

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра ТАМ

Магістерська кваліфікаційна робота

за спеціальністю 131 – Прикладна механіка

на тему:

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня 03-006»

Виконав: ст. гр. 1ПМ-17м

Устич М. І.

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Дусанюк Ж. П.

Мета і завдання дослідження

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є удосконалення технологічного процесу та ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня 03-006» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції.

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

- варіантний вибір способу виготовлення заготовки;
- розробка варіантів маршруту механічної обробки з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них;
- призначення оптимальних режимів різання;
- визначення технічних норм часу;
- аналіз впливу факторів процесу різання на точність обробки за допомогою математичного планування експерименту;
- розрахунок кількості обладнання та працівників ділянки;
- проектування ділянки механічної обробки;
- розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологія виготовлення деталей типу «Вал-шестерня».

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Вал-шестерня 03-006».

Наукова новизна, практичне значення одержаних результатів

Наукова новизна одержаних результатів. Дістало подальший розвиток математичне планування повного трифакторного експерименту для дослідження впливу подачі, глибини різання і головного кута різця в плані на точність обробки діаметральної поверхні деталі типу «Вал-шестерня 03-006».

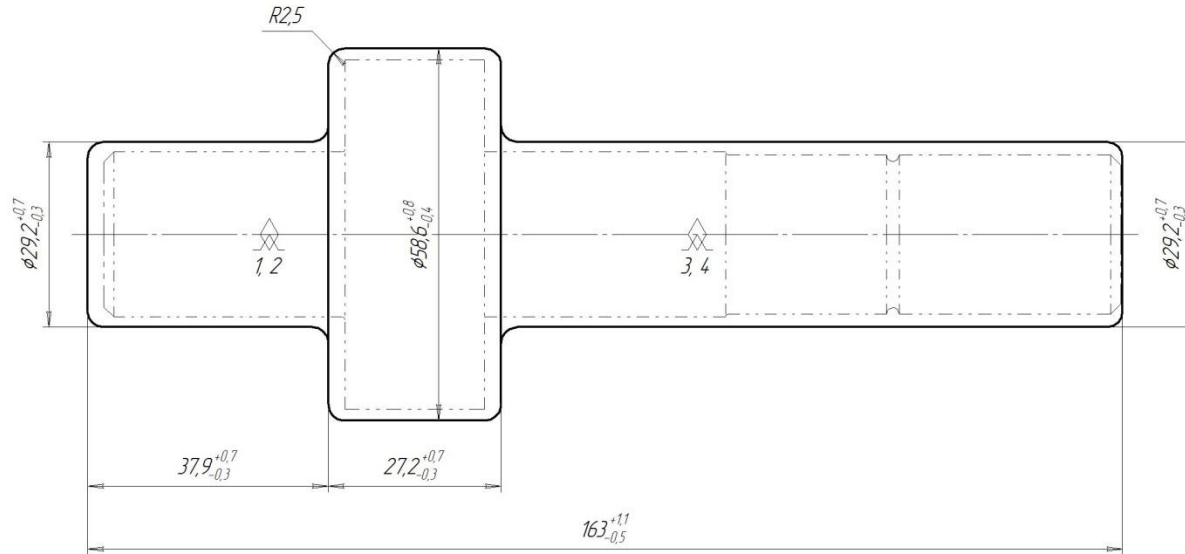
Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня 03-006» та дільниці для його реалізації. При цьому запропоновані такі нові рішення:

- обґрунтовано вибрано оптимальний варіант виготовлення заготовки деталі «Вал-шестерня 03-006»;
- розроблено технологічний процес механічної обробки, економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу;
- встановлено вплив режимів процесу різання (подачі, глибини), а також геометрії інструмента (головного кута в плані) на точність обробки деталі «Вал-шестерня 03-006» за допомогою математичного планування експерименту;
- для удосконаленого ТП встановлено кількість необхідного обладнання, працюючих.

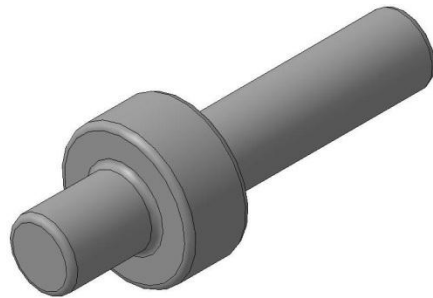
Апробація результатів роботи. Основні положення й результати роботи доповідалися й обговорювалися на XLVI науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (м. Вінниця, ВНТУ, 22-24 березня 2017 р.)

