механічної обробки з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них;
- призначення режимів різання;
- визначення технічних норм часу;
- дослідження величини сумарної похибки механічної обробки площини деталі типу «Кришка РТ.05.002» на багатоцільовому верстаті;
- розрахунок кількості обладнання та працівників дільниці механічної обробки;
- проектування дільниці механічної обробки;
- розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленої дільниці механічної обробки;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення деталей типу «Кришка».

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Кришка РТ.05.002».

## Наукова новизна, практичне значення одержаних результатів

**Наукова новизна одержаних результатів.** Отримав подальший розвиток метод порівняльного аналізу показників точності, які забезпечується фрезеруванням площини заготовок деталей типу «Кришка» на багатоцільових верстатах з ЧПК.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002». При цьому запропоновані такі нові рішення:

- обґрунтовано вибрано оптимальний варіант виготовлення заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002»;
- розроблено технологічний процес механічної обробки, економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу;
- досліджено елементарні складові сумарної похибки механічної обробки при фрезеруванні площини деталі типу «Кришка РТ.05.002» на багатоцільовому верстаті з ЧПК. Встановлено, що найбільший вплив на точність обробки має похибка установа. Всі інші складові є значно меншими по величині. Обробка на вибраному верстаті гарантовано забезпечує точність, так як сумарна похибка  $\varepsilon = 125$  мкм значно менша величини поля допуску виконуваного розміру  $T = 350$  мкм;
- для удосконаленого ТП встановлено кількість необхідного обладнання, працюючих та спроектовано ділянку механічної обробки.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення й результати роботи доповідалися й обговорювалися на:

- Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2019)». Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019> (м. Вінниця, ВНТУ, 08 жовтня 2018 р. – 10 травня 2019 р.)

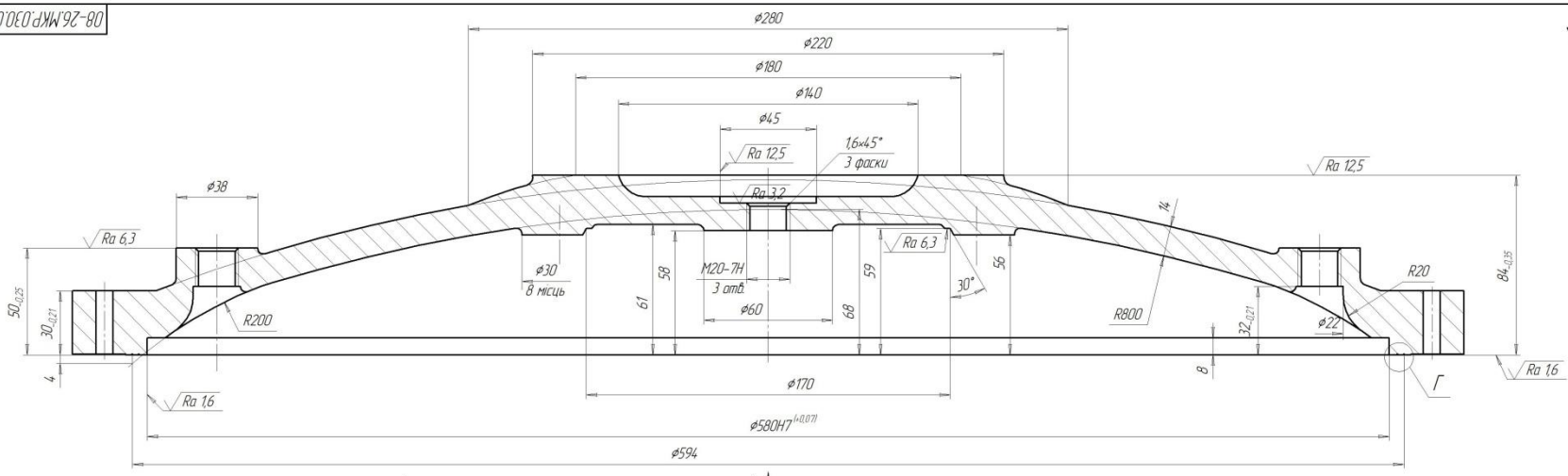
**Публікації.** Оpubлікована теза доповіді:

- Дослідження величини сумарної похибки обробки площини деталі типу «Кришка РТ.05.002» на багатоцільовому верстаті з ЧПК / Ю. А. Буренніков, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Фабіянов // Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2019), 08 жовтня 2018 р. – 10 травня 2019 р. : збірник матеріалів. – Вінниця : ВНТУ, 2019.



