

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра ТАМ

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему:

***«Удосконалення технології механічної обробки
заготовки деталі типу “Вал 3.04.001”»***

Виконав: ст. гр. 1ПМ-17м з.ф.н.

Лень Є. А.

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Репінський С. В.

Мета і завдання роботи

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Вал 3.04.001» 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**:

- техніко-економічне обґрунтування доцільності удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Вал 3.04.001»;
- варіантний вибір способу виготовлення заготовки;
- розробка варіантів маршруту механічної обробки з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них;
- призначення режимів різання;
- визначення технічних норм часу;
- аналіз впливу факторів процесу різання на шорсткість обробленої діаметральної поверхні за допомогою математичного планування експерименту;
- розрахунок кількості обладнання та працівників дільниці;
- проектування дільниці механічної обробки;
- розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Вал 3.04.001».

Наукова новизна, практичне значення одержаних результатів

Наукова новизна одержаних результатів. За допомогою повного трифакторного експерименту отримала подальший розвиток математична модель залежності шорсткості обробленої діаметральної поверхні деталі «Вал 3.04.001» при точінні на токарному верстаті від таких факторів процесу різання як швидкість різання, подача та глибини різання.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технології механічної обробки заготовки деталі типу «Вал 3.04.001» та дільниці для його реалізації. При цьому запропоновані такі нові рішення:

- обґрунтовано вибрано оптимальний варіант виготовлення заготовки деталі типу «Вал 3.04.001»;
- розроблено технологічний процес механічної обробки, економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу;
- за допомогою математичного планування експерименту встановлено вплив режимів процесу різання (швидкості, подачі та глибини різання) на шорсткість обробленої діаметральної поверхні деталі «Вал 3.04.001» при точінні на токарному верстаті;
- для удосконаленого ТП встановлено кількість необхідного обладнання, працюючих.

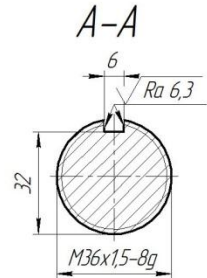
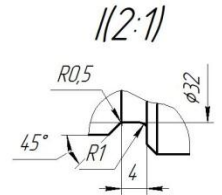
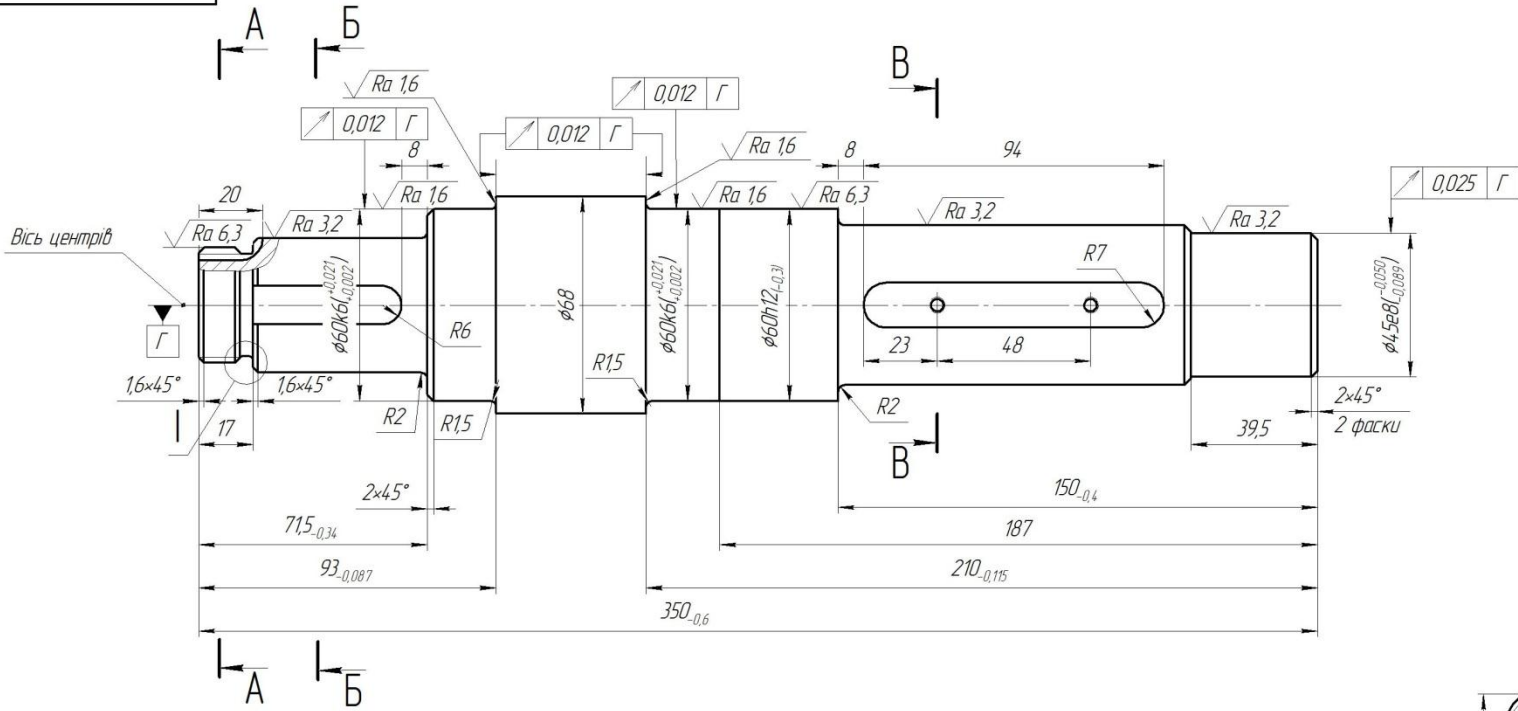
Апробація результатів роботи. Основні положення й результати роботи доповідалися й обговорювалися на XLVII науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ (м. Вінниця, ВНТУ, 14-23 березня 2018 р.)

