

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

Магістерська кваліфікаційна робота
на тему

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
«ДИСК 12.10»
08-26.МКР.07.000.000.ПЗ

Керівник: к.т.н., доц. Савуляк В.В.

Розробив: студент гр. 1ПМ-17м Климчук О.І.

Вінниця ВНТУ 2019

08-26.МКР.07.00.001

$\sqrt{Ra\ 12.5\ (\checkmark)}$ **1**

Лист 1 з 1

Сторінка №

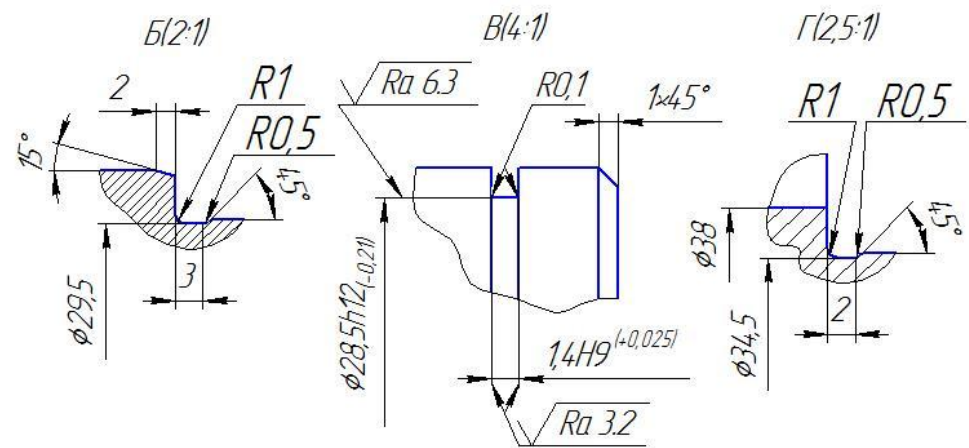
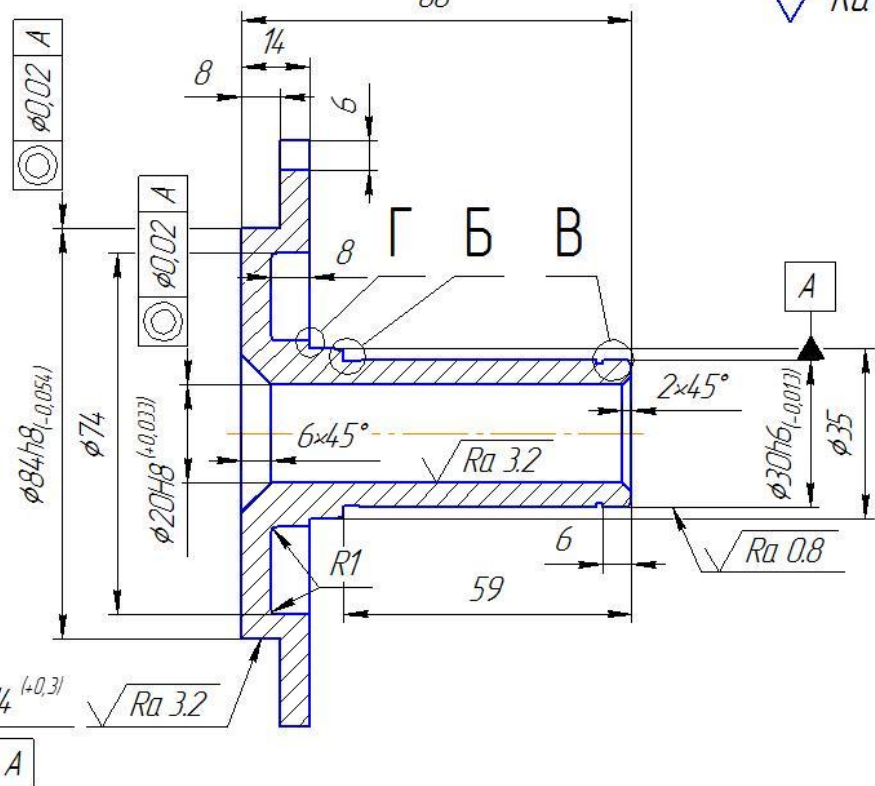
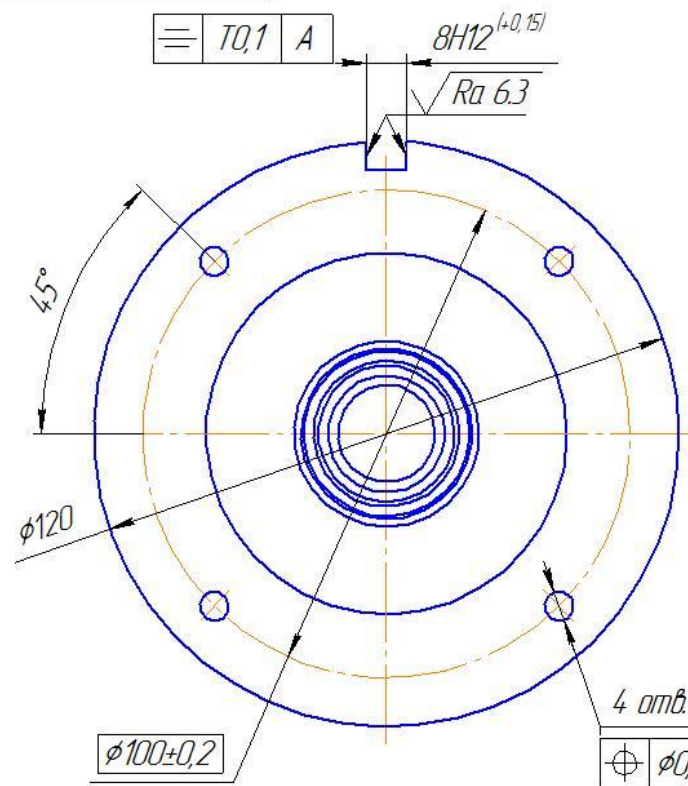
Лист у даній