08-26.МКР.030.00.001

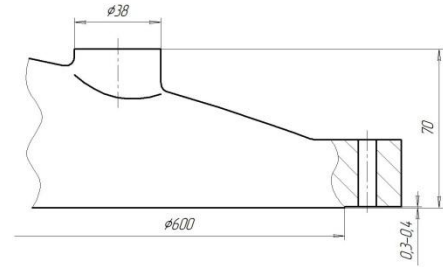
√ Ra 40 √/1



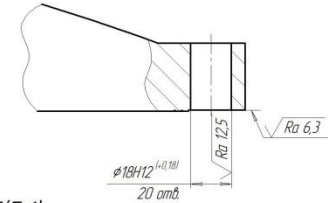
A(1:2)

A ↑

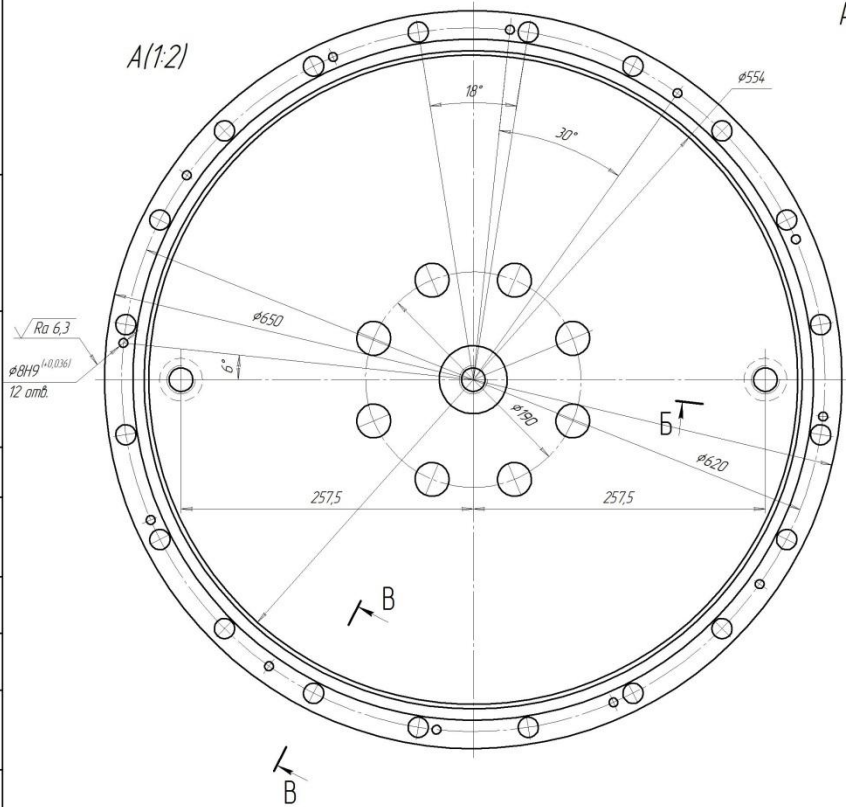
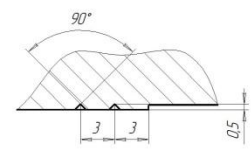
Б-Б