Публікації. Оpubлікована теза доповіді:

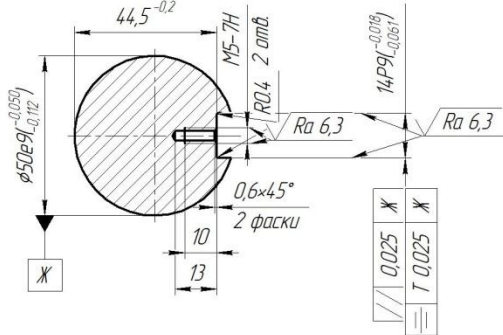
- Аналіз впливу факторів процесу різання на шорсткість обробленої поверхні за допомогою математичного планування експерименту [Електронний ресурс] / Ю. А. Буренніков, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, О. В. Баденюк, Є. А. Леня // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Електрон. текст. дані. – 2018. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/5318>.

08-26.МКР.008.00.001

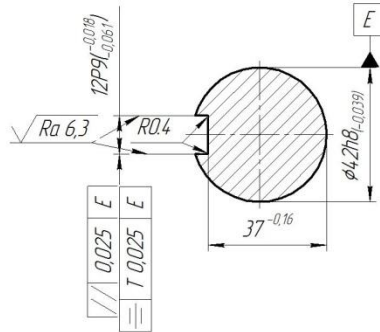
$\sqrt{Ra\ 12,5}$ (✓)



B-B



Б-Б



1. Центрові отвори у відповідності з ГОСТ 14034-74.
2. 170...190 HB.
3. H14, h14, ± IT₂¹⁴.

				08-26.МКР.008.00.001		
Мат. Лист	№ докум.	Лист	Дата	Вал 3.04.001	Маса	Максимум
Розроб	Лень Е.А.				6,7	11
Проб.	Резнієвський С.В.			Лист	Листів 1	
Т.контр.				Сталь 40X ГОСТ 4543-71		
Н.контр.	Савуляк В.В.			ВНТУ		
Утв.	Козарь Л.Г.			ст. зр. 117М-17М		
				Копіювати		Формат А2

Лист 1 з 1

Старий №

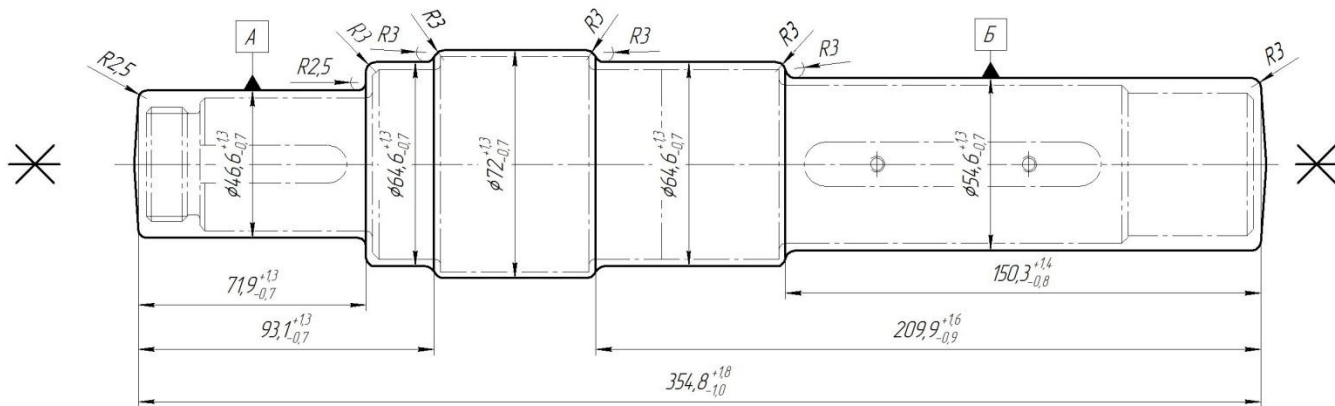
Взам. шта. №

Лист 1 з 1

3D-модель деталі "Вал 3.04.001"



08-26.МКР.008.00.002

 $\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$ 

1. Клас точності Т3, група сталі М2, ступінь складності С1.
2. Неказані радіуси заокруглень 3,0 мм.
3. Неказані штампувальні нахили 7°.
4. Неказані допуски радіуси заокруглень 2,0 мм.
5. Твердість матеріалу 170..190НВ
6. Допустимий одлой 0,9 мм.
7. Допустимі зміщення по площині розему 0,7 мм.
8. Допустиме відхилення по вигнутості 1,0 мм.