Публікації. Оpubлікована теза доповіді:

- Аналіз впливу факторів процесу різання на точність обробки за допомогою математичного планування експерименту [Електронний ресурс] / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, О. В. Паславська, А. В. Курилець, М. І. Устич // 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/2884>.



3D-модель заготовки



1. Клас точності штампівки – Т3, група сталі – М1, ступінь складності – С2.
2. Неказані штампувальні нахили – 5°, радіуси – 2,5 мм.
3. Допустима величина заусенця – 2,0 мм.
4. Допустиме зміщення по площині роз'єднання штампів – 0,4 мм.
5. Неказані допуски радіусів заокруглень – 0,5 мм.
6. Допустиме відхилення від площинності, прямолінійності, по вигнутості – 0,6 мм.

				08-26.МКР.028.00.002		
Лист	№ докум.	Листів	Листів	Вал-шестерня 03-006 (покавка)		
Резав	Устич М.					
Град	Дисанек ЖГ			Лист 1 / Листів 1		
Технік				Сталь 18ХГТ ГОСТ 2590-2006		
Начальн.	Собуляк В.В.			ВНТУ		
Умб.	Козлов Л.Г.			ст. гр. 1ПМ-17м		
				Формат А2		

Листів у збірці
Листів у деталі
Листів у збірці
Листів у деталі
Листів у збірці
Листів у деталі

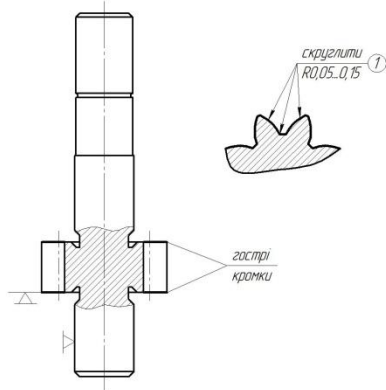
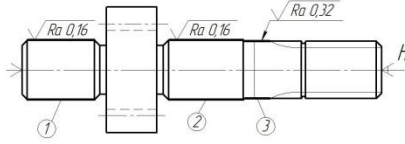
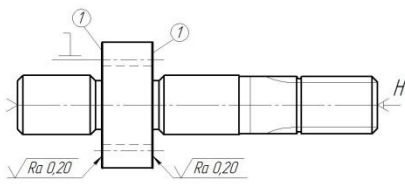
Маршрут механічної обробки

Маршрут механічної обробки (продовження)

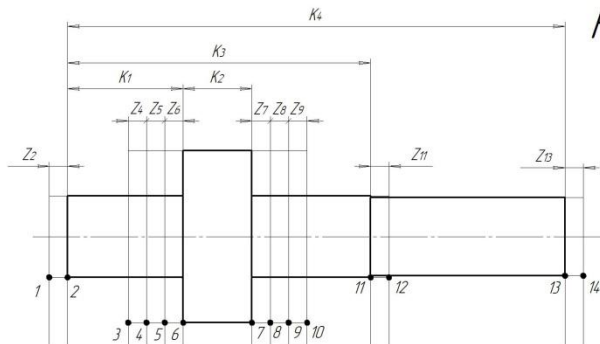
№ операції	Назва операції та зміст переходів	Схема установки та ескіз обробки	Обладнання
005	Фрезерноцентрувальна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати торці 1 і 2. 3. Центрувати торці 1 і 2. 4. Зняти деталь.		Фрезерно-центрувальний верстат МР76М
010	Токарна з ЧПК Установ 1 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити шийку 1, торець 2, поверхню 3 попередньо. 3. Точити канавку 4, однакратна. 4. Точити фаску 5 однакратно, шийку 1, поверхні 2, 3 остаточно. Установ 2 5. Точити шийку 6, 7 і торець 8 попередньо. 6. Точити канавку 9 однакратно. 7. Точити канавку 10 однакратно. 8. Точити фаску 11 однакратно, точити шийку 6, 7, торець 8 остаточно. 9. Зняти деталь.		Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3
015	Зубофрезерна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати в зубці витримуючі розміри 1, 2. 3. Зняти деталь.		Зубофрезерний верстат 5Б312
020	Шлицефрезерна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати 6 шлиців витримуючі розміри 1-4. 3. Зняти деталь.		Шлицефрезерний верстат 5К30ППС