Б-Б



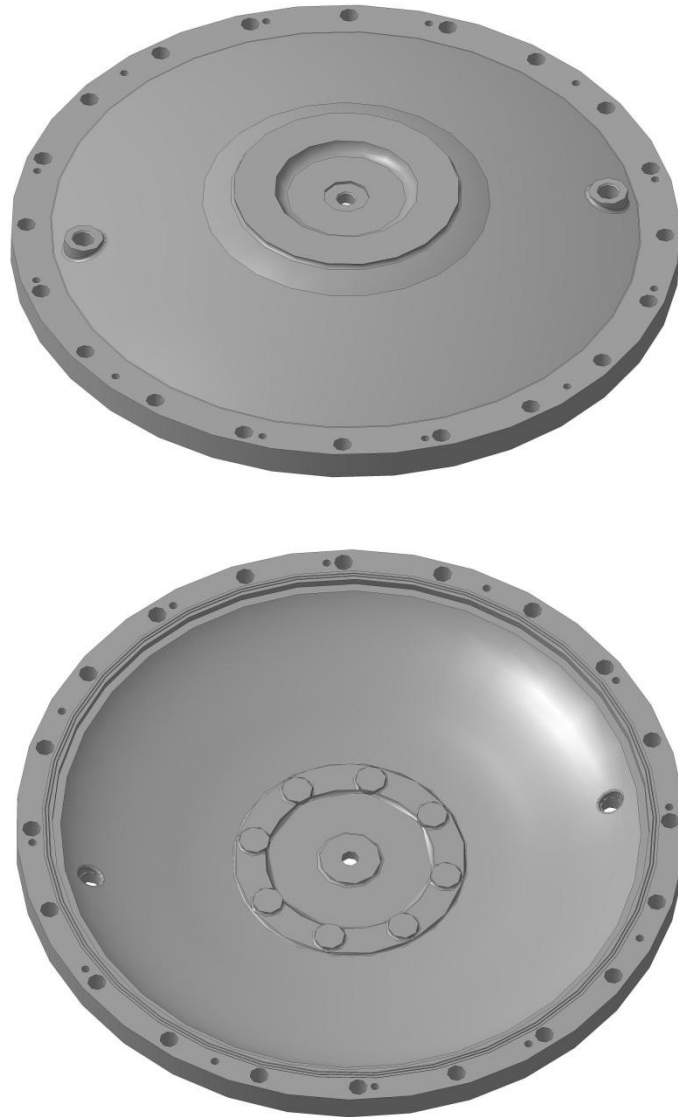
Г(5:1)



- 1 Неказані лідарні радіуси 3-4 мм.
- 2 Неказані граничні відхилення розмірів по Н14, h14, ±IT14/2.
- 3 Відхилення бієси отворів  $\phi 18$  і  $\phi 8$  від номінального положення не більше 0,5 мм.
4. Внутрішні, необроблені поверхні ґрунтувати ґрунтом ГФ-021 ГОСТ 25129-82.
5. Виробувати на міцність водою під тиском 9 кг/см<sup>2</sup> і на герметичність повітрям під тиском 6 кг/см<sup>2</sup> на протязі 5 хв на кожне виробування. Виткання повітря не допускається.

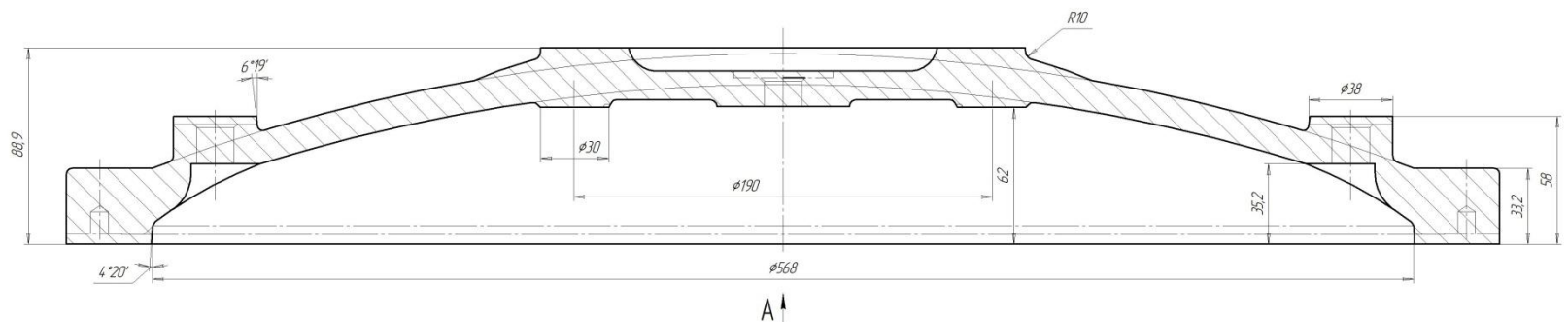
				08-26.МКР.030.00.001			
Мат. дім.	М.визнач.	Відв.	Лист	Лист	Масштаб	Масштаб	Масштаб
Розроб.	Фізіолог В.В.			49	1:1		
Вірв.	Буржунко В.В.						
Лист	Содієв В.В.						
Лист	Копард П.						
				Кришка РТ.05.002			
				СЧ15 ГОСТ 14-12-85			
				ВНТЧ			
				ст. гр. ПМ-17м			
				Формат А1			

*3D-модель детали "Кришка РТ.05.002"*

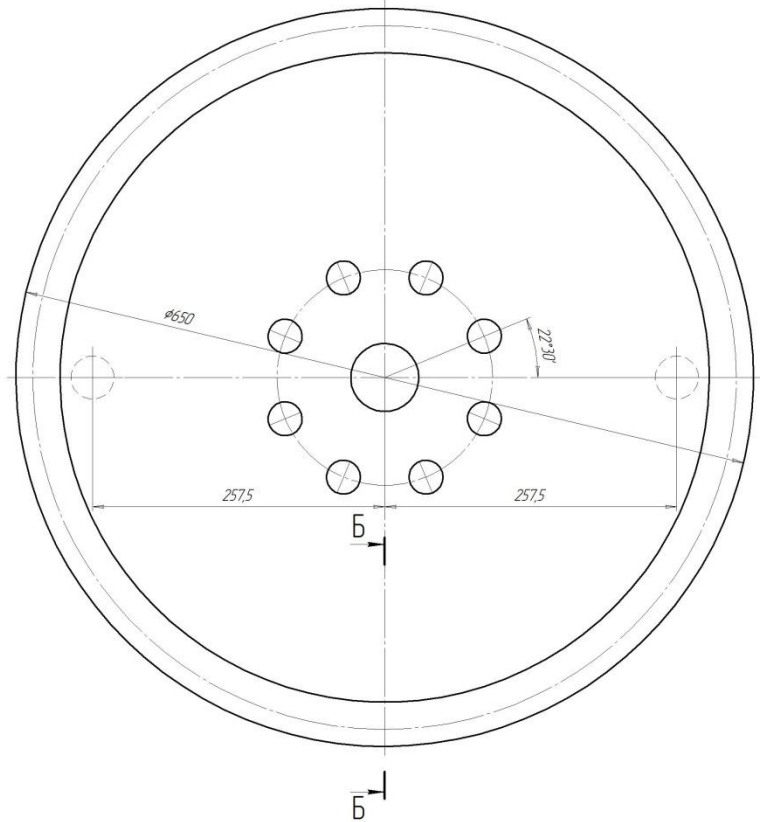


08-26.МКР.030.00.002

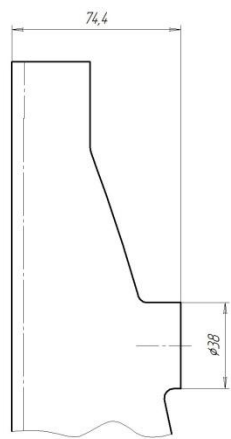
Ra 40 (✓/✓)



A(1:2)



B-B



1. Точність вилітка 11-8-14-11 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 4,9-19,195-3,891-72,09 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані пильовні радіуси 3-4 мм, формувальні нахили 6°45'.
4. НВ 190\_220.

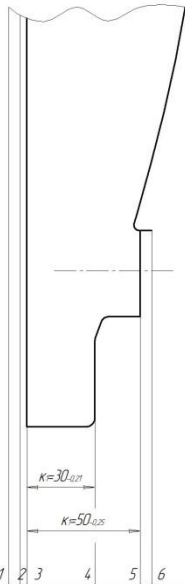
				08-26.МКР.030.00.002			
				Кришка			
				(виліток в плоско-еліптичній формі)			
				С 415 ГОСТ 14-85			
				ВНТЧ			
				ст. ар. 17М-17м			
				Формат А1			
				Копіював			

Шкала: 1:1  
 Матеріал: сталь  
 Обробка: ливна  
 Поверхня: цв. покриття  
 Колір: чорний  
 Клас: 1

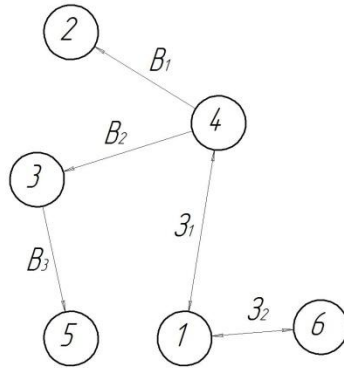




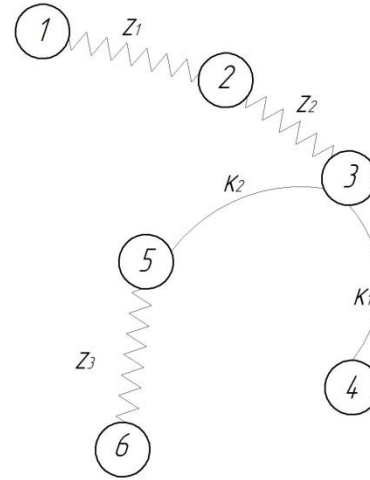
# Розмірний аналіз технологічного процесу