				08-26.МКР.008.00.002			
Вен	Лист	№ докум	Лист	Лист	Масса	Максимум	
Разраб	Лень Е.А.				7,42	1:1	
Проб	Регинальди С.В.						
Т.контр							
Н.контр	Сабитж В.В.						
Стб	Козлов Л.Г.						
				Вал 3.04.001 (поковка КГШП)		Лист	Листов
				Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		1	
				ВНТУ ст. гр. 11М-17М			
				Копирован		Формат	A2

Лист 1 з 1

Сторінка 1 з 1

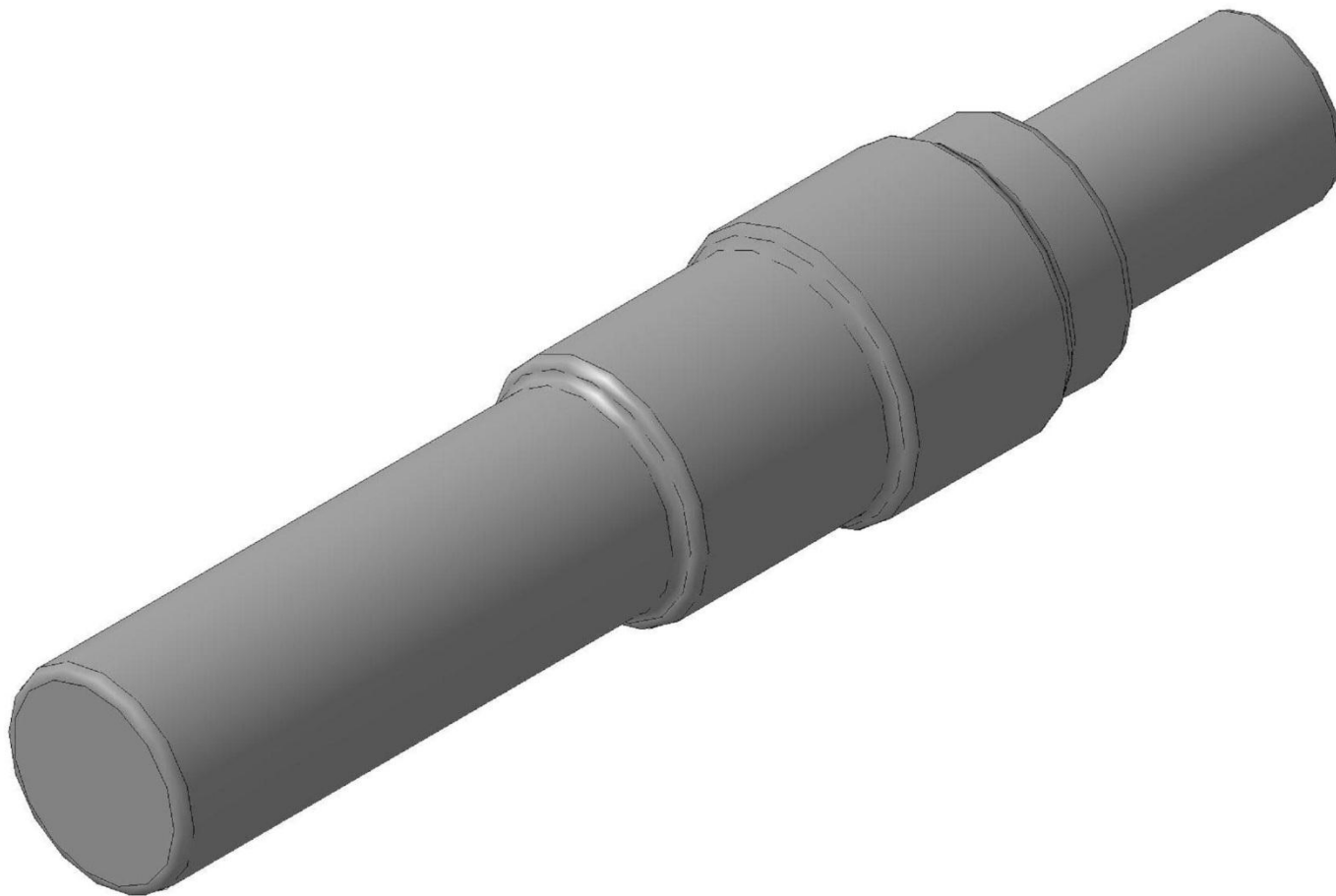
Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

3D-модель заготовки деталі "Вал 3.04.001"