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Схема установки та ескіз обробки	Обладнання
025	Шевінгувальна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Шевінгувати в зубці витримуючі розміри 1. 3. Зняти деталь.		Шевінгувальний верстат АВС-03В-1771
030	Прямівка		07Н105
035	Контроль		Стій ВТК
040	Термообробка		
045	Круглошліфувальна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Шліфувати вінець витримуючі розміри 1. 3. Зняти деталь.		Круглошліфувальний верстат 3А151
050	Круглошліфувальна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Шліфувати шлицеву шийку витримуючі розміри 1. 3. Зняти деталь.		Круглошліфувальний верстат 3М151В
055	Торцекруглошліфувальна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Шліфувати одночасно коротку шийку і торець дінця, витримуючі розміри 1, 2. 3. Зняти деталь.		Торцекруглошліфувальний верстат SASE AM-8201
060	Торцекруглошліфувальна 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Шліфувати одночасно коротку шийку і торець дінця, витримуючі розміри 1, 2. 3. Зняти деталь.		Торцекруглошліфувальний верстат SASE AM-8201

Маршрут механічної обробки (продовження)

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Схема установки та ескіз обробки	Обладнання
065	<p><u>Зубоаокруглювальна</u></p> <p>1. Встановити і закріпити деталь. 2. Притупити гострі кромки по профілю евольвенти і впадин зубів з двох сторін, витримуючи розмір 1. 3. Зняти деталь.</p>		Зубоаокруглювальний верстат НОШ-161
070	<p><u>Суперфінішна</u></p> <p>1. Встановити і закріпити деталь. 2. Суперфінішувати шийки 1, 2, 3 одночасно. 3. Зняти деталь.</p>		Суперфінішний верстат 38795Н19
075	<p><u>Доводочна</u></p> <p>1. Встановити і закріпити деталь. 2. Довести два тарці вінця 1. 3. Зняти деталь.</p>		Шліфувальний верстат НОШ-225

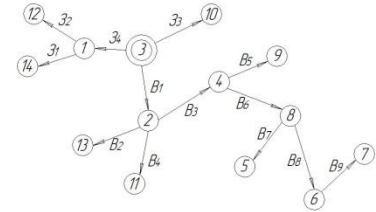
Розмірний аналіз технологічного процесу



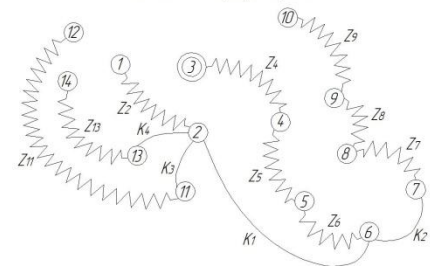
Розмір	З1	З2	З3	З4	В1	В2	В3	В4	В5	В6	В7	В8	В9
Квалітет	15	15	15	15	14	13	13	13	14	13	11	10	9
Попереднє значення допуску, мм	1,2	0,9	0,8	0,8	0,6	0,63	0,30	0,54	0,25	0,13	0,08	0,040	0,040
Остаточне значення допуску, мм	1,2	0,9	0,8	0,8	0,6	0,63	0,27	0,54	0,52	0,25	0,13	0,08	0,040
Остаточний розмір, мм	16,2,8	102,7	26,16	37,68	36,58	160	374,3	100	25,36	24,72	24,35	24,19	24,04

Припуски		Z2	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z11	Z13
Граничні значення, мкм	Z _{мін}	500	700	120	70	70	120	700	600	500
	Z _{мак}	1900	14,70	500	280	235	890	1820	3340	3730