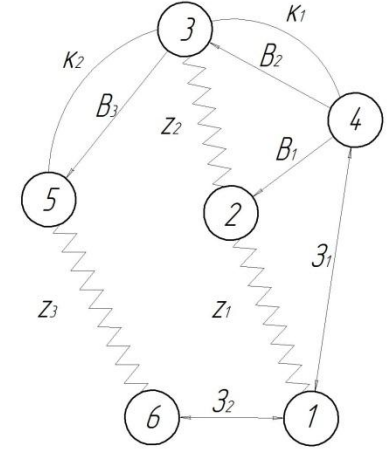
Похідний граф-дерево



Вихідний граф-дерево



Сумішений граф-дерево



010			
005			
000			

1.	$-K_2+B_3=0$	$B_3=K_2$	$B_3$
2.	$-K_1+B_2=0$	$B_2=K_1$	$B_2$
3.	$-B_2-Z_2+B_1=0$	$B_1=B_2+Z_2$	$B_1$
4.	$-Z_1-B_1+Z_1=0$	$Z_1=B_1+Z_1$	$Z_1$
5.	$Z_1+B_1-B_3-Z_3+Z_2=0$	$Z_2=Z_1-B_1+B_3+Z_3$	$Z_2$

Технологічний розмір	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$Z_1$	$Z_2$
Квалітет точності	12	8	12	14	14
Допуск, мм	0,27	0,21	0,25	4,0	5,0
Мінімальне значення розміру	30,155	29,790	49,750	32,545	58,360
Максимальне значення розміру	30,425	30,00	50,00	36,545	63,360
$Z_{min}$ , мм	0,155	2,12	1,97	-	-
$Z_{max}$ , мм	0,425	6,19	11,49	-	-



## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕЛИЧИНИ СУМАРНОЇ ПОХИБКИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПЛОЩИНИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА РТ.05.002» НА БАГАТОЦІЛЬОВОМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК

**Мета дослідження** – установлення елементарних похибок, які є складовими сумарної похибки під час фрезерування площини заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002» на багатоцільовому верстаті з ЧПК та порівняння визначеного значення сумарної похибки із заданим допуском на отримуваний при фрезеруванні розмір.

**Об'єктом** даного дослідження є технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002».

**Предметом** дослідження є процес фрезерування однієї із поверхонь деталі.

Для лінійного розміру, що координує розташування оброблюваної площини відносно іншої, яка є вимірювальною базою, *сумарна похибка* механічної обробки

$$\varepsilon_z = t \cdot \sqrt{(K_1 \varepsilon_1)^2 + (K_2 \varepsilon_2)^2 + (K_3 \varepsilon_3)^2 + (K_4 \varepsilon_4)^2 + (K_5 \varepsilon_5)^2 + (K_6 \varepsilon_6)^2} \quad [\text{мкм}], \quad (1)$$

де  $t$  – коефіцієнт, який залежить від бажаної ймовірності роботи без браку;  $K_1, \dots, K_6$  – коефіцієнти, величини яких залежать від закону розподілу відповідних елементарних похибок.

*Похибка установлення* згідно [9]

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_s^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{sp}^2} \quad [\text{мкм}], \quad (2)$$

де  $\varepsilon_s$  – похибка базування;  $\varepsilon_z$  – похибка закріплення;  $\varepsilon_{sp}$  – похибка положення заготовки у пристрої.

*Похибка, що виникає із-за неточності налагодження верстата*

$$\varepsilon_n = \sqrt{(K_p \varepsilon_p)^2 + (K_m \varepsilon_m)^2} \quad [\text{мкм}], \quad (3)$$

де  $\varepsilon_p$  і  $\varepsilon_m$  – відповідно похибка регулювання і похибка вимірювання;

$K_p$  і  $K_m$  – коефіцієнти, що враховують відхилення законів розподілу вказаних похибок від закону нормального розподілу.

