

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

***Удосконалення технологічного процесу  
механічної обробки заготовки деталі  
типу «Ступиця ПМ-04.006»***

***Виконав: ст. гр. 1ПМ-17м з.ф.н.  
Савчук О. І.***

***Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ  
Репінський С. В.***

## Мета і задачі дослідження

**Мета і завдання дослідження.** Метою магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Ступиця ПМ-04.006» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені наступні **завдання**:

- техніко-економічне обґрунтування доцільності удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Ступиця ПМ-04.006»;
- варіантний вибір способу виготовлення заготовки;
- проектування варіантів маршруту механічної обробки з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат;
- розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки;
- призначення режимів різання;
- дослідження впливу глибини різання на вибір оптимальних режимів різання;
- встановлення технічних норм часу на операції;
- розрахунок елементів ділянки механічної обробки, кількості обладнання та працівників;
- розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого технологічного процесу механічної обробки;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Ступиця ПМ-04.006».

# Наукова новизна, практичне значення одержаних результатів

## Наукова новизна одержаних результатів:

- дістав подальший розвиток удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Ступиця ПМ-04.006» з метою підвищення точності обробки, одержання позитивного економічного ефекту;
- за допомогою математичного моделювання технологічного процесу визначено вплив глибини різання на призначення оптимальних значень режимів різання при чорновому розточуванні.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Ступиця ПМ-04.006»; при цьому запропоновані такі рішення:

- для найбільш доцільних способів виготовлення заготовки – штампування на гідравлічних пресах і штампування на гвинтових пресах спроектовано заготовки та техніко-економічним порівнянням встановлено, що економічно доцільнішим варіантом є виготовлення заготовки штампуванням на гідравлічних пресах, оскільки вартість заготовки при цьому складає 152,75 грн., що менше у порівнянні з штампуванням на гвинтових пресах – 157,51 грн.
- розроблений оригінальний технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Ступиця ПМ-04.006»;
- для удосконаленого ТП розроблено план дільниці механічної обробки, яка по ходу технологічної обробки містить 2 верстати, що обслуговуються 2 основними і 4 допоміжними працівниками.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення й результати роботи доповідалися й обговорювалися на XLVIII науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (м. Вінниця, ВНТУ, 13-15 березня 2019 р.)

## Публікації.

Опублікована теза доповіді:

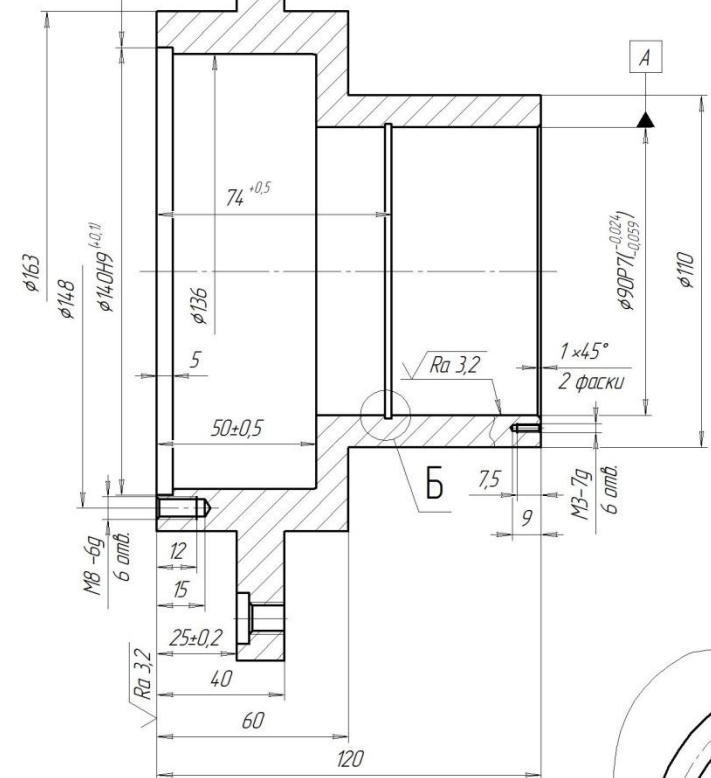
- Вплив глибини різання при розточуванні отвору на вибір оптимальних режимів обробки / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, О. М. Онищук, О. І. Савчук // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2019/paper/view/7104>.