Лист № докум.

Взам. змб. №

Лист у даній

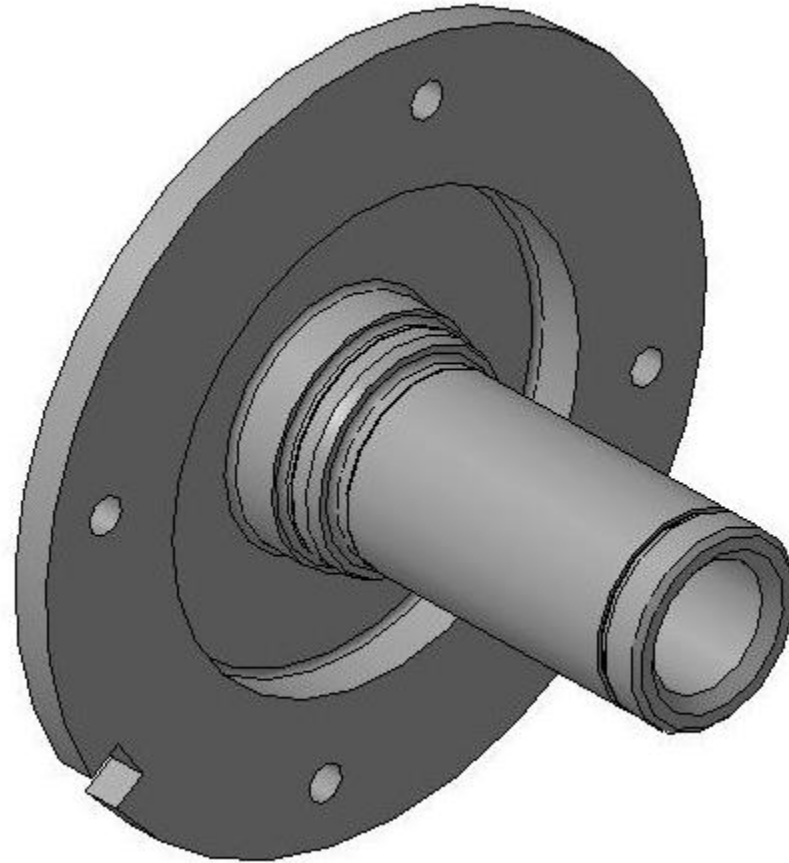
Лист № посл.



1. НВ 260..280
2. Невказані граничні відхилення розмірів Н14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

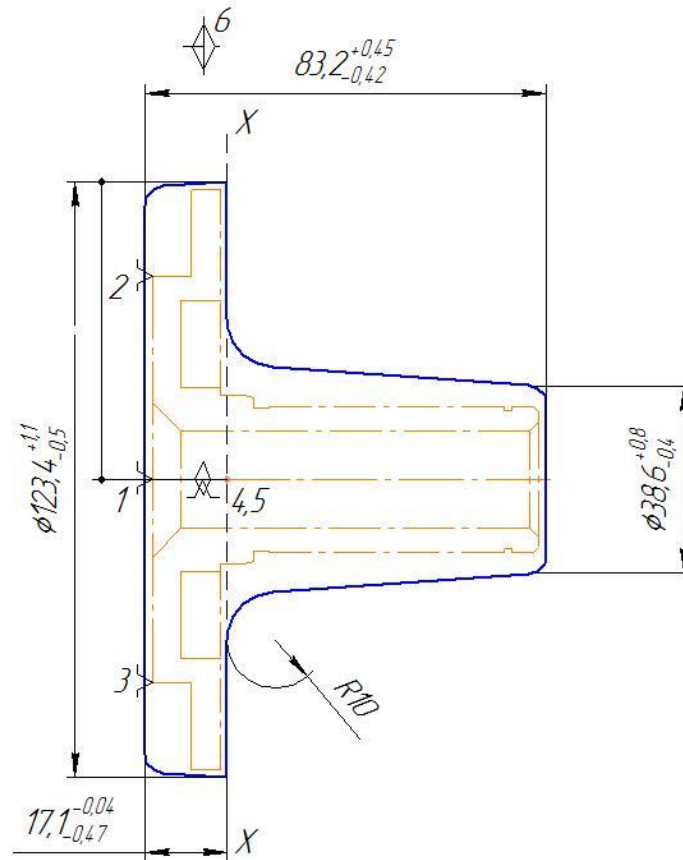
08-26.МКР.07.00.001				Лист	Маса	Масштаб
Диск 12.10					0,85	1:1
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Листов	1
Разработ.	Климчук О.И.			ВНТУ		
Проб.	Савиляк В.В.			ст. гр. 1ПМ-17М		
Т.контр.						
Н.контр.	Савиляк В.В.			Сталь 30ХГСА ГОСТ4543-71		
Утв.	Козлов Л.Г.					
Копировал				Формат А3		

Тривимірна модель деталі “Диск 12.10”



08-26.МКР.07.00.002

Ra 40 (✓)



1. Клас точності штамповки – Т3, група сталі – М1, ступінь складності – С3.
2. Не вказані штампувальні нахили $4 \pm 0,125^\circ$, радіуси $4 \pm 0,25$ мм.
3. Допустима величина залишкового облою 0,6 мм.
4. Допустиме зміщення по площині роз'єднання штампа 0,4 мм.
5. Допустиме відхилення від площинності та прямолінійності лінії роз'єднання штампа 0,6 мм.
6. Допустиме відхилення торця 0,6 мм.
7. Твердість матеріалу заготовки НВ 260..280.

Перв. плімен.

Склад. №

Підп. і дата

Підп. № дубл.

Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № подл.

				08-26.МКР.07.00.002		
Изн. Лист	№ док.им.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Климчук О.І.				2,197	1:1
Проб.	Савуляк В.В.			Лист Листов 1		
Т.контр.				ВНТУ		
Н.контр.	Савуляк В.В.			ст. гр. 1ПМ-17М		
Утв.	Казлов Л.Г.			Формат А3		

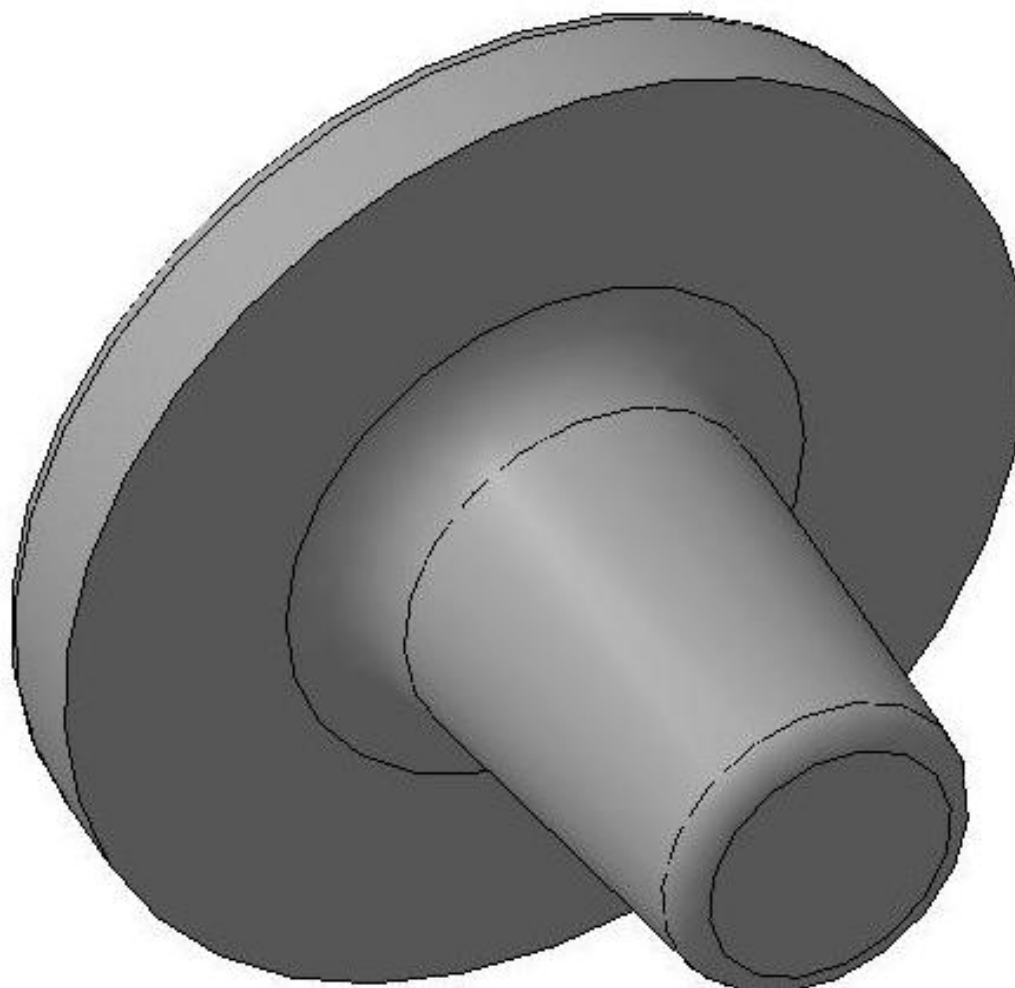
Диск 12.10
(Заготовка, штампування на ГША)

Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71

Копіював

Формат А3

Тривимірна модель заготовки деталі “Диск 12.10”



Базовий технологічний процес

08-26 МКР.17.00.10 ПЛ

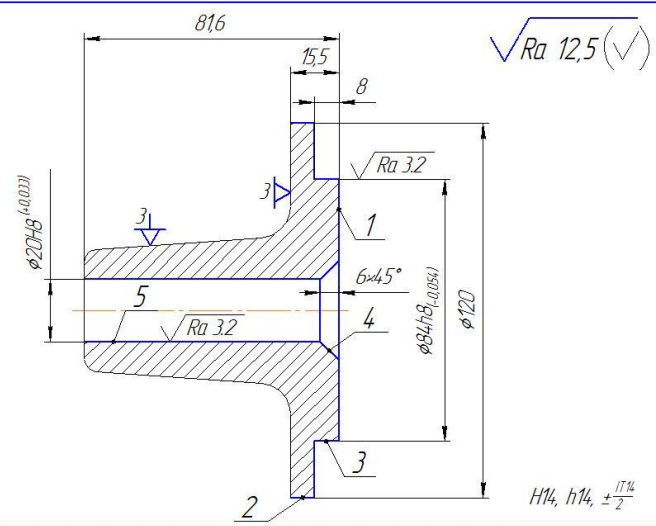
Номер, назва і зміст операції

Ескіз обробки зі схемою установки

Тип і модель верстата

005 Токарно-револьверна з ЧПК

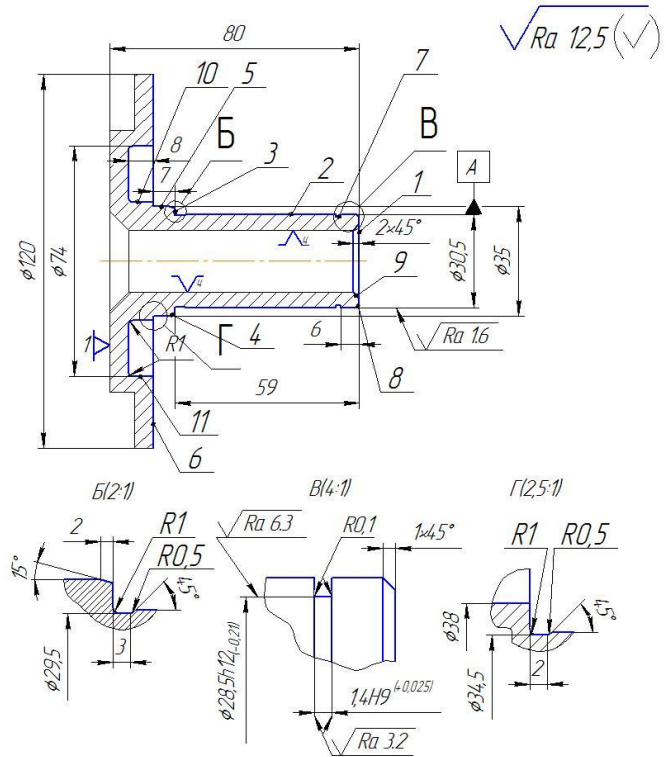
1. Встановити заготовку.
2. Точити поверхні 1,2 однократно, поверхню 3 попередньо
3. Точити поверхню 3 попередньо.
4. Точити поверхню 3 остаточно.
5. Центрувати та свердлити отвір 5 однократно.
6. Розточувати отвір 5 попередньо.
7. Розточувати отвір 5 остаточно.
8. Розвернути отвір 5 однократно.
9. Точити поверхню 4 однократно.
10. Зняти деталь.



Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30

010 Токарна з ЧПК

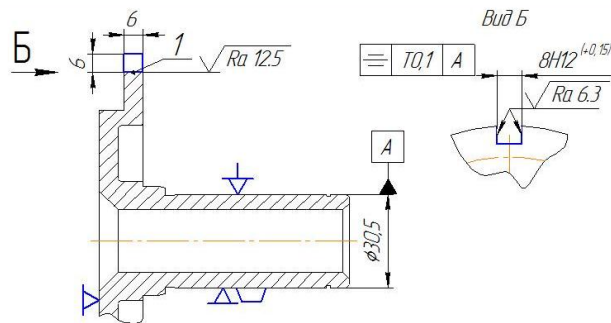
1. Встановити заготовку.
2. Точити поверхні 1, 5, 6 однократно.
3. Точити поверхню 2 попередньо.
4. Точити поверхню 2 попередньо.
5. Точити поверхню 2 остаточно, поверхні 3,4 однократно.
6. