

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

***Удосконалення технологічного процесу механічної
обробки заготовки деталі типу «Корпус свердлильної
головки»***

Виконав: ст. гр. 1ПМ-17м

Підлубний В. А.

Керівник: к.т.н., проф. каф. ТАМ

Дерібо О. В.

Мета і завдання дослідження

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус свердлильної головки» та порівняльний аналіз техніко-економічних показників обробки заготовок партії деталей на верстатах з ЧПК з побудовою маршрутів механічної обробки за принципами диференціації і концентрації операцій, а також виявлення факторів, які найсуттєвіше впливають на точність фінішної механічної обробки.

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

- 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;
- визначення оптимальних режимів різання;
- встановлення технічних норм часу на операції;
- виконання порівняльного аналізу показників точності, що забезпечуються тонким розточуванням на токарному верстаті з ЧПК;
- розрахунок кількості обладнання та працівників;
- розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого технологічного процесу;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення корпусних деталей.

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус свердлильної головки».

Наукова новизна, практичне значення одержаних результатів

Наукова новизна одержаних результатів. Отримав подальший розвиток метод порівняльного аналізу показників точності, які забезпечується тонким розточуванням головних отворів на токарних верстатах з ЧПК.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус свердлильної головки». При цьому запропоновані такі нові рішення:

- для найдодільніших способів виготовлення заготовки литтям – в піщано-глинисті форми (з машинним формуванням) і литтям в оболонкові форми спроектовано заготовки та техніко-економічним порівнянням встановлено, що економічно доцільнішим варіантом для даних технологічних умов є виготовлення заготовки литтям в піщано-глинисті форми (з машинним формуванням), оскільки вартість заготовки при цьому складає 546,9 грн., що менше у порівнянні з литтям в оболонкові форми – 547,54 грн.;

- розроблений модернізований технологічний процес механічної обробки, економічні розрахунки показали, що його впровадження потребує від інвестора 1669965,1 грн. капітальних вкладень, а чистий прибуток складе 2597221 грн., термін окупності становить 7,7 місяці;

- для удосконаленого ТП розроблено план ділянки механічної обробки, на якій використовуються 3 верстати, що обслуговуються 5 основними і 4 допоміжними працівниками; для виготовлення деталей приведеної програми побудовані графік завантаження обладнання та графік використання обладнання за основним часом.

Апробація результатів роботи. Брав участь у 4 науково-технічних і науково-практичних конференціях.

Публікації. Оpubліковано 4 тези доповідей.

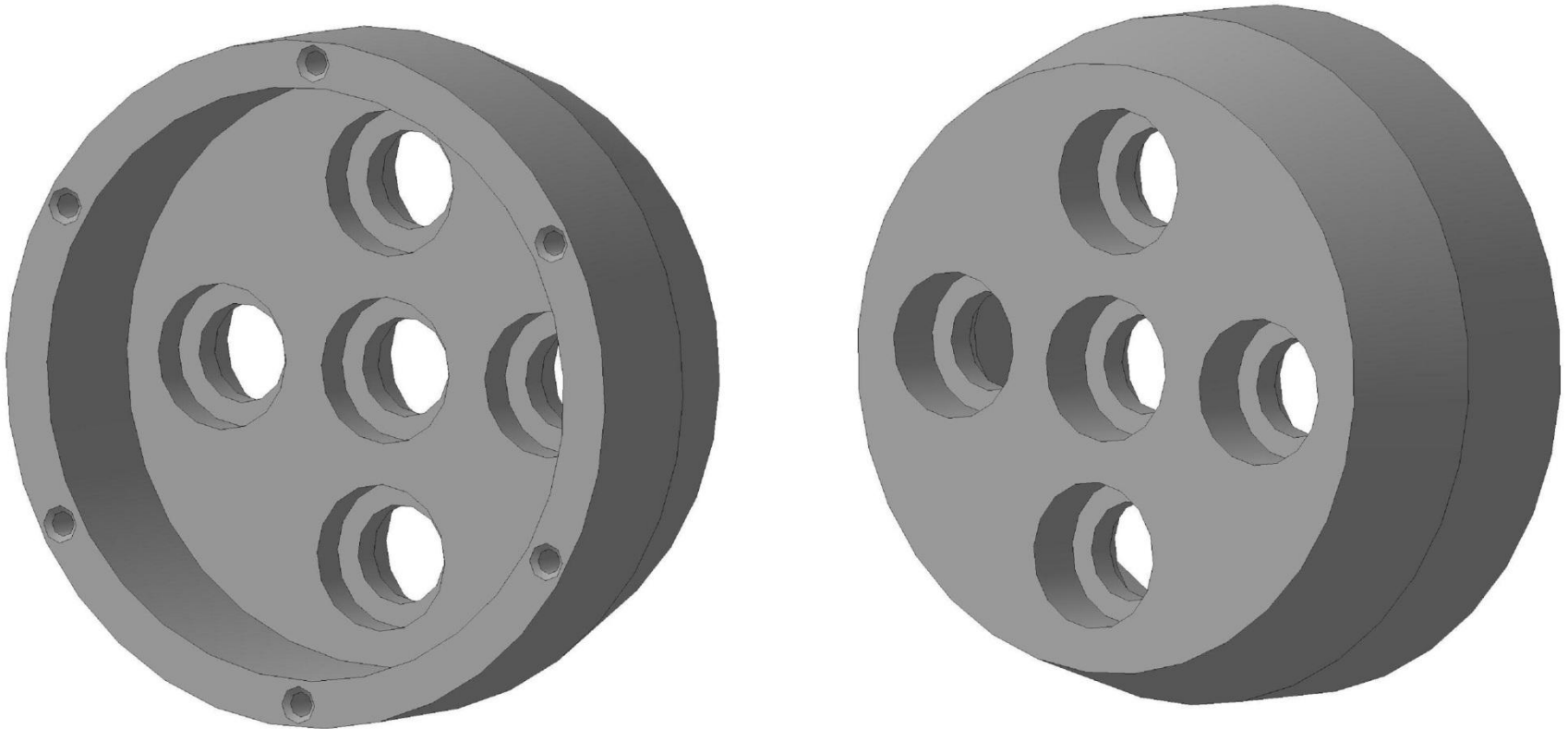
1. Брицький О. Л. Дослідження полімерного робочого органу регулятора витрати / О. Л. Брицький, В. П. Пурдик, В. А. Підлубний // Збірник тез доповідей I-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування», м. Вінниця, 22 грудня 2014 р. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – С. 28–29.