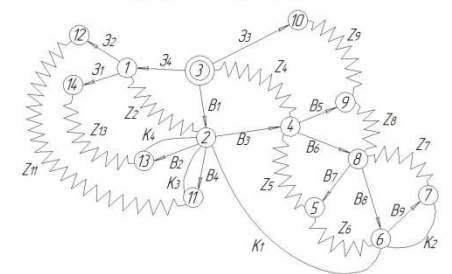
Пахідний граф-дерево



Вихідний граф-дерево

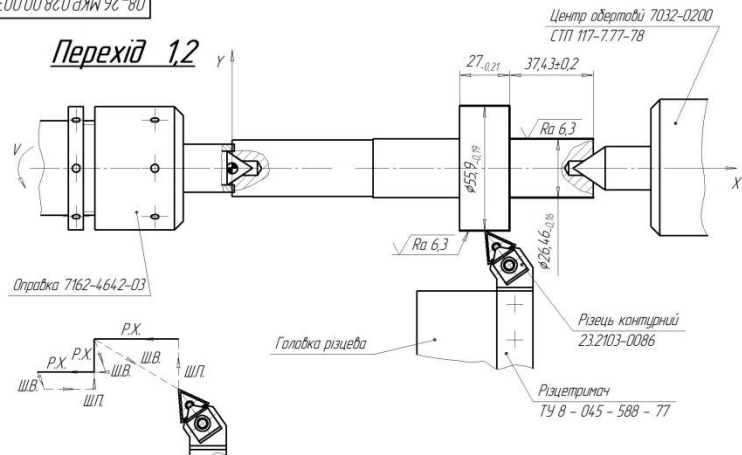


Суміщений граф-дерево

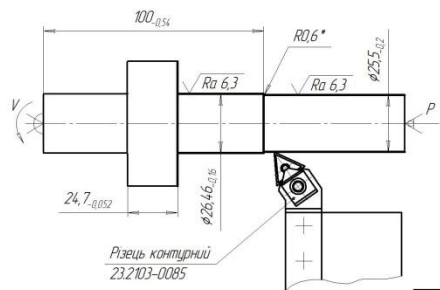


№ операції	Схеми установки деталі	Розмірна схема технологічного процесу	Схеми розмірних ланцюгів
050 Торцевула-шліфування		B9	B9 [K2]
045 Торцевула-шліфування		B8	[Z7] B9
010 Токарна з ЧФК (перевід 7)		B7	B7 B8 [Z6]
010 Токарна з ЧФК (перевід 5)		B6	B7 B6 [Z5]
010 Токарна з ЧФК (перевід 2)		B5 B4	B5 B6 [Z4] K3 B4
010 Токарна з ЧФК (перевід 1)		B3	B3 B4 [K1] Z6 Z5 B3
005 Фрезерувальний		B1 B2	B2 B3 B6 [K4] B3 B6
000 Попередньо-кінцеве протітпання		З4 З3 З2 З1	З4 B1 B4 З4 B2 З4 [Z2] B1 З3 B5 [Z11] B1 [Z13] З1

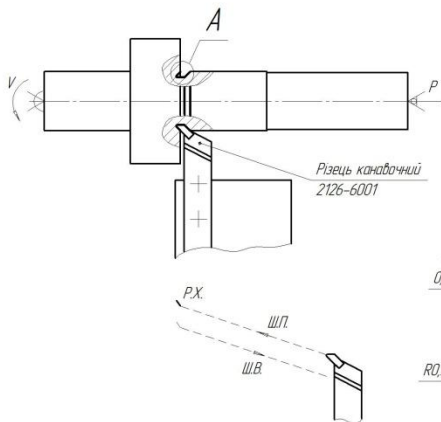
Перехід 12



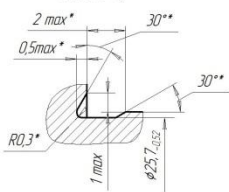
Перехід 5



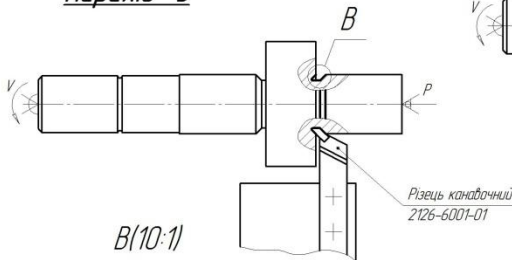
Перехід 6



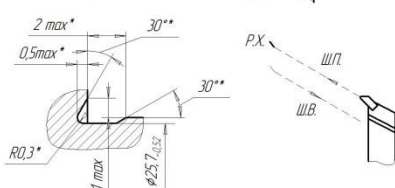
A(10:1)