*Похибка, що спричиняється пружними деформаціями системи ВПЦД*  $\varepsilon_{ns}$  визначена за формулою:

$$\varepsilon_{ns} = W(P_{\max} - P_{\min}) \quad [\text{мкм}], \quad (4)$$

де  $W$  – сумарна податливість технологічної системи ВПЦД;

$P_{\max}$ ,  $P_{\min}$  – відповідно найбільша, найменша величина складової сили різання при фрезеруванні, яка діє в напрямку нормалі до оброблюваної поверхні.

*Похибка, що викликана геометричною неточністю верстата*, визначена за формулою

$$\varepsilon_s = \frac{C \cdot l}{L_s} \quad [\text{мкм}], \quad (5)$$

де  $C$  – допустиме відхилення від паралельності площини столу і напрямку його руху в межах базової довжини  $L_s$ .

*Похибка, що зумовлена тепловими деформаціями системи ВПЦД* визначається 10...15% від суми всіх похибок

$$\varepsilon_T = 0,1 \cdot (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5 + \varepsilon_6) \quad [\text{мкм}]. \quad (6)$$

Визначено елементарні складові та сумарну похибку фрезерування площини деталі в розмірі  $84_{-0,35}$  на багатоцільовому верстаті 24К60СФ4, яка складає 125 мкм.

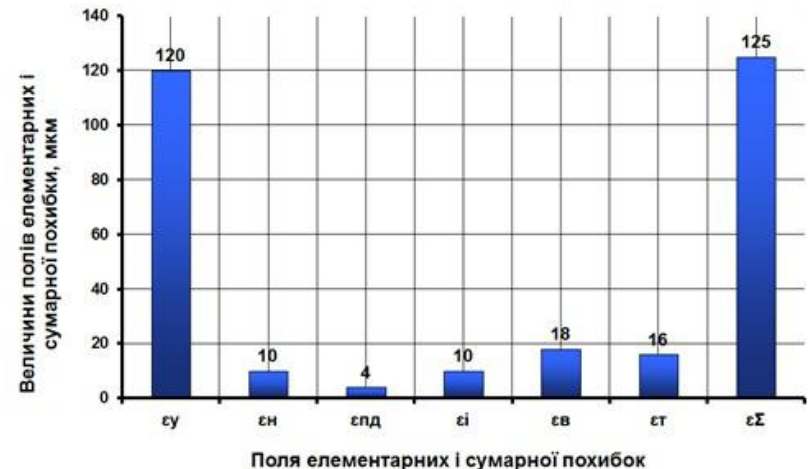


Рисунок 1 – Діаграма розподілу величин елементарних похибок і сумарної похибки

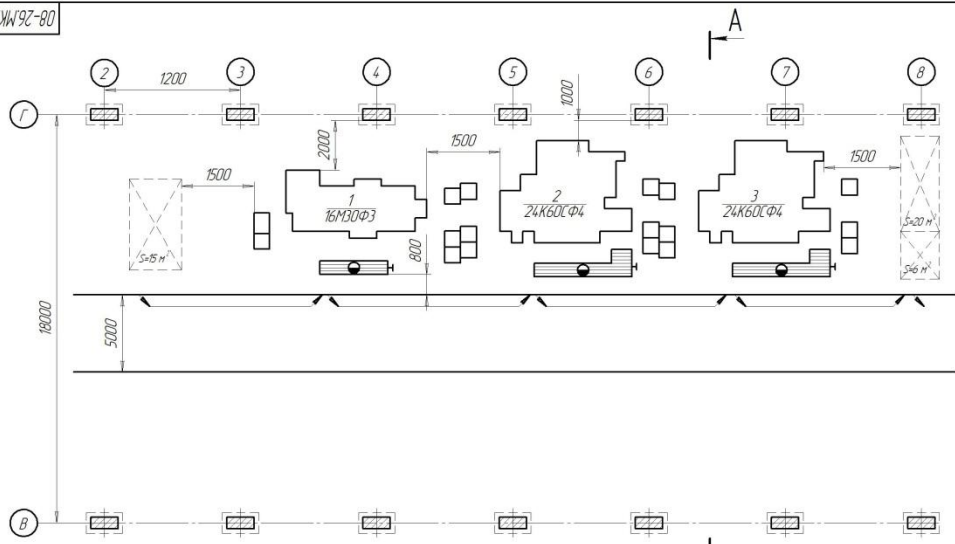
### Висновки.

Розглянуто обробку площини заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002» на багатоцільовому верстаті з ЧПК 24К60СФ4. Виявлені елементарні похибки, які є складовими сумарної похибки механічної обробки при фрезеруванні партії заготовок.

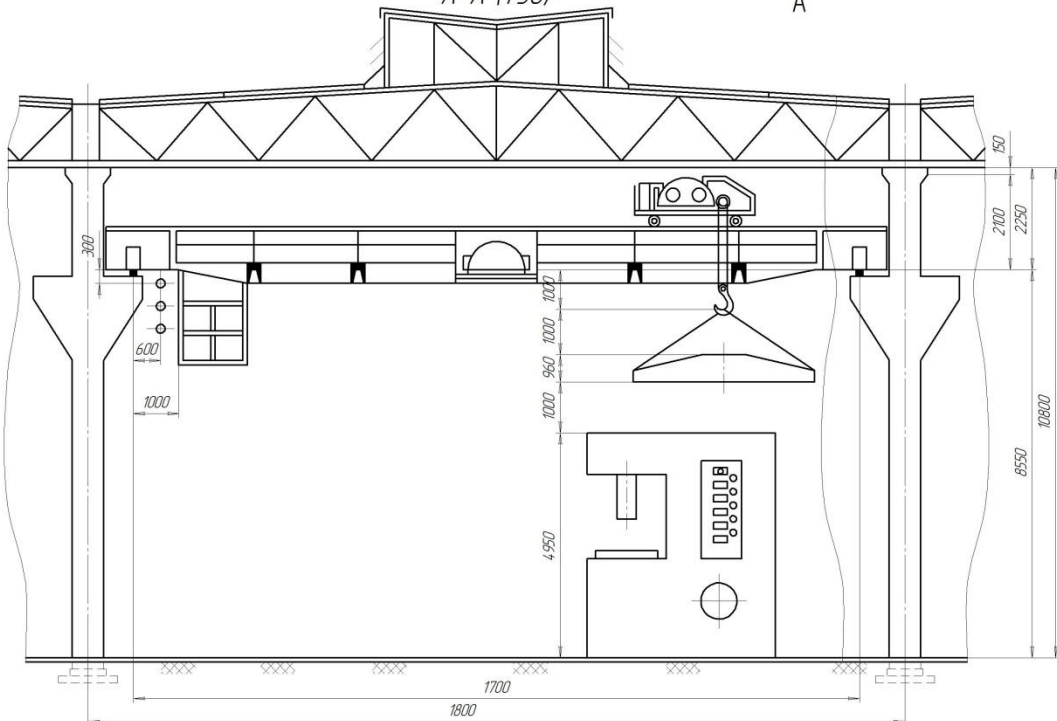
Показано, що найбільший вплив на точність обробки має похибка установлення. Всі інші складові є значно меншими по величині. Обробка на вибраному верстаті гарантовано забезпечує точність, так як сумарна похибка  $\varepsilon_z = 125$  мкм значно менша величини поля допуску виконуваного розміру  $T = 350$  мкм.

Методика та результати виконаних досліджень можуть бути використані при проектуванні технологічних процесів механічної обробки в механічних цехах машинобудівних підприємств, а також студентами в навчальному процесі.

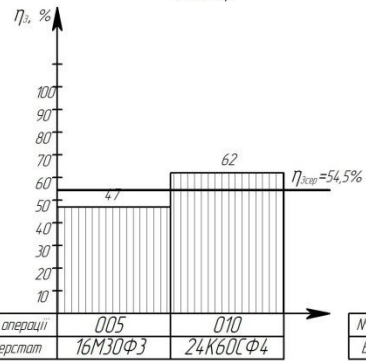
08-26.МКР.030.00.700 В3



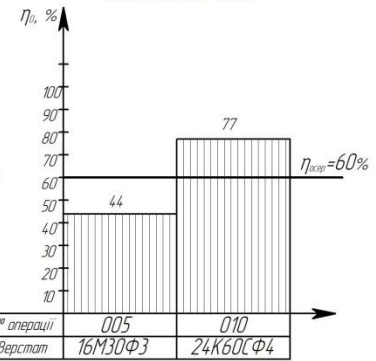
A-A (1:50)



Графік завантаження обладнання дільниці



Графік використання обладнання за основним часом



Техніко-економічні показники дільниці

1. Абсолютні:
1. Річний випуск деталей, шт. 2000
  2. Приведена програма випуску деталей, шт 19395
  3. Кількість робочих змін 2
  4. Кількість основних робітників, чол 2
  5. Кількість допоміжних робітників, чол 4
  6. Кількість одиниць верстатів, шт 3
  7. Сумарна потужність електродвигунів, кВт 42
  8. Кількість транспортних засобів, шт 1
  9. Площа дільниці, м<sup>2</sup>:  
виробнича 64  
загальна 1510
2. Відносні:
1. Середній коефіцієнт завантаження обладнання, % 54,5
  2. Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом, % 60
  3. Коефіцієнт використання матеріалу 0,68
  4. Середня потужність верстатів, кВт 14

				08-26.МКР.030.00.700 В3		
Мат. Мат.	М. Вироб.	Лист	Лист	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Виконав.	Лист	Лист	-	1100	
Ввод.	Коректор	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Інженер	Інженер	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Інженер	Інженер	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Інженер	Інженер	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

Дільниця механічної обробки деталей типу "Кришка"

Лист 1 з 1

ВНТУ

ст. гр. ПМ-17м

Формат А1

### *Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу*

<i>Показники</i>	<i>По базовому технологічному процесі</i>	<i>По удосконаленому технологічному процесі</i>
<i>1. Маса деталі, кг</i>	<i>49</i>	<i>49</i>
<i>2. Маса заготовки, кг</i>	<i>78,334</i>	<i>72,09</i>
<i>3. Коефіцієнт використання матеріалу</i>	<i>0,7</i>	<i>0,68</i>
<i>4. Собівартість заготовки, грн.</i>	<i>2039,74</i>	<i>1925,17</i>
<i>5. Кількість операцій, шт.</i>	<i>4</i>	<i>2</i>
<i>6. Кількість верстатів, шт.</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
<i>7. Кількість основних робітників, чол.</i>	<i>8</i>	<i>2</i>
<i>8. Площа виробника, м<sup>2</sup></i>	<i>120</i>	<i>64</i>
<i>9. Капітальні вкладення, грн.</i>		<i>2350703</i>
<i>10. Собівартість деталі, грн.</i>	<i>2870,62</i>	<i>1993,5</i>
<i>11. Економічний ефект, грн.</i>		<i>8272731,6</i>
<i>12. Термін окупності, років</i>		<i>0,3</i>

## Висновки

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та сучасних методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції. В результаті виконання роботи можна зробити такі висновки.

1. В розділі техніко-економічного обґрунтування доцільності удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу, оцінені їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки розглядуваної заготовки деталі.

2. Запропоновано два варіанта виготовлення заготовки деталі «Кришка РТ.05.002», а саме лиття в піщано-глинисті форми та лиття за випалюваними моделями. Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в піщано-глинисті форми, оскільки вартість заготовки при цьому складає 1925,17 грн., що менше у порівнянні з литтям за випалюваними моделями – 2039,74 грн.

3. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Проведені розрахунки припусків, режимів, різання, норм часу на операції.

4. Досліджено елементарні складові сумарної похибки механічної обробки при фрезеруванні площини деталі типу «Кришка РТ.05.002» на багатоцільовому верстаті з ЧПК. Встановлено, що найбільший вплив на точність обробки має похибка установлення. Всі інші складові є значно меншими по величині. Обробка на вибраному верстаті гарантовано забезпечує точність, так як сумарна похибка  $\varepsilon = 125$  мкм значно менша величини поля допуску виконуваного розміру  $T = 350$  мкм.

## Висновки (продовження)

5. Для удосконаленого маршруту механічної обробки розраховано елементи ділянки механічної обробки; для визначення необхідної кількості верстатів для виконання механічної обробки та забезпечення їх нормального завантаження підібрані аналогічні (за технологією обробки) деталі та розраховано приведену програму для роботи ділянки в серійному виробництві, яка складає 19395 шт.; на ділянці механічної обробки використано 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 2 чол., всього працюючих на ділянці – 4 чол.
6. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кришка РТ.05.002», визначені капітальні вкладення – 2350703 грн., одержаний прибуток – 8272731,6 грн., термін окупності вкладень – 0,3 року. Наведене інноваційне рішення у вигляді удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002» доцільне для впровадження.
7. В МКР розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на ділянці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка РТ.05.002».

**Дякую за увагу!**