2. Брицький О. Л. Математичне моделювання робочого органу регулятора витрати / О. Л. Брицький, В. П. Пурдик, В. А. Підлубний // Тези доповідей II-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Гідро- та пневмоприводи машин», м. Вінниця, 15-16 листопада 2016 р. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – С. 57.

3. Фізико-механічні характеристики неметалічних елементів, що використовується в гідроапаратурі [Електронний ресурс] / В. П. Пурдик, О. Л. Брицький, В. А. Підлубний, В. В. Кошовий // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2017 р. – Електрон. текст. дані. – 2017. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/3280>.

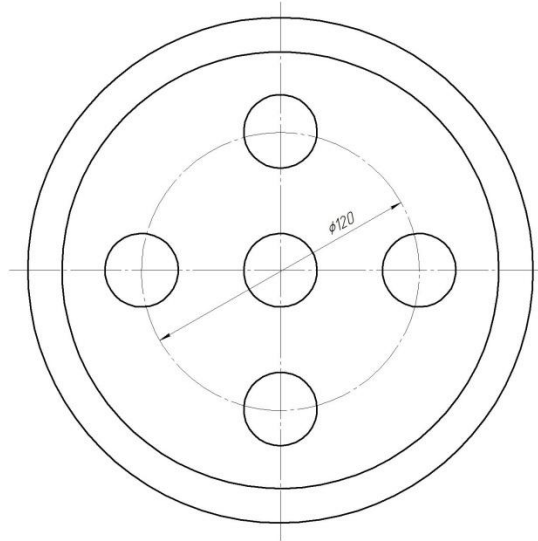
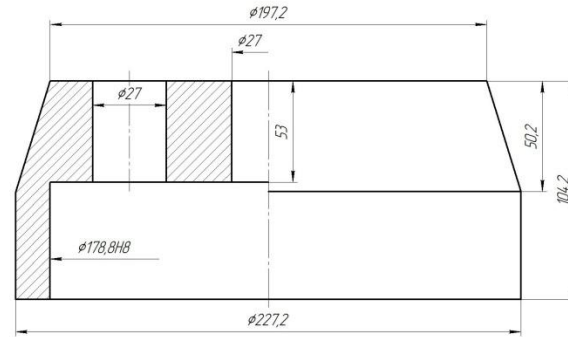
4. Порівняльний аналіз показників точності, що забезпечуються тонким розточуванням на токарному верстаті з ЧПК / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. А. Підлубний // Матеріали III-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування», м. Вінниця, 17-18 грудня 2018 р. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – Режим доступу : <http://tam.vntu.edu.ua>.

*3D-модель деталі
"Корпус свердильної головки"*



√ Ra 32 (√)

08-26.МКР.023.00.002



- 1 Точність виливка 10-6-13-10 Зм. 2 ГОСТ 26644-85.
2. Маса деталі 11,29-5,0-11-16,94.
3. Радіуси заокруглень 15 мм.
4. НВ 10-1-14.3. 289 МПа.
5. Максимальний діаметр 2,2 на глибині 2,3 мм.

№ зм.	№ змін.	Підп.	П.І.П.	Дата	Зміст змін

08-26.МКР.023.00.002					
Мат. Назв.	№ Радіус.	Глиб.	Вис.	Маса	Висота
Радіус	15	53	90,2	16,94	11
Висота	53	90,2	90,2	16,94	11
Маса	11,29	5,0	11,29	16,94	11
Висота	53	90,2	90,2	16,94	11
Корпус свердильної голівки (вилівок)				ВНЧ	
С418 ГОСТ 1050-14				ст. зр. 11М-17м	
Копія				Формат А2	

Маршрут механічної обробки

Маршрут механічної обробки (продовження)

№ Операції	Назва операції по зміст переходів	Схема установки деталі по ескі обробки	Тип і модель обладнання
005	<p>Точарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закрити заготовки 2. Точити торць 1 в розмір 101,02 3. Розточити отвір 2 попередня точити торць 3 в розмір 52,28 4. Точити торць 1 в розмір 99,42 5. Точити торць 13 задово ескою 6. Розточити отвір 2 попередня 7. Розточити отвір 2 остаточно 		<p>Точарно-револьверний з ЧПК ПП.207Р30</p>
010	<p>Точарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закрити заготовки 2. Точити торць 1 в розмір 97,38 поперемн 2,3 попередня 3. Точити торць 1 в розмір 96,21 поперемн 2,3 остаточно 4. Точити торць 1 задово ескою 		<p>Точарно-револьверний з ЧПК ПП.207Р30</p>
015	<p>Комбінована з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закрити заготовки 2. Фрезерувати 5 отвір 1 попередня, площини 2 в розмір 75.67 3. Фрезерувати 5 отвір 1 попередня, площини 2 задово креслення 4. Фрезерувати 5 отвір 1 остаточно 5. Розточити 5 отвір 1 однократно 		<p>Багатопроцесний верстат з ЧПК HAAS TM-9E</p>

Невказанні граничні відхилення розмірів діаметрів- по Н14, h14, а інших - ±IT14/2

№ Операції	Назва операції по зміст переходів	Схема установки деталі по ескі обробки	Тип і модель обладнання
020	<p>Комбінована з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закрити заготовки 2. Центрувати 6 отвір 2 3. Сварити 6 отвір 2 4. Нарізати різь в 6 отвіри 2 5. Фрезерувати 5 отвір 1, 4 попередня, поперемн 3 в розмір 30.1 6. Фрезерувати 5 отвір 1 попередня, поперемн 3 задово ескою 7. Фрезерувати 5 отвір 1, 4 остаточно 8. Розточити 5 отвір 1 однократно 		<p>Багатопроцесний верстат з ЧПК HAAS TM-9E</p>
025	<p>Плоскошліфування</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закрити заготовки 2. Шліфувати поверхню 1 задово ескою 		<p>Плоскошліфувальний ЗК722</p>
030	<p>Плоскошліфування</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закрити заготовки 2. Шліфувати поверхню 1 задово ескою 		<p>Плоскошліфувальний ЗК722</p>

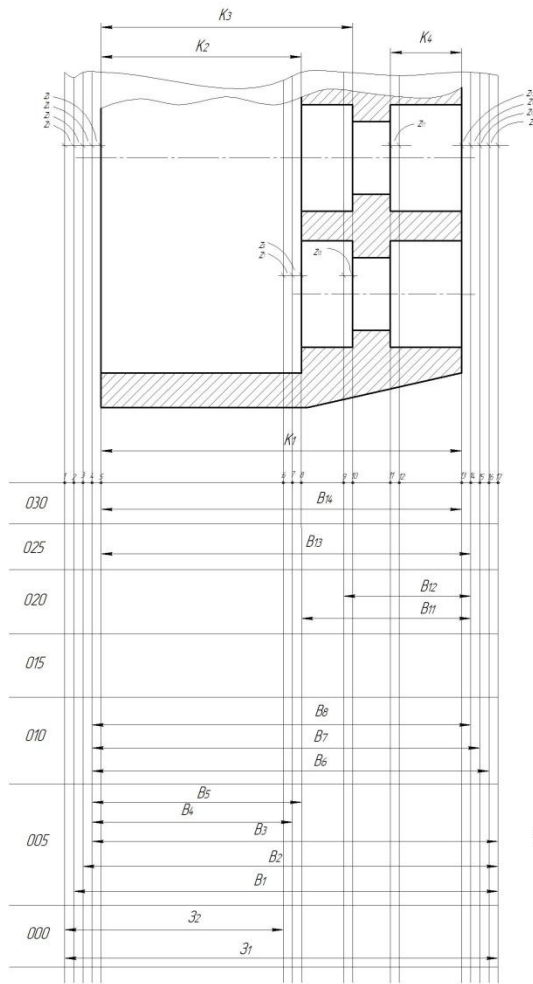
Невказанні граничні відхилення розмірів діаметрів- по Н14, h14, а інших - ±IT14/2

Невказанні граничні відхилення розмірів діаметрів- по Н14, h14, а інших - ±IT14/2

Невказанні граничні відхилення розмірів діаметрів- по Н14, h14, а інших - ±IT14/2

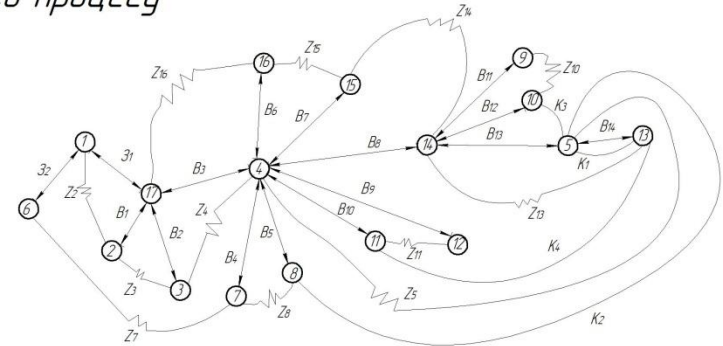
Розмірний аналіз технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу

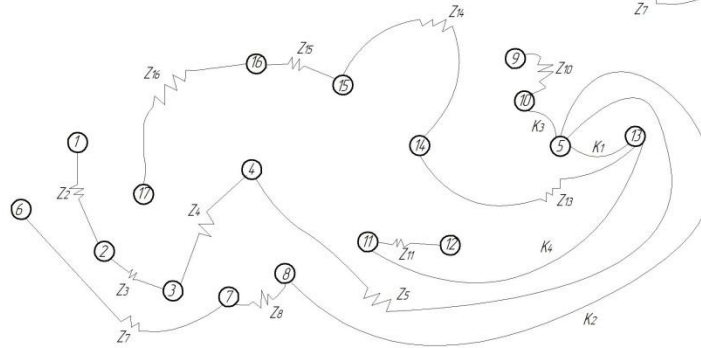


Значення припусків, мм

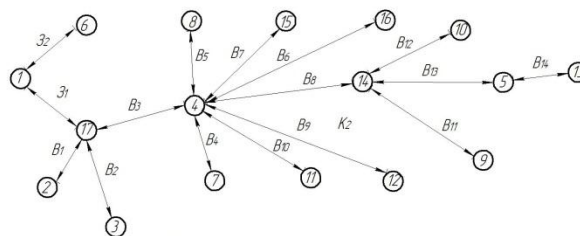
Припуски	Z ₂	Z ₁	Z ₄	Z ₅	Z ₇	Z ₈	Z ₁₀	Z ₁₁	Z ₁₃	Z ₁₄	Z ₁₅	Z ₁₆	
Граничні значення	Z _{ниж}	15	0,3	0,16	0,08	15	0,3	15	15	0,08	0,16	0,3	15
	Z _{верх}	2,7	0,54	0,28	0,14	2,7	0,54	2,7	2,7	0,14	0,28	0,54	0,28



Суміщений граф-дерево



Вихідний граф-дерево



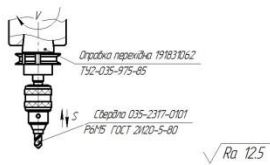
Похідний граф-дерево

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

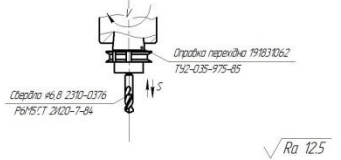
Початковий розмір	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру в технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	тіл розмір	тах розмір				
B ₁	99,72	101,2	0,87	101,2	101 _{0,87}	-
B ₂	99,26	99,42	0,35	99,42	99,4 _{-0,35}	-
B ₃	98,88	99,1	0,22	99,1	99 _{0,22}	-
B ₄	51,99	52,65	0,74	52,65	52,3 _{+0,37}	-
B ₅	51,31	51,61	0,30	51,61	51,61 _{-0,36}	-
B ₆	96,51	97,38	0,87	97,38	97,38 _{-0,34}	-
B ₇	95,86	96,21	0,35	96,21	96,21	-
B ₈	95,48	95,7	0,22	95,7	95,7	-
B ₉	75,46	75,67	0,21	75,67	75,67	-
B ₁₀	74,17	74,19	0,012	74,19	74,19	-
B ₁₁	29,89	30,1	0,25	30,1	30,1	-
B ₁₂	31,3	31,39	0,01	31,39	31,39	-
B ₁₃	95,24	95,4	0,14	95,4	95,4	-
B ₁₄	94,93	95,07	0,14	95,07	95,07	-
Z ₁	102,52	105,72	3,2	105,72	-	104,2
Z ₂	50,43	51,83	1,4	51,83	-	51,2