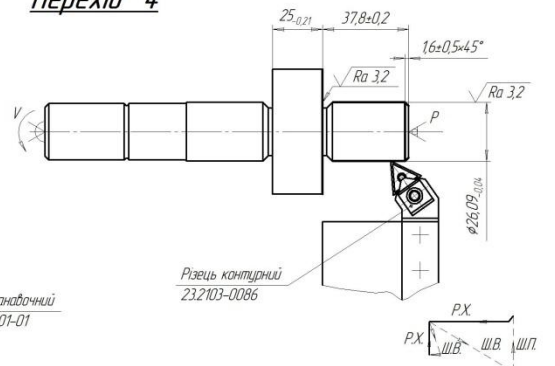
Перехід 3



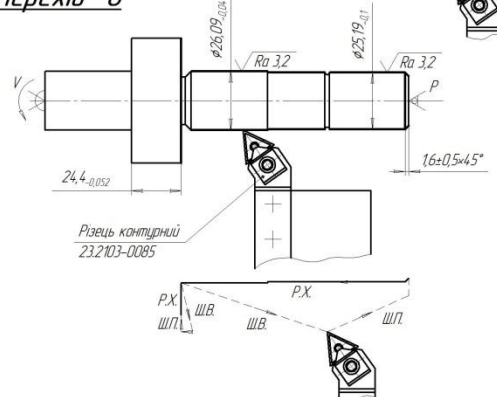
B(10:1)



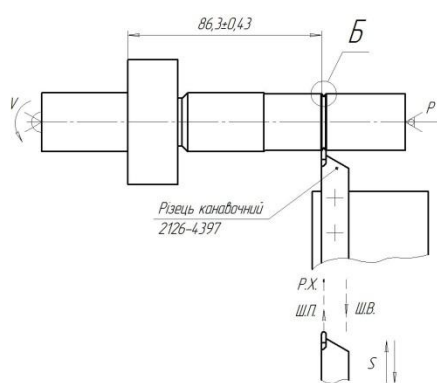
Перехід 4



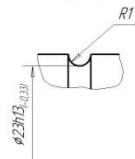
Перехід 8



Перехід 7



B(5:1)



№	операция	Инструмент	Угол	Скорость	Питание	Смазка
8	точити тарець 8 остаточно	172.7	0.2	1000	0.2	
	точити шилку 7 остаточно	166.4	0.2	2000	0.2	
	точити шилку 6 остаточно	160.7	0.2	2000	0.2	
7	точити фаску 11 однократно	160.7	0.2	2000	0.2	
8	точити канавку 10 однократно	80.07	0.2	1000	0.2	
6	точити канавку 9 однократно	83.2	0.2	1000	0.2	
7	точити тарець 8 попередньо	108.8	0.5	630	0.5	
5	точити шилку 7 попередньо	86.35	0.6	500	0.6	
5	точити шилку 6 попередньо	87.2	0.6	1000	0.6	
	точити тарець 2 остаточно	172.7	0.3	1000	0.2	
	точити шилку 1 остаточно	166.4	0.15	2000	0.2	
4	точити фаску 5 однократно	166.4	0.8	2000	0.2	
3	точити канавку 4 однократно	83.2	0.5	1000	0.2	
	точити поверхность 3 попередньо	86.35	0.7	500	0.6	
	точити тарець 2 попередньо	108.8	0.9	630	0.5	
2	точити шилку 1 попередньо	87.2	0.9	1000	0.6	

№	операция	Инструмент	Угол	Скорость	Питание	Смазка
010						
Токарная ЧПК			16K20ФЗ	V	f	S
Наименование операции			Обладания	м/об	л/м	мм/об
Режимы резания						
08-26.МКР.028.00.003						
Карта наладочной						
Имя	И.Фамилия	Личн.	Лист	Масштаб	Масштаб	Масштаб
Разработчик	Мельник И.И.					
Проверил	Диканько Ж.П.					
Лист	1	Листов	1			
Исполнитель	Собуляк В.В.					
Место	Ковалев Л.					
Контроль						
ВНТЗ, стр. 89, ИРЧ-17н, черт. А1						

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ТОЧНІСТЬ ОБРОБКИ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Мета роботи – дослідження впливу факторів процесу різання на точність обробки діаметрального розміру під впливом сил різання за допомогою математичного планування експерименту.