Маршрут механічної обробки

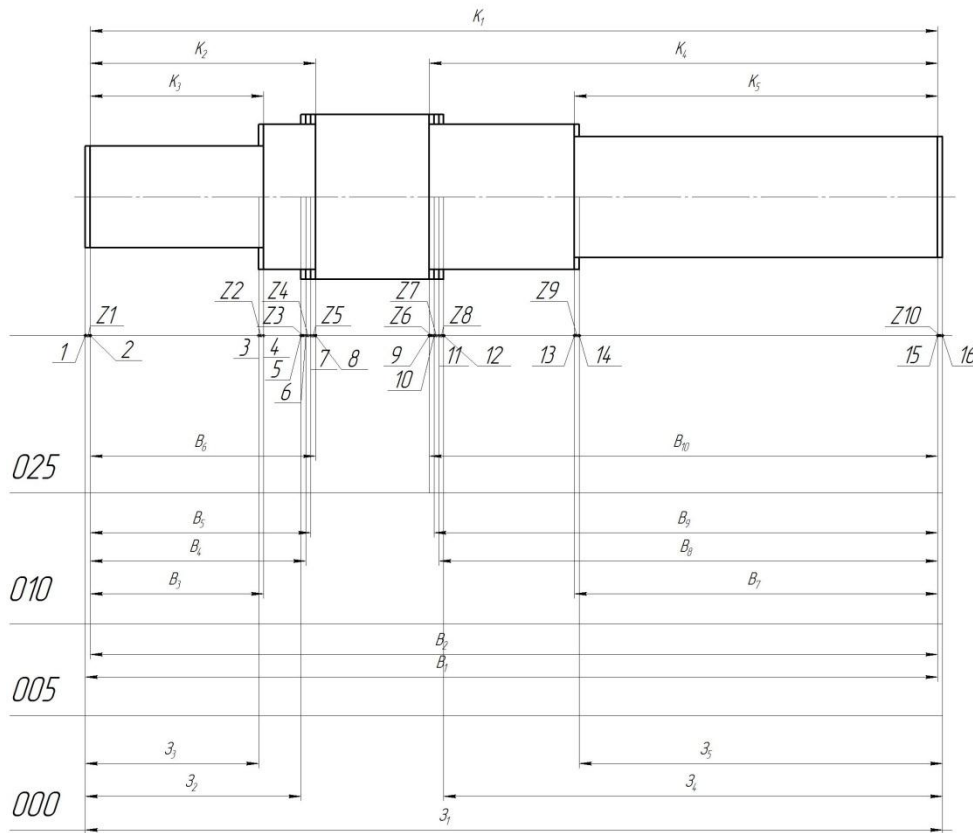
Маршрут механічної обробки (продовження)

№ операції	Назва операції та зміст технологічних переходів	Ескіз обробки, схема установки	Тип і модель верстата
005	<p>Фрезерно-центрувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і зняти деталь. 2. Фрезерувати торці 1, 2 однократно в розмір відповідно ескізу. 3. Обробити центральний отвір 3, 4 в розмір відповідно ескізу. 4. Зняти заготовки. 	<p>Невказані граничні відхилення розмірів Н14; h14; ± IT¹⁴/₂.</p>	Фрезерно-центрувальний МР-71М
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і зняти деталь. 2. Точити поверхню 1 попередньо в розмір $\Phi 45,261$ торць 2 однократно в розмір відповідно ескізу, поверхню 3 попередньо в розмір $\Phi 50,578$ торць 4 однократно в розмір відповідно ескізу, поверхню 5 попередньо в розмір $\Phi 60,16$, поверхню 6 попередньо в розмір $\Phi 60,48$, торць 7 попередньо в розмір 209,8. 3. Точити фаску 8 однократно в розмір відповідно ескізу, поверхню 1 остаточно в розмір відповідно ескізу, фаску 9 однократно в розмір відповідно ескізу, поверхню 2 остаточно в розмір відповідно ескізу, поверхню 3 остаточно в розмір відповідно ескізу, поверхню 4 остаточно в розмір відповідно ескізу, поверхню 5 остаточно в розмір відповідно ескізу, поверхню 6 остаточно в розмір відповідно ескізу. 4. Точити поверхню 6 остаточно в розмір відповідно ескізу. <p>Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Точити поверхню 10 однократно в розмір відповідно ескізу, поверхню 12 попередньо в розмір $\Phi 42,651$ торць 13 однократно в розмір відповідно ескізу, поверхню 14 попередньо в розмір $\Phi 60,486$, торць 15 попередньо в розмір 92,7, поверхню 16 однократно в розмір відповідно ескізу. 7. Точити канавку 11 однократно в розмір відповідно ескізу. 8. Точити фаску 17 однократно в розмір відповідно ескізу, фаску 18 однократно в розмір відповідно ескізу, поверхню 12 остаточно в розмір відповідно ескізу, фаску 19 однократно в розмір відповідно ескізу, поверхню 14 попередньо в розмір $\Phi 60,186$, торць 15 остаточно в розмір відповідно ескізу. 9. Точити поверхню 14 остаточно в розмір відповідно ескізу. 10. Нарізати різь 10 в розмір відповідно ескізу. 11. Зняти заготовку. 	<p>Невказані граничні відхилення розмірів Н14; h14; ± IT¹⁴/₂.</p>	Токарний з ЧПК 16К20Ф3