08-26 МКР.023.00.004

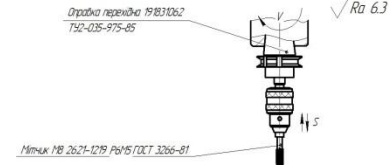
Переві 2



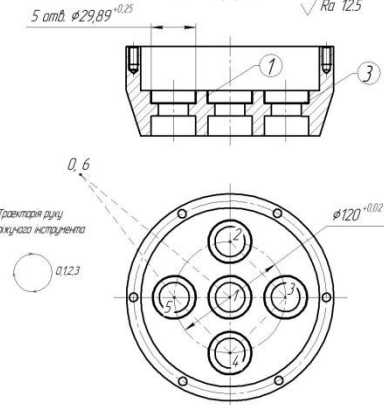
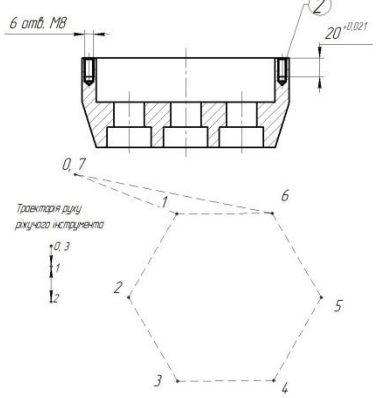
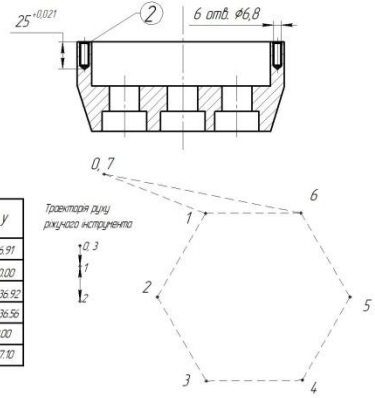
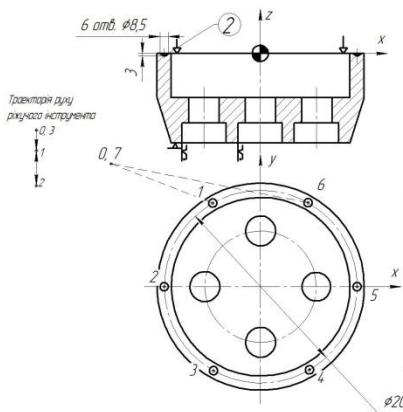
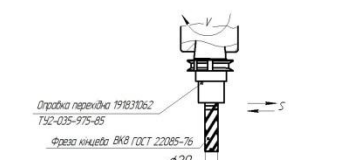
Переві 3



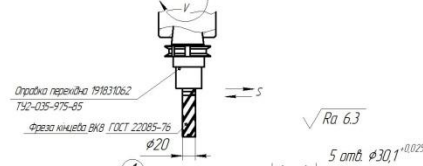
Переві 4



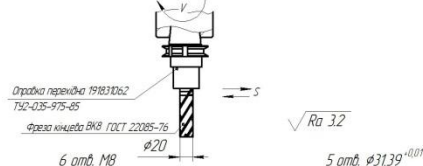
Переві 5



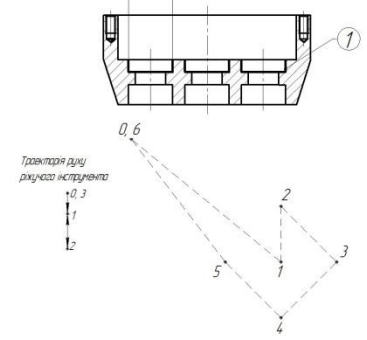
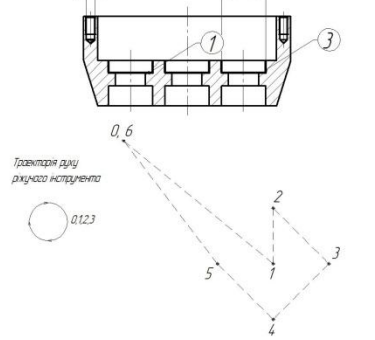
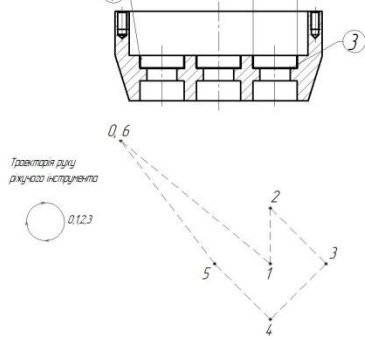
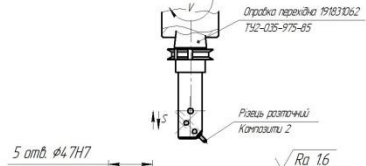
Переві 6



Переві 7



Переві 8



№	операції	кваліфікація	кваліфікація	кваліфікація	кваліфікація	кваліфікація
8	Розточити 5 отвірів 1 однократно.	198.7	13	398	155.22	
7	Фрезерувати 5 отвірів 1 остаточно.	334.41	13	887.51	280	
6	Фрезерувати 5 отвірів 1 попередньо, повертні 3 остаточно.	334.41	13	887.51	150	
5	Фрезерувати 5 отвірів 1 повертні 3 попередньо.	334.41	13	887.51	150	
4	Нарізати різь в 6 отвірів 2.	10.2	20	828	0.75	
3	Свердлити в отвірів 2.	27.5	25	668.79	0.39	
2	Центрувати в отвірів 2.	27.5	3	1123	0.13	

№	атрибути	значення	одиниця	одиниця	одиниця	одиниця
	Кваліфікація з ЧПК	НААС ППМ-РЕ	V	1/100	1 мм	5 мм/об
	Назначення операції	Оброблення				Резьки різання

08-26 МКР.023.00.004

Карта налагоджень
Лист 1 з 12
ВНТУ
ст. гр. ППМ-17н
Формат А1

Лист 1 з 12
Лист 2 з 12
Лист 3 з 12
Лист 4 з 12
Лист 5 з 12
Лист 6 з 12
Лист 7 з 12
Лист 8 з 12
Лист 9 з 12
Лист 10 з 12
Лист 11 з 12
Лист 12 з 12

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ТОЧНОСТІ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬСЯ ТОНКИМ РОЗТОЧУВАННЯМ НА ТОКАРНОМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК

Мета роботи – виявлення ступенів впливу елементарних похибок на сумарну похибку обробки і порівняння величини цієї похибки з табличними (нормативними) значеннями показників точності.

Для діаметрального розміру $\varnothing 190H8^{(+0,072)}$ мм сумарну похибку можна визначити за формулою

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{2}{K} \sqrt{(K_2 \varepsilon_H)^2 + (K_3 \varepsilon_{\text{пц}})^2 + (K_4 \varepsilon_i)^2 + (K_5 \varepsilon_B)^2 + (K_6 \varepsilon_T)^2}. \quad (1)$$

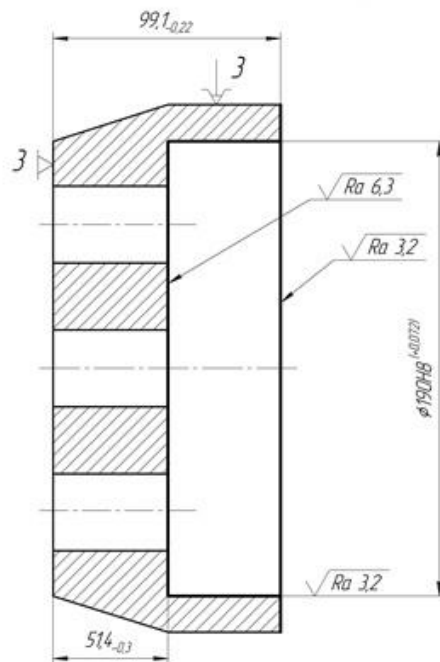


Рисунок 1 – Ескіз обробки

Елементарні похибки

Похибка, що зумовлена пружними деформаціями елементів технологічної системи під дією сили різання визначено за формулою

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{пц}} &= \omega_{\Sigma} (P_{y_{\text{max}}} - P_{y_{\text{min}}}); \\ \varepsilon_{\text{пц}} &= 2 \text{ мкм}. \end{aligned} \quad (2)$$

Похибка настроєння

$$\begin{aligned} \varepsilon_H &= 1,2 \sqrt{\varepsilon_p^2 + \left(\frac{\varepsilon_{\text{вм}}}{2}\right)^2 + \varepsilon_{\text{зм}}^2}, \\ \varepsilon_p &= 10 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_{\text{вм}} = 1 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_{\text{зм}} = 1 \text{ мкм}; \\ \varepsilon_H &= 12 \text{ мкм}. \end{aligned} \quad (3)$$

Похибка позиціонування

$$\varepsilon_{\text{п.р.}} = 7 \text{ мкм}.$$

Похибка, що спричиняється розмірним зносом різця $\varepsilon_i = \varepsilon_k = 10 \text{ мкм}$.

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ТОЧНОСТІ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬСЯ ТОНКИМ РОЗТОЧУВАННЯМ НА ТОКАРНОМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК (продовження)

Похибка, що спричиняється геометричною неточністю верстата

$$\begin{aligned}\varepsilon_B &= L_6 C/l, \\ \varepsilon_B &= 1 \text{ мкм.}\end{aligned}\quad (4)$$

Похибка, що спричиняється, тепловими деформаціями елементів системи ВПД

$$\begin{aligned}\varepsilon_T &= 0,15(\varepsilon_{\text{п.д}} + \varepsilon_{\text{н}} + \varepsilon_{\text{п.р.г.}} + \varepsilon_i + \varepsilon_B), \\ \varepsilon_T &= 5 \text{ мкм.}\end{aligned}\quad (5)$$

Сумарну похибка обробки

$$\varepsilon_{\Sigma} = 40 \text{ мкм.}$$

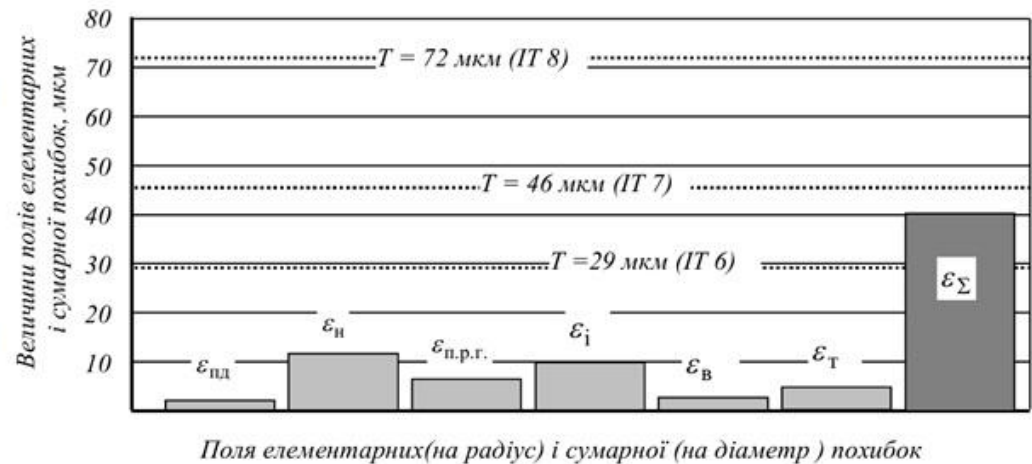


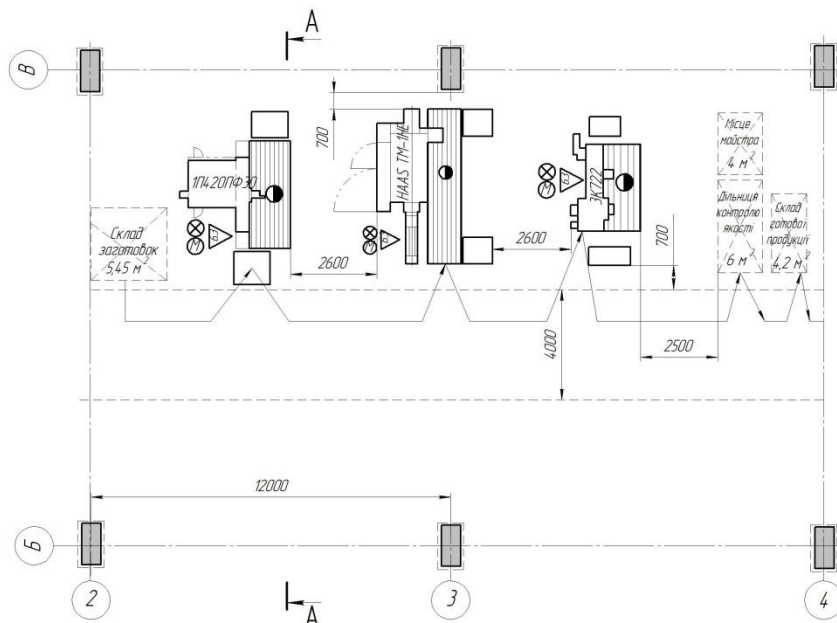
Рисунок 2 – Поля елементарних похибок і сумарної похибки

Висновки

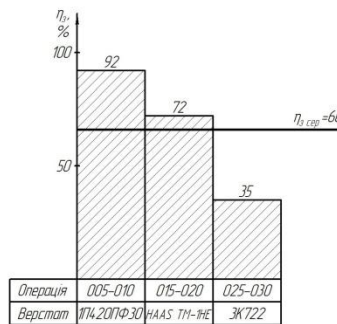
1. З отриманих результатів випливає, що за розглянутих технологічних умов можуть забезпечуватись як 8, так і 7 квалітети точності. Це цілком узгоджується з даними таблиць точності обробки, за умови, що номінальний діаметр оброблюваної поверхні перевищує 50 мм (8 квалітет точності) і 120 мм (7 квалітет точності). Для забезпечення точності за 6 квалітетом з допуском $T = 29$ мкм потрібно зменшувати похибки $\varepsilon_{\text{н.}}$, $\varepsilon_{\text{п.р.г.}}$ і $\varepsilon_{\text{к.}}$. Це можливо за умови обробки на верстаті класу точності В, наприклад, на токарно-револьверному верстаті з ЧПК 160НТ, у якого величина дискрети складає 0,001 мм, а точність позиціювання 0,002 мм по осям X і Z.

2. Результати роботи можуть бути використані для аналізу наявних та під час проектування нових технологічних процесів механічної обробки у машинобудівному виробництві, а також і у навчальному процесі.

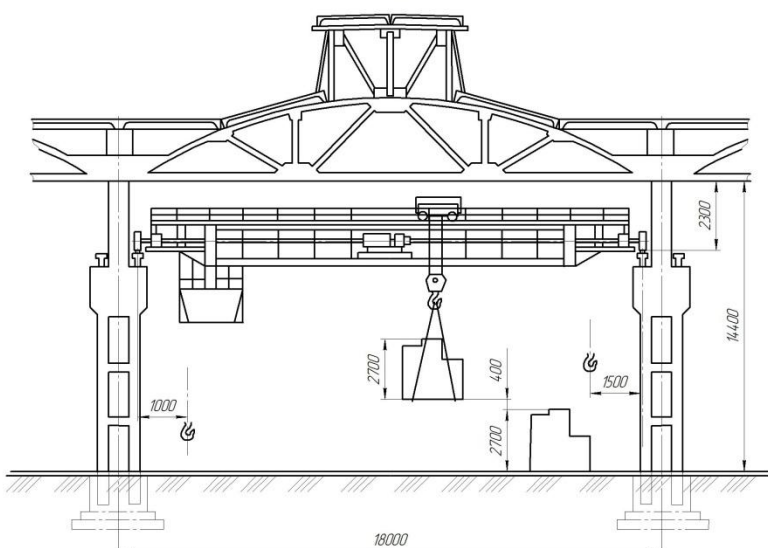
08-26.МКР.023.00.600 В3



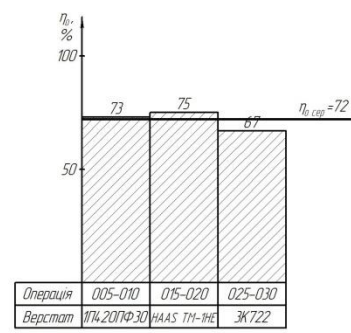
Графік завантаження обладнання



A-A



Графік використання обладнання за основним часом



Технічна характеристика дільниці

- Площа дільниці м²
загальна - 65
виробнича - 45
допоміжна - 19,6
- Кількість працюючих, чол.
робітників основних - 5
допоміжних - 1
ІТР - 1
службовців - 1
МОП - 1
- Верстатів, шт. - 3

				08-26.МКР.023.00.600 В3			
Ім'я	П.Розроб	Лист	Листів	Лист	Масо	Масштаб	
Розроб	Міхалюк В.А.	-	-	-	-	1:75	
Вірн.	Дерв'як О.В.						
Лектор							
Начинст.	Собольов В.В.						
Конт.	Корольов П.						
				План дільниці механічної обробки			
				Лист 1 з 1			
				ВНТУ ст. гр. ПМ-17м			
				Котлярчук			
				Фарчук А.І.			

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>11,29</i>	<i>11,29</i>
<i>2. Маса заготовки, кг</i>	<i>16,68</i>	<i>16,94</i>
<i>3. Коефіцієнт використання матеріалу</i>	<i>0,67</i>	<i>0,66</i>
<i>4. Собівартість заготовки, грн.</i>	<i>547,54</i>	<i>546,9</i>
<i>5. Кількість операцій, шт.</i>	<i>9</i>	<i>6</i>
<i>6. Кількість верстатів, шт.</i>	<i>5</i>	<i>3</i>
<i>7. Кількість основних робітників, чол.</i>	<i>7</i>	<i>5</i>
<i>8. Площа виробнича, м²</i>	<i>75</i>	<i>45</i>
<i>9. Капітальні вкладення, грн.</i>	<i>-</i>	<i>1669965,1</i>
<i>10. Собівартість деталі, грн.</i>	<i>897,19</i>	<i>623,05</i>
<i>11. Економічний ефект, грн.</i>	<i>-</i>	<i>2597221</i>
<i>12. Термін окупності, років</i>	<i>-</i>	<i>0,64</i>

Висновки

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблено та економічно обґрунтовано удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус свердлильної головки». 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 – лиття в піщано-глинисті форми (з машинним формуванням) і лиття в оболонкові форми. Для цих способів спроектовано заготовки та техніко-економічним порівнянням встановлено, що економічно доцільнішим варіантом є виготовлення заготовки литтям в піщано-глинисті форми (з машинним формуванням), оскільки вартість заготовки при цьому складає 546,9 грн., що менше у порівнянні з литтям в оболонкові форми – 547,54 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. Виконано порівняльний аналіз показників точності, що забезпечуються тонким розточуванням на токарному верстаті з ЧПК. З отриманих результатів випливає, що за розглянутих технологічних умов на переході тонкого розточування можуть забезпечуватись як 8, так і 7 квалітети точності. Це цілком узгоджується з даними таблиць точності обробки, за умови, що номінальний діаметр оброблюваної поверхні перевищує 50 мм (8 квалітет точності) і 120 мм (7 квалітет точності). Для забезпечення точності за 6 квалітетом з допуском $T = 29$ мкм потрібно зменшувати похибку настроєння, похибки, що спричиняється неточність позиціювання револьверної головки та похибки корекції вершини різця. Це можливо за умови обробки на верстаті класу точності В, наприклад, на токарно-револьверному верстаті з ЧПК 160НТ, у якого величина дискрети складає 0,001 мм, а точність позиціювання 0,002 мм (по осям X і Z).

Висновки (продовження)

5. Встановлено, що за період між введенням корекції різця на величину дискрети потрібно обробити 6 заготовок. Встановлено також, що на переході тонкого розточування за період стійкості різця за шорсткістю (40000 м) може бути оброблена без знімання різця для переточування вся партія заготовок (147 шт.).
6. Для удосконаленого технологічного процесу розроблено план дільниці механічної обробки, яка по ходу технологічної обробки містить 3 верстати, що обслуговуються 5 основними і 4 допоміжними працівниками; при обробці приведеної програми побудовані графік завантаження обладнання та графік використання обладнання за основним часом.
7. Виконані розрахунки капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу та дільниці для його реалізації, які склали 1669965,1 грн. Визначено собівартість продукції, економічний ефект від впровадження удосконаленого технологічного процесу склав 2597221 грн. На основі отриманих даних спрогнозовано термін окупності впровадження технологічного процесу – 0,64 року, що не перевищує рекомендованого значення 3-5 років.
8. У розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» доведено відповідність впроваджених розробок вимогам безпеки та проаналізовано умови праці на розробленій дільниці механічної обробки, а також виконано розрахунок загального освітлення за методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Дякую за увагу!