Планування експерименту і побудова математичної моделі у разі повного факторного експерименту включає декілька **етапів** роботи:

- встановлення граничних значень та нульового рівня факторів;
- вибір матриці планування експерименту;
- проведення експериментальних дослідів;
- розрахунок коефіцієнтів та побудова математичної моделі;
- статистичний аналіз математичної моделі.

Розглядається деталь «Вал-шестерня» зовнішня діаметральна поверхня якої обробляється точінням на токарному верстаті. Аналізується вплив наступних факторів: величини подачі S , глибини різання t і головного кута різця в плані φ на точність обробки діаметральної поверхні d .

Таблиця 1 – Рівні факторів

Рівні факторів	S , мм/об	t , мм	φ , град
	x_1	x_2	x_3
Основний	0,5	2	60
Інтервал варіювання	0,25	1,5	15
Верхній	0,75	3,5	75
Нижній	0,25	0,5	45

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ТОЧНІСТЬ ОБРОБКИ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ (продовження)

Для оцінки впливу обраних факторів на параметр оптимізації і математичного опису розглядуваного процесу математична модель має вигляд

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (1)$$

Таблиця 2 – Матриця планування повного трифакторного експерименту

Номер дослід	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	Результати дослідів \bar{y} , мкм
1	+	-	-	-	+	+	+	-	58,3
2	+	+	-	-	-	-	+	+	55,3
3	+	-	+	-	-	+	-	+	85,7
4	+	+	+	-	+	-	-	-	124,7
5	+	-	-	+	+	-	-	+	50,0
6	+	+	-	+	-	+	-	-	56,7
7	+	-	+	+	-	-	+	-	55,3
8	+	+	+	+	+	+	+	+	107,0

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і нехтування статистично незначущих коефіцієнтів отримано

$$\hat{y} = 74,1 + 11,8x_1 + 19,1x_2 - 6,9x_3 + 10,9x_1x_2 + 2,8x_1x_3 - 5,2x_2x_3, \quad (2)$$

або у розгорнутому вигляді з використанням натуральних значень факторів

$$\hat{y} = 74,1 + 11,8 \frac{S-0,5}{0,25} + 19,1 \frac{t-2}{1,5} - 6,9 \frac{\varphi-60}{15} + 10,9 \left(\frac{S-0,5}{0,25} \right) \left(\frac{t-2}{1,5} \right) + 2,8 \left(\frac{S-0,5}{0,25} \right) \left(\frac{\varphi-60}{15} \right) - 5,2 \left(\frac{t-2}{1,5} \right) \left(\frac{\varphi-60}{15} \right). \quad (3)$$

Оскільки $F_p = 0,131 \leq F_{табл} = 4,49$, то модель є адекватною.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ТОЧНІСТЬ ОБРОБКИ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

(продовження)

Висновки.