08-26.МКР.010.00.001

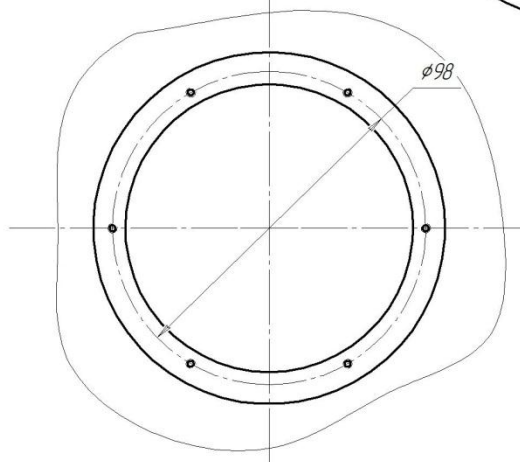
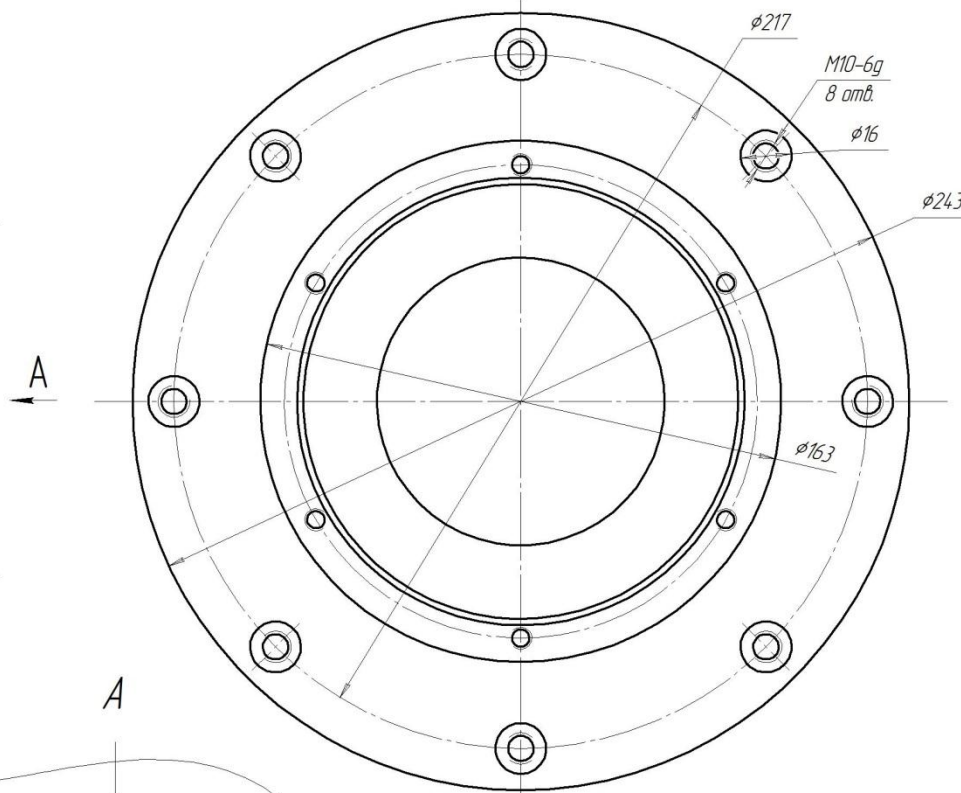
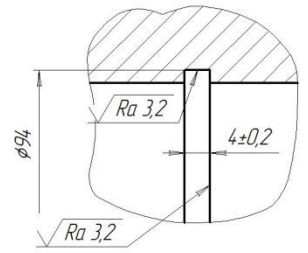
$\sqrt{Ra\ 12,5}$

0,06 A

$\phi 0,1$  A



Б (2:1)



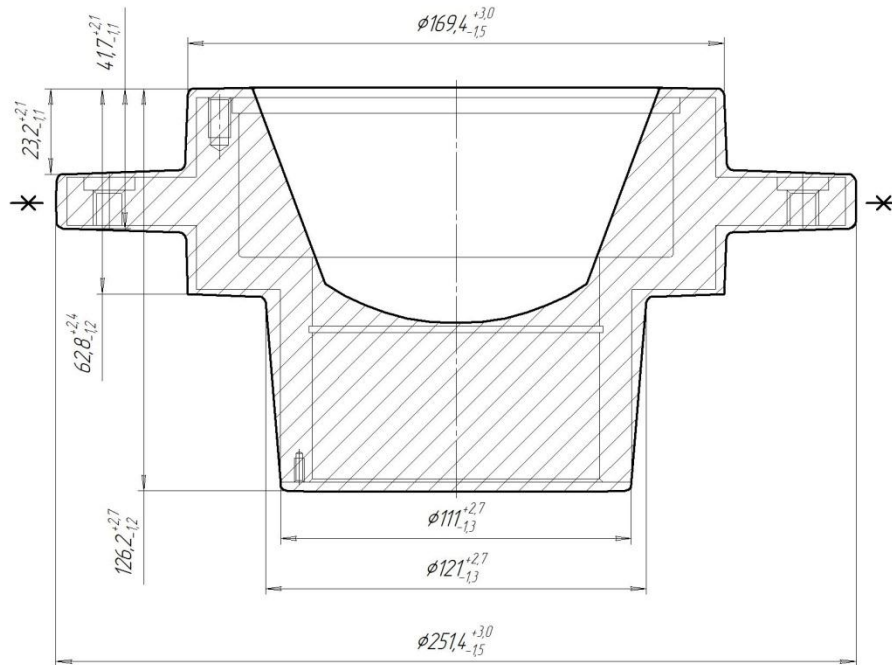
1. H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .

08-26.МКР.010.00.001				Лист	Масса	Масштаб
Ступица ПМ-04.006					8,52	1:1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Листов
Разработ.		Собачук				
Проб.		Резинский				
Контр.						
Исполн.		Собольев				
Умб.		Козлов				
Сталь 35 ГОСТ 1050-88				ВНТУ		
Копирован				ст. гр. ПМ-17М		
				Формат А2		

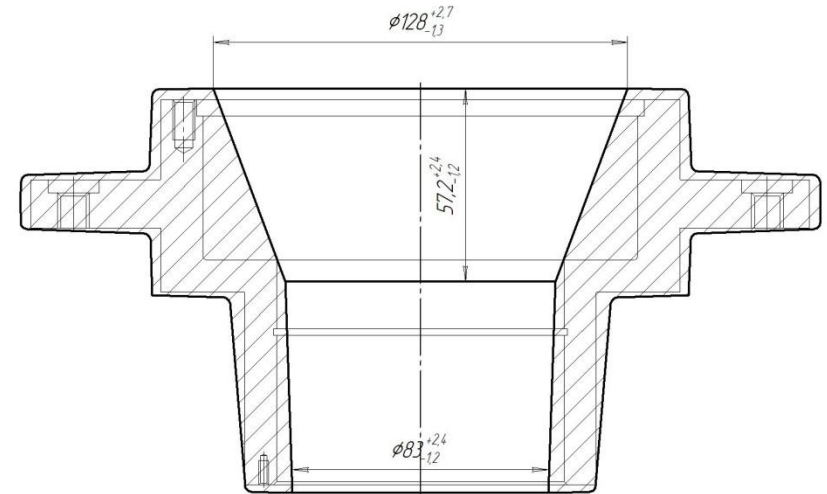
Лист № докум. 08-26.МКР.010.00.001  
Лист № докум. 08-26.МКР.010.00.001  
Лист № докум. 08-26.МКР.010.00.001  
Лист № докум. 08-26.МКР.010.00.001  
Лист № докум. 08-26.МКР.010.00.001

08-26.МКР.010.00.002

Перехід 1



Перехід 2



1. 260...270 НВ.
2. Клас точності штамповки - Т5, група сталі - М2, ступінь складності - С2.
3. Невказані радіуси заокруглень R2 мм.
4. Допустимий заусенець 3 мм.
5. Вихідний індекс - 13.