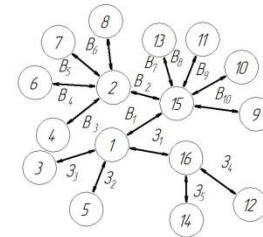
№ операції	Назва операції та зміст технологічних переходів	Ескіз обробки, схема установки	Тип і модель верстата
015	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і зняти деталь. 2. Фрезерувати шпоночний паз 1 однократно в розмір відповідно ескізу. 3. Центрувати два отвори 2, 3 в розмір відповідно ескізу. 4. Свердлити два отвори 2, 3 в розмір відповідно ескізу. 5. Нарізати різь 2, 3 в розмір відповідно ескізу. 6. Фрезерувати шпоночний паз 4 однократно в розмір відповідно ескізу. 7. Фрезерувати паз 5 однократно однократно в розмір відповідно ескізу. 8. Зняти заготовки. 	<p>Невказані граничні відхилення розмірів Н14; h14; ± IT¹⁴/₂.</p>	Вертикально-фрезерний верстат 6Р13РФ3
020	Термообробка		
025	<p>Шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і зняти деталь. 2. Шліфувати поверхню 1 однократно в розмір відповідно ескізу, 2 однократно в розмір відповідно ескізу. 3. Шліфувати поверхню 3 однократно в розмір відповідно ескізу з під шліфуванням торця 4 однократно в розмір відповідно ескізу. 4. Переустановити деталь. 5. Шліфувати поверхню 5 однократно в розмір відповідно ескізу. 6. Шліфувати поверхню 6 однократно в розмір відповідно ескізу з під шліфуванням торця 7 однократно в розмір відповідно ескізу. 7. Зняти деталь. 	<p>Невказані граничні відхилення розмірів Н14; h14; ± IT¹⁴/₂.</p>	Кругло-шліфувальний верстат 3М153ДФ2