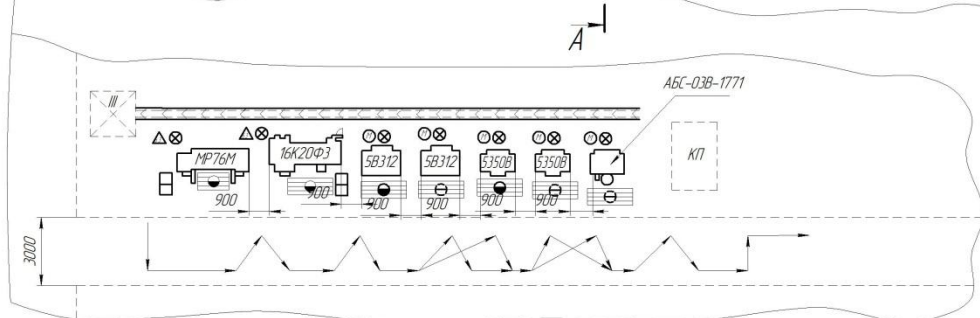
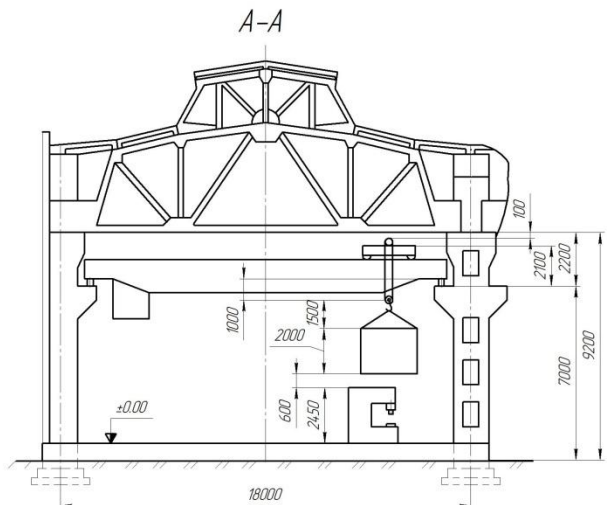
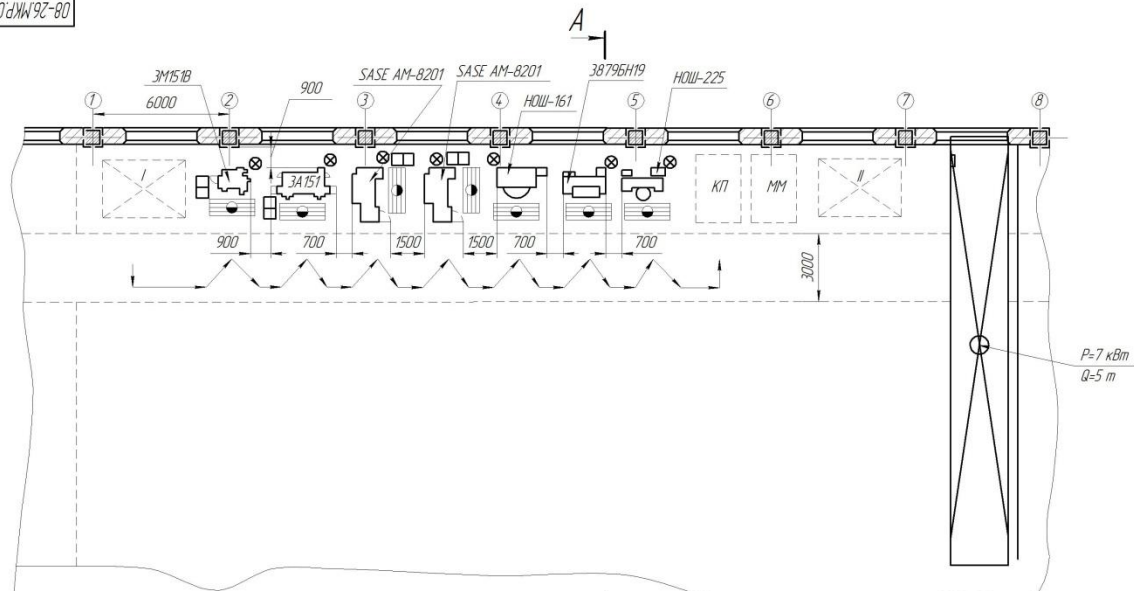
1. Проведено повний трифакторний експеримент і побудовано математичну модель залежності переміщення осі заготовки (точності обробки зовнішнього діаметрального розміру вала d) від таких параметрів, як подача S , глибина різання t і головний кут різця в плані φ .

2. Отримана математична модель підтверджує значущість впливу вибраних факторів S (x_1), t (x_2) і φ (x_3), а також ефектів взаємодії S і t (x_1x_2), S і φ (x_1x_3), а також t і φ (x_2x_3).

3. Виявлено, що зі збільшенням подачі S і глибини різання t переміщення осі заготовки зростає, оскільки коефіцієнти b_1 і b_2 вийшли додатними, відповідно, точність обробки вала знижується. При цьому більший вплив в діапазоні вибраних рівнів варіювання факторів має глибина різання t ($b_2 > b_1$).

При збільшенні головного кута різця в плані φ зміщення осі заготовки зменшується (коефіцієнт b_3 – від'ємний), але вплив цього фактора менш значний, ніж вплив подачі S і глибини різання t , оскільки $b_3 < b_1 < b_2$.

4. Адекватність визначеної залежності для розглядуваного діапазону рівнів факторів підтверджена за критерієм Фішера ($F_p = 0,131 \leq F_{табл} = 4,49$).

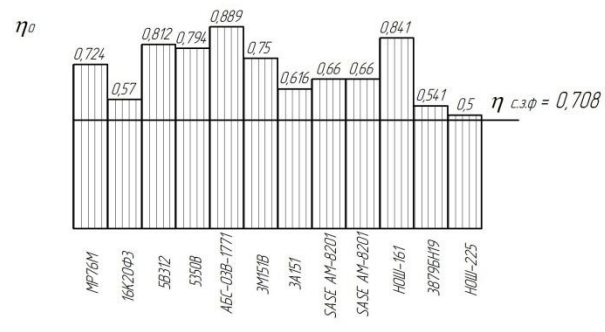
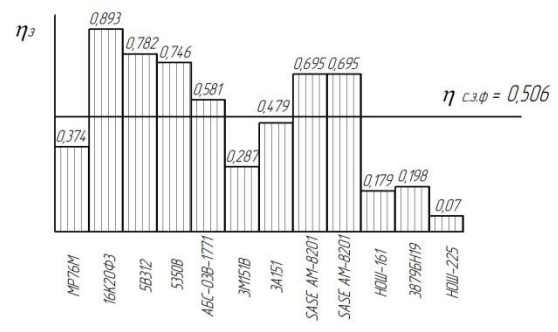


- I - склад заготовок
- II - склад деталей та напівфабрикатів
- III - дільниця по переробці стружки
- ММ - місце майстра
- КП - контрольний пункт

Площа дільниці:
загальна - 307 м²;
виробнича - 280 м².
Кількість працюючих:
основних робітників - 19 чол,
загальна - 28 чол.

Графік завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання за основним часом



1. На дільниці проводиться обов'язкове придбання стружки в кінці зміни
2. Не загромождувати проходи, проїзди, підходи до первинних засобів пожежогасіння.
3. Наявність на підлозі мастила і емульсії не допускається.

08-26.МКР.028.00.500 В3		
Місце	Місце	Місце
Розроб	Виконав	Перевірив
Затверд	Затверд	Затверд
Планровка дільниці механічного цеху		1:100
ВНТУ		ст. гр. ПМ-17м
Київ		Формат А1

Техніко-економічні показники

<i>Техніко-економічні показники</i>	<i>Базовий маршрут</i>	<i>Модернізований маршрут</i>
<i>Маса деталі, кг</i>	<i>0,78</i>	<i>0,78</i>
<i>Програма випуску, шт.</i>	<i>20000</i>	<i>20000</i>
<i>Маса заготовки, кг</i>	<i>1,431</i>	<i>1,281</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	<i>0,545</i>	<i>0,609</i>
<i>Собівартість заготовки, грн.</i>	<i>57,44</i>	<i>54,3</i>
<i>Кількість верстатів, шт.</i>	<i>18</i>	<i>14</i>
<i>Середній коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_{зсер}$</i>	<i>40%</i>	<i>50,6%</i>
<i>Середній коефіцієнт використання за основним часом, $\eta_{зосер}$</i>	<i>46%</i>	<i>70,8%</i>
<i>Кількість основних робітників</i>	<i>23</i>	<i>19</i>
<i>Середній розряд робітників</i>	<i>5</i>	<i>3,5</i>
<i>Виробнича площа, м²</i>	<i>360</i>	<i>280</i>
<i>Собівартість одиниці продукції, грн.</i>	<i>139,32</i>	<i>113,73</i>
<i>Капітальні вкладання, грн.</i>	<i>–</i>	<i>1501002,7</i>
<i>Економічний ефект, грн.</i>	<i>–</i>	<i>2135936,7</i>
<i>Термін окупності, років</i>	<i>–</i>	<i>0,703</i>

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня 03-006» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції.

Під час виконання роботи:

- проведено огляд технології виготовлення деталей типу «Вал-шестерня»;
- виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Вал-шестерня 03-006» з використанням в основному верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат;
- проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки;
- визначено режими різання та норми часу;
- проведено математичне планування повного трифакторного експерименту для дослідження впливу подачі, глибини різання і головного кута різця в плані на точність обробки діаметральної поверхні;
- розраховано кількість обладнання та працівників, удосконалено дільницю механічної обробки.

В економічній частині МКР розраховані капітальні вкладення, собівартість удосконалення технологічного процесу та дільниці механічної обробки, термін окупності та економічний ефект, одержаний в результаті удосконалення дільниці механічної обробки.

В МКР також розглянуто умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Вал-шестерня 03-006», розроблено заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина ілюстративно доповнює матеріали, які представлені в розрахунково-пояснювальній записці.

*Дякую
за
увагу!*