				08-26.МКР.010.00.002		
Лист	№ докум.	Лист	Листа	Лист	Маса	Масштаб
Резерв	Собчук				11,815	1:1
Проб	Рейнський			Лист		Листів 1
Техпр.						
Начмтр.	Собулук			Сталь 35 ГОСТ 1050-88		
Уліт	Козуб			ВНТУ ст. гр. ППМ-17м Формат А2		
				Копіював		

Лист 01

Лист 02

Лист 03

Лист 04

Лист 05

Лист 06

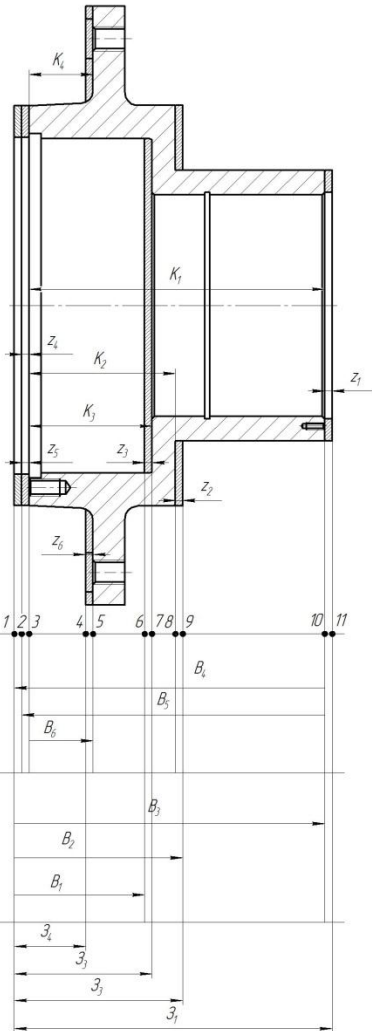
Лист 07

N операції	Операція, переходи	Ескіз обробки, схема установки	Обладнання
005	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити деталь.</li> <li>2. Підрізати торець 1 попередньо.</li> <li>3. Підрізати торець 1 остаточно.</li> <li>4. Розточити поверхню 2 попередньо, 3 однократно.</li> <li>5. Розточити поверхню 2 остаточно.</li> <li>6. Точити послідовно поверхню 4, торець 5 однократно.</li> <li>7. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Токарно-револьверний верстат П14-20ПФ30</p>
010	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити деталь.</li> <li>2. Точити торець 1 однократно.</li> <li>3. Розточити отвір 2 попередньо.</li> <li>4. Розточити канавку 3 попередньо.</li> <li>5. Розточити канавку 3 остаточно.</li> <li>6. Розточити отвір 2 попередньо.</li> <li>7. Розточити отвір 2 попередньо.</li> <li>8. Розточити отвір 2 попередньо.</li> <li>9. Розточити отвір 2 остаточно.</li> <li>10. Розточити фаску 4 однократно.</li> <li>11. Точити послідовно поверхню 5, торець 6, поверхню 7, торець 8 і поверхню 9 однократно.</li> <li>12. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Токарно-револьверний верстат П14-20ПФ30</p>
015	<p>Свердильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити деталь.</li> <li>2. Центрувати 8 отв. 1.</li> <li>3. Свердлити 8 отв. 1.</li> <li>4. Цекувати 8 отв. 2.</li> <li>5. Зенкувати фаски у 8 отв. 1.</li> <li>6. Нарізати різь в 8 отв. 1.</li> <li>7. Центрувати 6 отв. 3.</li> <li>8. Свердлити 6 отв. 3.</li> <li>9. Зенкувати фаски у 6 отв. 3.</li> <li>10. Нарізати різь в 6 отв. 3.</li> <li>11. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2</p>

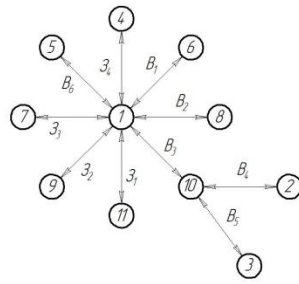
Маршрут механічної обробки деталі (продовження)

N операції	Операція, переходи	Ескіз обробки, схема установки	Обладнання
020	<p>Свердильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити деталь.</li> <li>2. Центрувати 6 отв. 1.</li> <li>3. Свердлити 6 отв. 1.</li> <li>4. Зенкувати фаски у 6 отв. 1.</li> <li>5. Нарізати різь в 6 отв. 1.</li> <li>6. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Вертикально-свердильний верстат 2Р135Ф2</p>

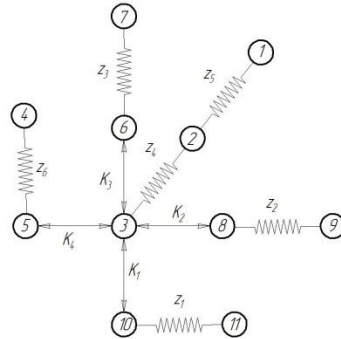
# Розмірний аналіз технологічного процесу



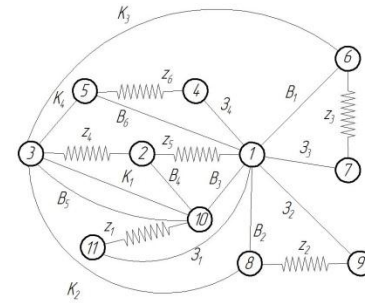
Вихідний граф - дерево



Похідний граф - дерево



Суміщений граф

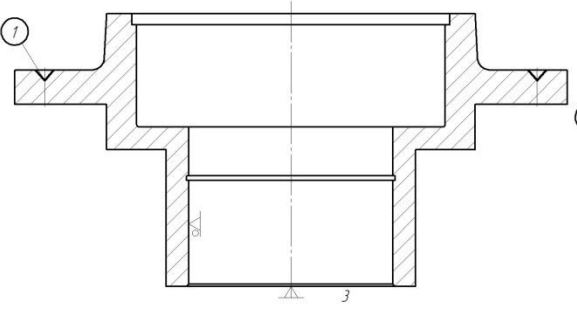


Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та їх допуски, мм

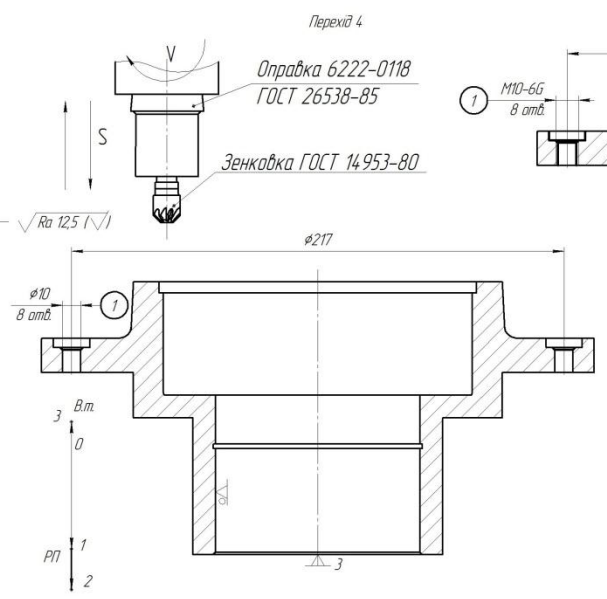
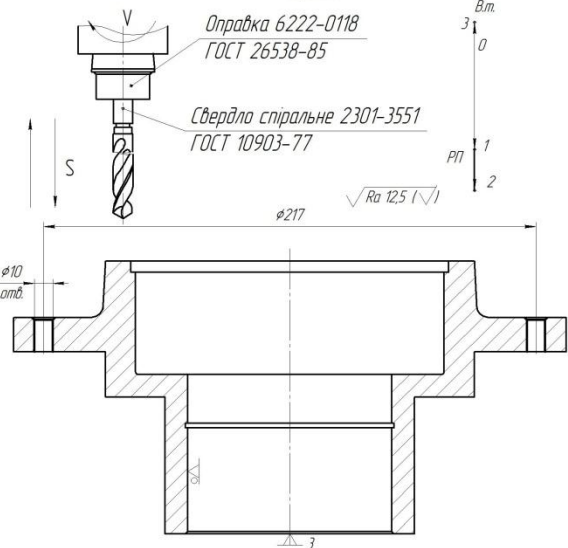
Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру в технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	тип розмір	топ розмір				
$B_1$	37,94	38,56	0,62	38,56	40,975±0,125	-
$B_2$	37,78	38,03	0,25	38,03	32±0,15	-
$B_3$	21,82	22,34	0,52	22,08	122,285±0,435	-
$B_4$	21,5	22,5	1,0	22	121,625±0,175	-
$B_5$	10,65	11,35	0,7	11	120,07±0,07	-
$B_6$	37,38	38	0,62	38	27,955±0,105	-
$z_1$	38,34	38,7	0,36	38,52	-	124,25±11
$z_2$	28,19	28,55	0,36	28,37	-	34,1±0,95
$z_3$	22,54	22,86	0,32	22,7	-	43,05±0,8
$z_4$	22,54	22,86	0,32	22,7	-	29,8±0,65

08-26.МКР.010.00.300

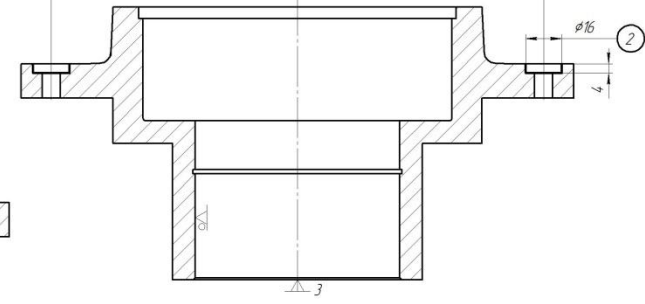
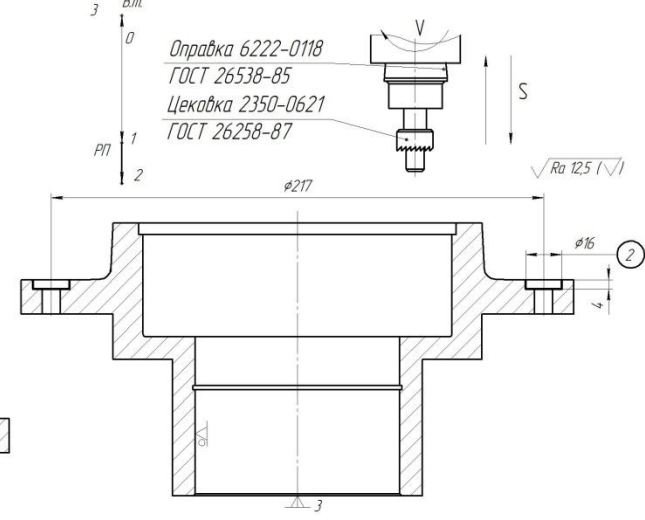
Перехід 1



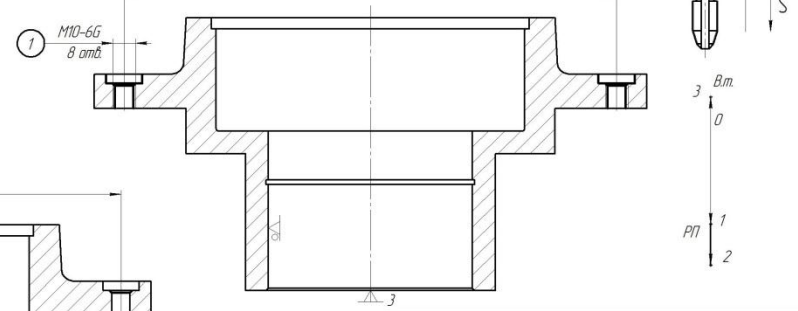
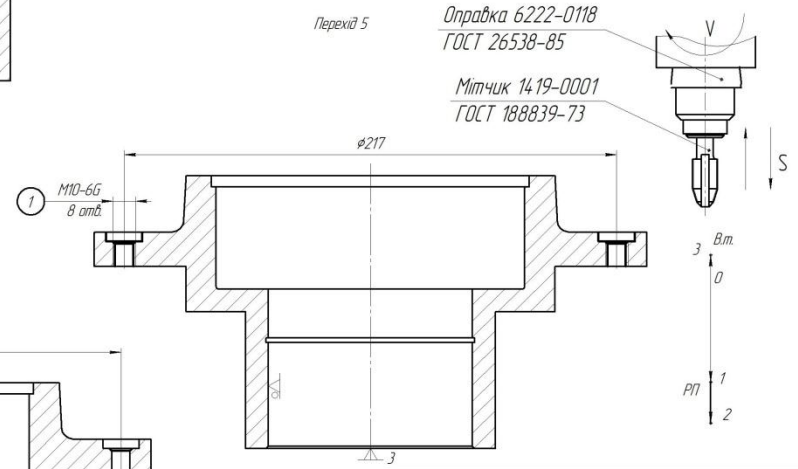
Перехід 2



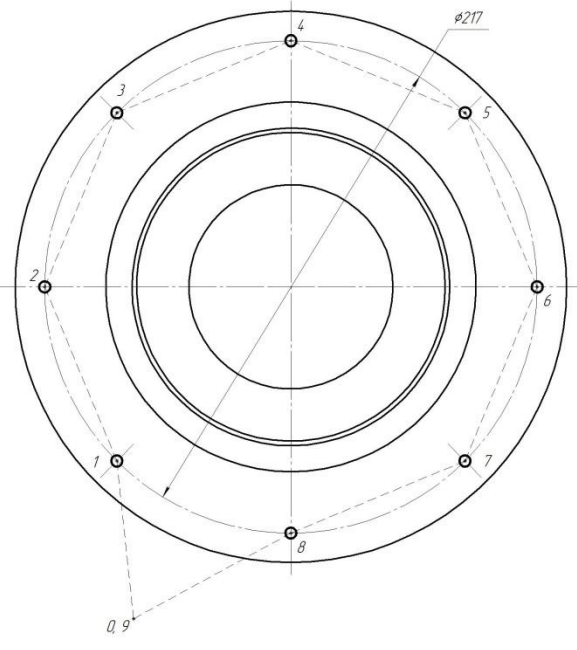
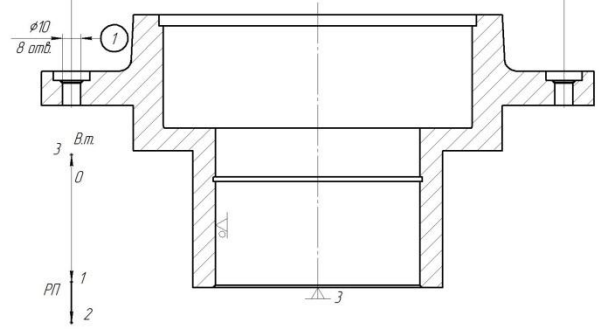
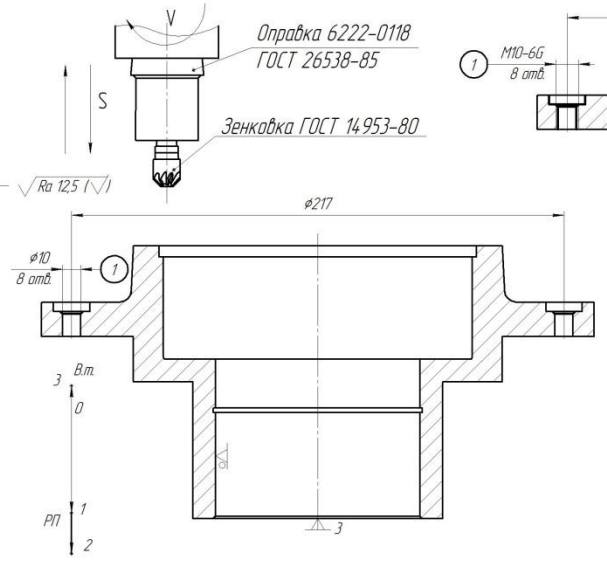
Перехід 3



Перехід 5



Перехід 4



015	5	Нарізати різь в 8 отворях	1	6	1,5	200	0,1
	4	Зенкувати 8 отворів	1	60	2	1100	0,27
	3	Центрувати 8 отворів	2	4,8	4	1000	0,2
	2	Свердлити 8 отворів	1	4,0	5,9	1100	0,23
	1	Центрувати 8 отворів	1	20	1	250	0,09
Матер	Матер	Вертикально-стерильно з ЧПК		Обладнання	В.м/х/д	1.м	П.м/х/д
				2P135Ф2			S <sub>м</sub> /м

08-26.МКР.010.00.300

Карта налагоджень		Лист	Листів
		21	1
Місце	Місце	Місце	Місце
Розроб	Склад	Відп	Відп
Ввод	Введення		
Виход	Вихід		
Місце	Склад	Місце	Місце
Ввод	Введення		
Виход	Вихід		



## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЛИБИНИ РІЗАННЯ НА ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

**Мета роботи** – встановлення залежності впливу глибини різання на режими різання при точінні зовнішньої циліндричної поверхні деталі типу «Ступиця ПМ-04.006».

**Завдання**, які вирішуються при дослідженні:

- вплив глибини різання на швидкість різання  $V$ , м/хв.;
- вплив глибини різання на частоту обертання  $n$ , об/хв.;
- вплив глибини різання на подачу  $S$ , мм/об.;
- вплив глибини різання на поздовжню подачу  $S_{\text{позд}}$ , мм/хв.;
- вплив глибини різання на складову сили різання  $P_z$ , Н;
- вплив глибини різання на потужність різання  $N$ , кВт.

Розглянуто обробку діаметральної поверхні розміром  $\varnothing 90P7\left(\begin{smallmatrix} -0,024 \\ -0,059 \end{smallmatrix}\right)$ .

Виконується чорнове розточування діаметральної поверхні з різними глибинами різання  $t$ : 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5 мм.

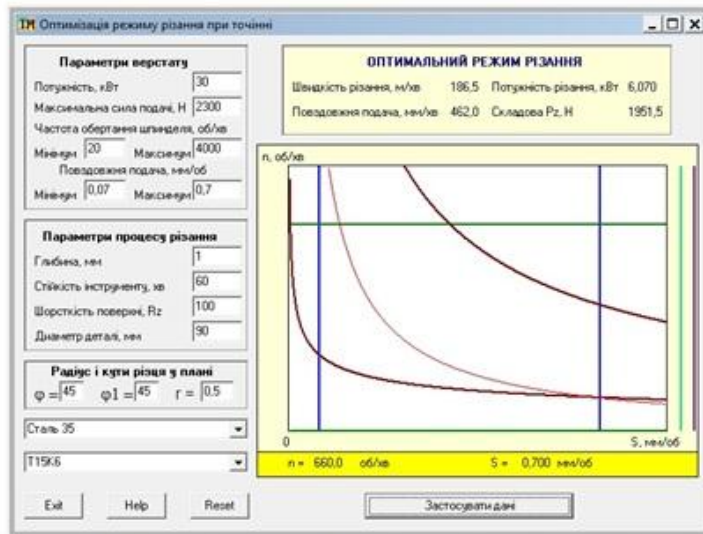


Рисунок 1 – Оптимізація режимів різання для чорнового розточування  $\varnothing 90P7\left(\begin{smallmatrix} -0,024 \\ -0,059 \end{smallmatrix}\right)$  при  $t = 1,0$  мм

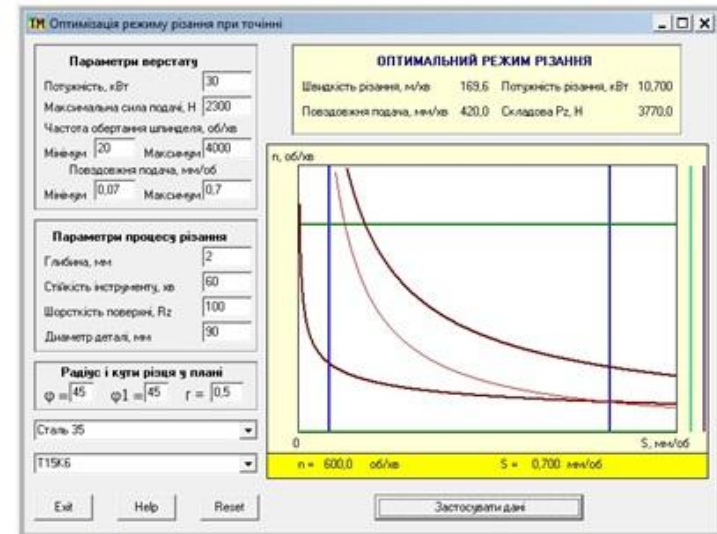


Рисунок 2 – Оптимізація режимів різання для чорнового розточування  $\varnothing 90P7\left(\begin{smallmatrix} -0,024 \\ -0,059 \end{smallmatrix}\right)$  при  $t = 2,0$  мм

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЛИБИНИ РІЗАННЯ НА ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ (продовження)

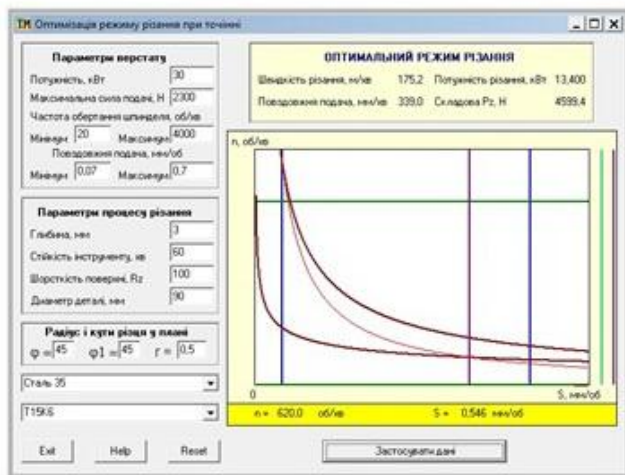


Рисунок 3 – Оптимізація режимів різання для чорнового розточування  $\varnothing 90P7^{(-0,024)}_{(-0,059)}$  при  $t = 3,0$  мм

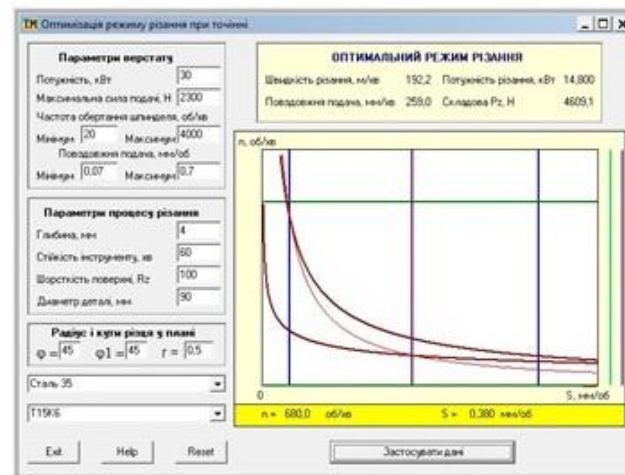


Рисунок 4 – Оптимізація режимів різання для чорнового розточування  $\varnothing 90P7^{(-0,024)}_{(-0,059)}$  при  $t = 4,0$  мм

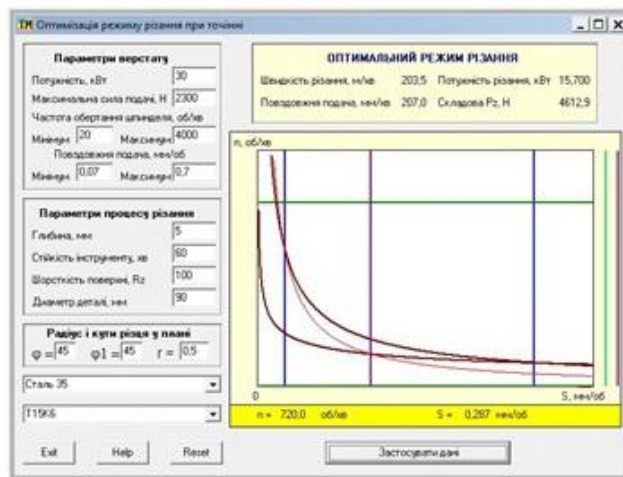


Рисунок 5 – Оптимізація режимів різання для чорнового розточування  $\varnothing 90P7^{(-0,024)}_{(-0,059)}$  при  $t = 5,0$  мм

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЛИБИНИ РІЗАННЯ НА ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ (продовження)

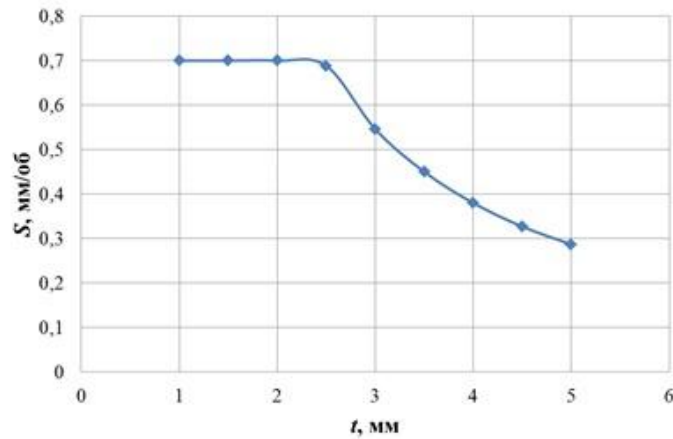


Рисунок 6 – Залежність оптимального значення подачі  $S$  від глибини різання  $t$

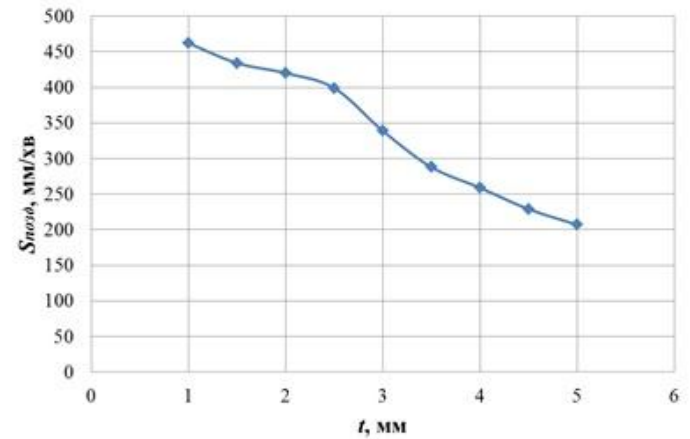


Рисунок 7 – Залежність оптимального значення поздовжньої подачі  $S_{позд}$  від глибини різання  $t$

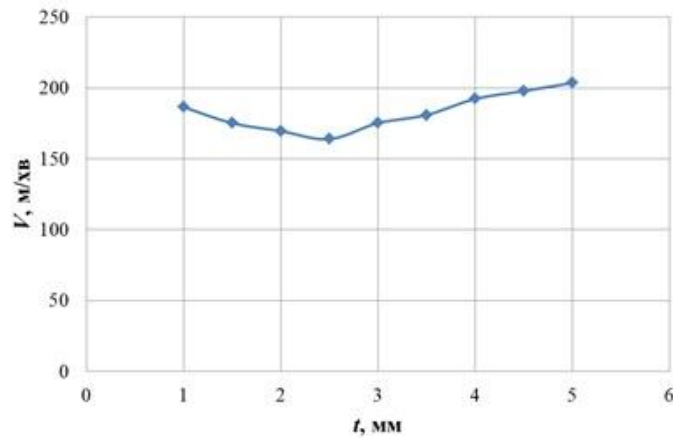


Рисунок 8 – Залежність оптимального значення швидкості різання  $V$  від глибини різання  $t$

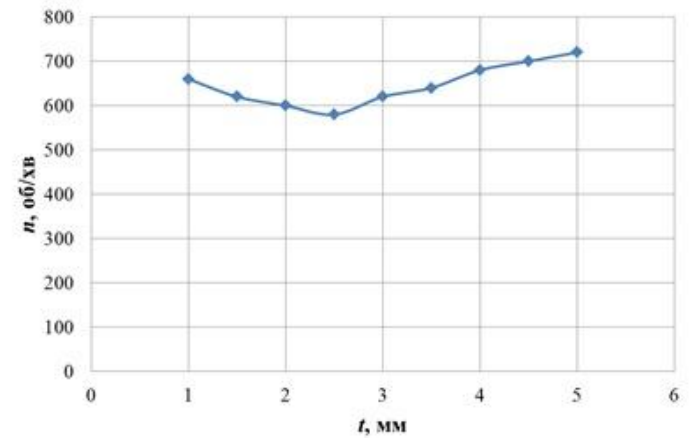


Рисунок 9 – Залежність оптимального значення частоти обертання  $n$  від глибини різання  $t$

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЛИБИНИ РІЗАННЯ НА ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ (продовження)

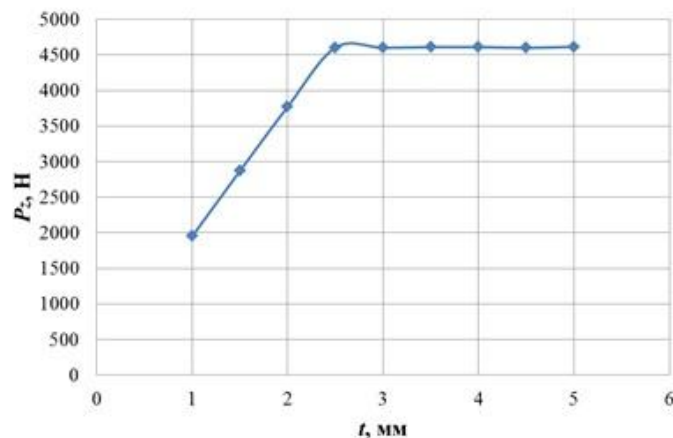


Рисунок 10 – Залежність оптимального значення складової сили різання  $P_z$  від глибини різання  $t$

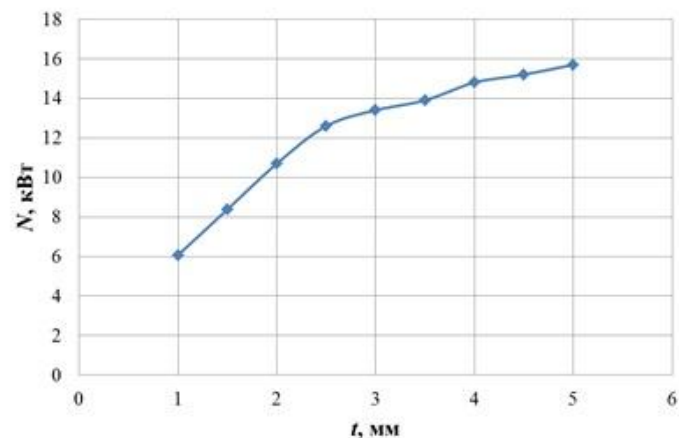


Рисунок 11 – Залежність оптимального значення потужності різання  $N$  від глибини різання  $t$

### Висновки

1. Оптимальне значення подачі  $S$  при невеликих глибинах різання  $t$  (1,0-2,5 мм) практично залишається незмінним. При збільшенні глибини різання від 2,5 до 5,0 мм залежність має нелінійний характер, оптимальне значення подачі зменшується при збільшенні глибини різання.
2. Оптимальне значення поздовжньої подачі  $S_{\text{позд}}$  нелінійно зменшується від глибини різання  $t$ .
3. Оптимальна швидкість різання  $V$  та частота обертання шпинделя  $n$  при невеликих глибинах різання (від 1,0 до 2,5 мм) зменшується при постійній оптимальній подачі. При збільшенні глибини різання (від 2,5 до 5,0 мм) оптимальне значення подачі зменшується і при цьому зростають оптимальна швидкість різання  $V$  та частота обертання шпинделя  $n$ .
4. Залежність оптимального значення складової сили різання  $P_z$  від глибини різання  $t$  має змінний характер. В діапазоні від 1,0 до 2,5 мм вона зростає при збільшенні глибини різання. При збільшенні глибини різання від 2,5 до 5,0 мм залежність є незмінною (постійне значення  $P_z$ ).
5. Оптимальне значення потужності різання  $N$  має нелінійну залежність від глибини різання  $t$ . При збільшенні глибини різання оптимальне значення потужності різання збільшується.
6. Методика, результати досліджень можуть використовуватися в навчальному процесі, а також в умовах реального виробництва.



**Техніко-економічні показники спроектованого  
технологічного процесу та дільниці механічної обробки**

Показники	По базовому варіанту	По розробленому технологічному процесу
Маса деталі, кг	8,52	8,52
Маса заготовки, кг	11,96	11,82
Коефіцієнт точності маси заготовки	0,71	0,72
Вартість заготовки, грн.	157,51	152,75
Економічний ефект вибору способу виготовлення заготовки, грн.	–	8700
Середній розряд робітників	6	3
Кількість верстатів	2	2
Площа, зайнята верстатами, м <sup>2</sup>	80	78
Кількість робітників	3	2
Капітальні вкладення, грн.	–	282215,1
Собівартість деталі, грн.	271,5	224,36
Економічний ефект, грн.	–	332307,8
Термін окупності капітальних вкладень, років	–	0,85

## Висновки

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблено та економічно обґрунтовано удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Ступиця ПМ-04.006». При цьому поставлено і виконано такі завдання.

1. Визначено тип виробництва і форма організації роботи, виконано аналіз технологічності конструкції деталі, вибрано спосіб виготовлення заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння доцільних варіантів – штампування на гідравлічних пресах і штампування на гвинтових пресах. Для цих способів спроектовано заготовки та техніко-економічним порівнянням встановлено, що економічно доцільнішим варіантом є виготовлення заготовки штампуванням на гідравлічних пресах, оскільки вартість заготовки при цьому складає 152,75 грн., що менше у порівнянні з штампуванням на гвинтових пресах – 157,51 грн.

2. Вибрано чистові і чорнові технологічні бази, спроектовано технологічний процес, виконано розмірний аналіз технологічного процесу, вибрано припуски на механічну обробку, встановлено режими різання та норми часу на виконання переходів і операцій.

3. Технологічний маршрут механічної обробки заготовки розроблений на основі типових технологічних процесів виготовлення подібних деталей, що дало змогу прискорити процес проектування і покращити якість розробки. Обладнання вибрано з урахуванням нових тенденцій обробки різанням, з урахуванням можливості використання високопродуктивних методів. Саме тому акцент було зроблено на виборі верстатів з ЧПК. Вибір моделей верстатів, способів виготовлення заготовки виконано на основі техніко-економічних розрахунків, що дало можливість вибрати оптимальний варіант.

4. Проведено дослідження впливу глибини різання на вибір оптимальних режимів різання при розточуванні циліндричної поверхні  $\varnothing 90P7$  мм.

5. Для удосконаленого технологічного процесу розроблено план дільниці механічної обробки, яка по ходу технологічної обробки містить 2 верстати, що обслуговуються 2 основними і 4 допоміжними працівниками; при обробці приведеної програми побудовані графік завантаження обладнання та графік використання обладнання за основним часом.

6. Виконані розрахунки капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу та дільниці для його реалізації, які склали 282215,1 грн. Визначено собівартість продукції, економічний ефект від впровадження удосконаленого технологічного процесу склав 332307,8 грн. На основі отриманих даних спрогнозовано термін окупності впровадження технологічного процесу – 0,85 року, що не перевищує рекомендованого значення 3-5 років.

7. У розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Ступиця ПМ-04.006», розглянуті організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи та протипожежного захисту, виконане індивідуальне завдання по визначенню звукоізоляції цегляної стіни, проведено оцінку стійкості роботи дільниці механічної обробки в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

**Дякую за увагу!**