Розмірний аналіз технологічного процесу

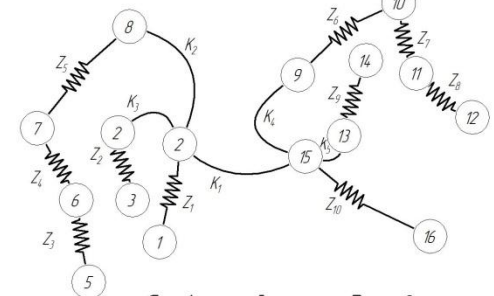
Розмірна схема технологічного процесу



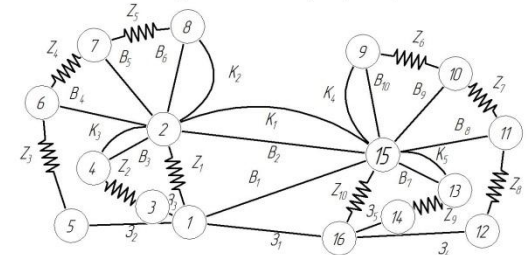
Похідний граф-дерево



Вихідний граф-дерево



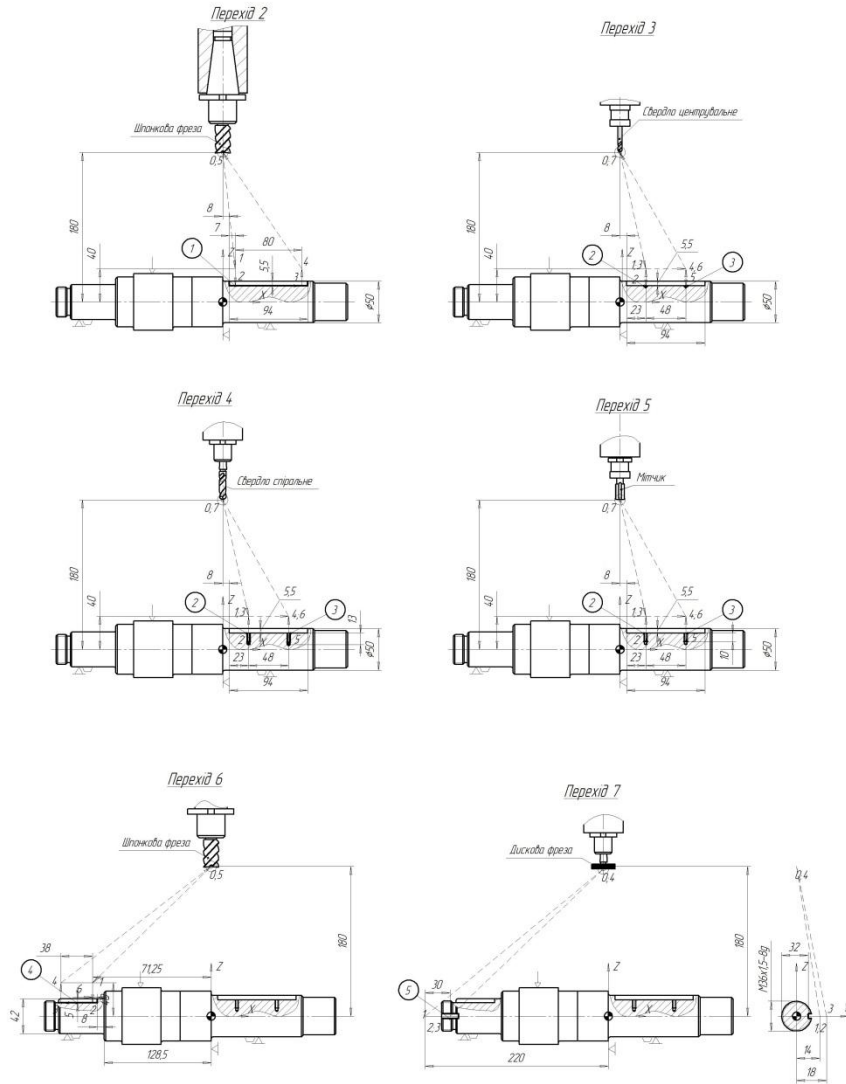
Суміщений граф-дерево



Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки

Технологічні розміри	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}
Максимальний, мм	352	350	715	93,113	92,953	93	150	210,005	209,87	210
Мінімальний, мм	350,6	34,8,6	70,76	92,613	92,813	92,913	14,9	209,256	209,685	209,885
Допуск, мм	14	14	0,74	0,54	0,14	0,087	1	0,72	0,185	0,115
Розміри заготовки	$З_1$	$З_2$	$З_3$	$З_4$	$З_5$					
Максимальний, мм	355,4	93,2	71,26	210,9	150,7					
Мінімальний, мм	352,6	91,2	69,26	208,4	148,5					
Допуск, мм	2,8	2	2	2,5	2,2					

08-26 МКР.008.00.500



08-26 МКР.008.00.500

08-26 МКР.008.00.500

015	Фрезувати шпандоли по 1 однократна	7	5.5	160	0.15
	Центрувати два отвори 2-3	6/8	1	500	0.05
	Центрувати два отвори 2-3	6/8	13	500	0.05
	Фрезувати різь 2-3	6/8	10	500	0.15
	Фрезувати шпандоли по 4 однократна	7	5	160	0.15
	Фрезувати по 5 однократна	7	4	160	0.15
	Фрезувати з ЧЖ	БР13РФ3	1	1.1	1.1
№ операції	Найменування операції	Обладнання	Резими режими		
08-26 МКР.008.00.500					
Карта налагодження на операцію 015					
№ операції	№ документації	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції
№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції
№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції
№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Мета роботи – дослідження впливу факторів процесу різання при точінні на шорсткість обробленої діаметральної поверхні деталі «Вал 3.04.001» за допомогою математичного планування експерименту.

Планування експерименту і побудова математичної моделі передбачає вирішення таких **завдань**:

- 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 3.04.001», зовнішня діаметральна поверхня якої обробляється точінням на токарному верстаті. Аналізується вплив наступних факторів: швидкості v , подачі S і глибини t різання на шорсткість обробленої поверхні Ra .

Таблиця 1 – Рівні факторів

Рівні факторів	v , м/хв	S , мм/об	t , мм
	x_1	x_2	x_3
Основний	102,7	0,45	2,55
Інтервал варіювання	53,7	0,35	2,45
Верхній	156,4	0,8	5,0
Нижній	49	0,1	0,1

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ 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 досліджу	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	+	-	-	-	+	+	+	-	3,193
2	+	+	-	-	-	-	+	+	0,633
3	+	-	+	-	-	+	-	+	6,277
4	+	+	+	-	+	-	-	-	2,507
5	+	-	-	+	+	-	-	+	3,217
6	+	+	-	+	-	+	-	-	1,250
7	+	-	+	+	-	-	+	-	12,493
8	+	+	+	+	+	+	+	+	6,327

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і нехтування статистично незначущих коефіцієнтів отримано

$$\hat{y} = 4,487 - 1,808x_1 + 2,414x_2 + 1,335x_3 - 0,676x_1x_2 - 0,225x_1x_3 + 1,174x_2x_3 - 0,374x_1x_2x_3, \quad (2)$$

або у розгорнутому вигляді з використанням натуральних значень факторів

$$\begin{aligned} Ra = & 4,487 - 1,808 \frac{v-102,7}{53,7} + 2,414 \frac{S-0,45}{0,35} + 1,335 \frac{t-2,55}{2,45} - 0,676 \left(\frac{v-102,7}{53,7} \right) \left(\frac{S-0,45}{0,35} \right) - 0,225 \left(\frac{v-102,7}{53,7} \right) \left(\frac{t-2,55}{2,45} \right) + \\ & + 1,174 \left(\frac{S-0,45}{0,35} \right) \left(\frac{t-2,55}{2,45} \right) - 0,374 \left(\frac{v-102,7}{53,7} \right) \left(\frac{S-0,45}{0,35} \right) \left(\frac{t-2,55}{2,45} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

Оскільки $F_p \leq F_{\text{табл}}$, то модель є адекватною.

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ЗА
ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ**
(продовження)

Висновки.

1. Проведено повний трифакторний експеримент і побудовано математичну модель залежності шорсткості Ra діаметральної поверхні деталі «Вал 3.04.001» при точінні на токарному верстаті від таких параметрів, як швидкість v , подача S і глибина t різання.

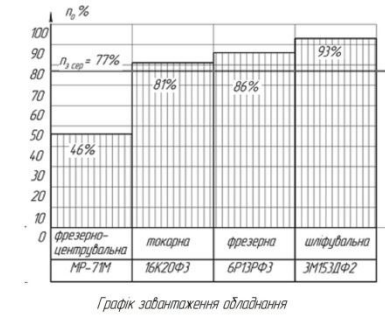
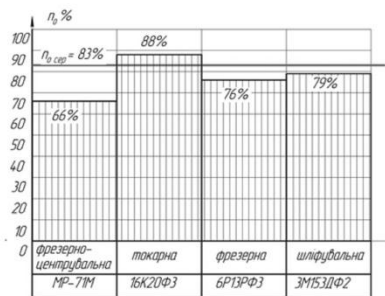
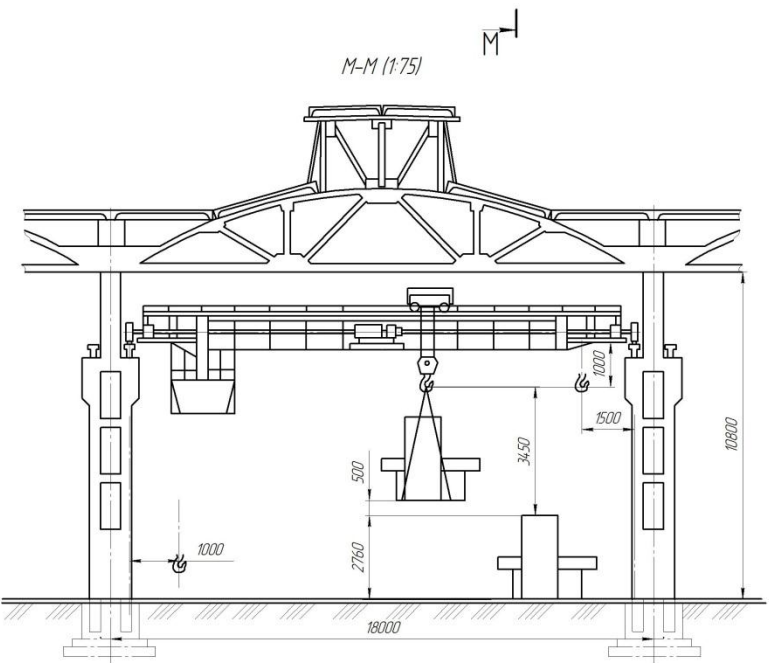
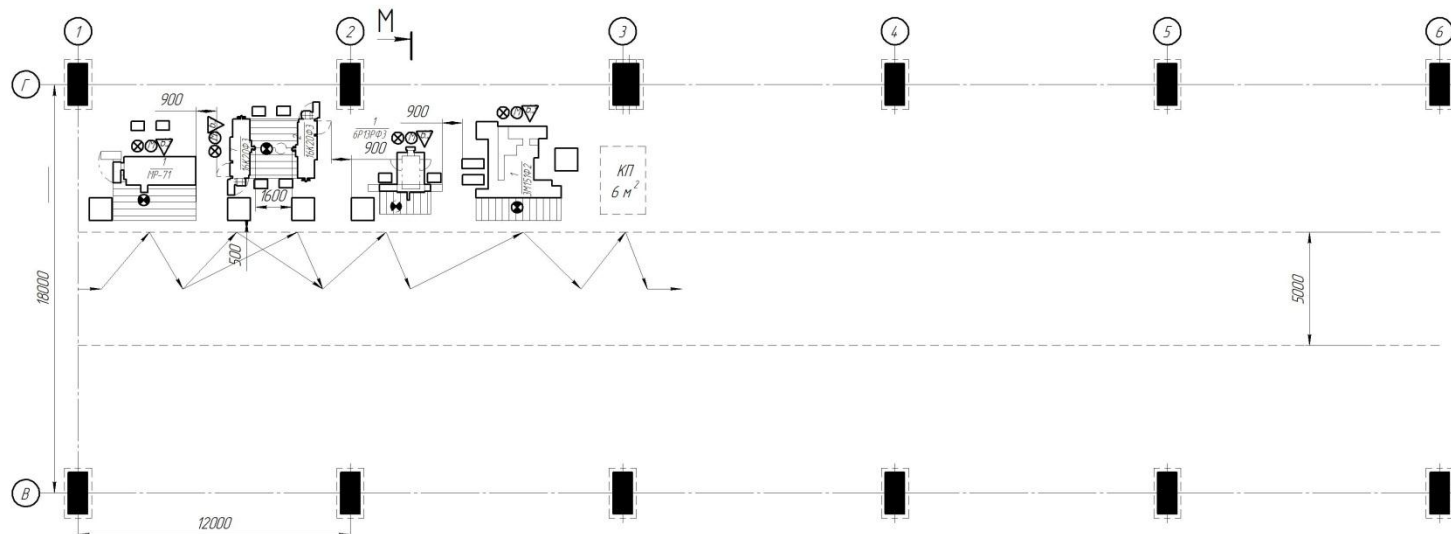
2. Отримана математична модель підтверджує значущість впливу вибраних факторів $v(x_1)$, $S(x_2)$ і $t(x_3)$, а також ефектів їх взаємодії.

3. Виявлено, що зі збільшенням подачі S та глибини різання t шорсткість обробленої поверхні зростає, оскільки коефіцієнти b_2 і b_3 вийшли додатними. При цьому більший вплив в діапазоні вибраних рівнів варіювання факторів має подача S ($b_2 > b_3$).

При збільшенні швидкості різання v шорсткість обробленої поверхні зменшується (коефіцієнт b_1 – від’ємний), але вплив цього фактора менш значний, ніж вплив подачі S , але більш значний ніж вплив глибини різання t , оскільки $b_3 < b_1 < b_2$.

4. Адекватність визначеної залежності для розглядуваного діапазону рівнів факторів підтверджена за критерієм Фішера.

08-26.МКР.008.00.700.В3



Технічна характеристика дільниці

- Площа дільниці (м²) виробнича - 160 м²
- Кількість працюючих (чол) родітників основних - 5 допоміжних - 2
- ІТР - 2
- МОП - 1
- службовців - 1
- Верстатів - 5
- Транспортні засоби (шт) кран мастовий Q=10т - 1 електриківзак - 1

08-26.МКР.008.00.700.В3		Лист	№	Масштаб	Масштаб
Проектант	М.Варш	Відп.	Лист	1:100	
Розроб	Левко Е.А.	Лист	1		
Висл.	Володимир Г.О.	Лист	1		
Лектор		Лист	1		
Відом.	Соловйов В.В.	Лист	1		
Висл.	Костюк П.	Лист	1		

Дільниця механічної обробки

ВНТУ ст. гр. ПМ-17м

Формат А1

*Техніко-економічне порівняння показників
процесів механічної обробки*

Технологічний процес	Базовий	Удосконалений
Маса деталі, кг		6,7
Маса заготовки, кг	10,83	7,42
Коефіцієнт точності маси заготовки	0,62	0,9
Собівартість заготовки	90,6	84,8
Кількість операцій	15	5
Основний час, хв.	18,88	14
Штучно-калькуляційний час, хв.	40	16,95
Кількість основних робітників	30	5
Середній розряд робітників	5	3,5
Кількість верстатів	14	5
Коефіцієнт завантаження обладнання	0,46	0,77
Коефіцієнт використання за основним часом	0,47	0,83
Загальна площа ділянки, м ²	380	180
Виробнича площа ділянки, м ²	350	160
Капітало вкладення, грн.	–	1757657
Собівартість деталі, грн.	185	145,09
Економічний ефект, грн.	–	900593,83
Термін окупності, років	–	1,95

ВИСНОВКИ

В МКР розроблено та економічно обґрунтовано удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Вал 3.04.001». При цьому поставлено і виконано такі завдання.

1. В технологічній частині роботи визначений тип виробництва і форма організації роботи, виконаний аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний спосіб виготовлення заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів. Проведено розрахунки припусків на обробку, здійснений вибір чистових і чорнових технологічних баз, спроектований технологічний процес, виконаний розмірний аналіз технологічного процесу, встановлено режими різання та норми часу на виконання операцій.

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

3. За допомогою математичного планування експерименту проведено дослідження впливу глибини, подачі та швидкості різання на шорсткість оброблюваної діаметральної поверхні при точінні.

4. В розділі, пов'язаному з розрахунком та плануванням ділянки механічного цеху, уточнена виробнича програма – для довантаження обладнання підібрано деталь типу «Вал 3.04.001». За приведеною програмою виконане необхідне по організації роботи ділянки, а саме виконано розрахунок кількості обладнання, потрібного як для обробки деталі-представника, так і для обробки деталей за приведеною програмою, а також кількості працюючих на ділянці.

5. Економіка виробництва включає в себе розрахунки капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу та ділянки для його реалізації, які склали 1757657 грн. Визначено собівартість продукції, економічний ефект від впровадження удосконаленого технологічного процесу – 900593,83 грн. На основі отриманих даних спрогнозовано термін окупності впровадження технологічного процесу – 1,95 року, що не перевищує рекомендованого значення 3-5 років.

6. Відповідність впроваджених розробок вимогам безпеки та аналіз умов праці на розробленій ділянці механічної обробки приведений у розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях».

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!!!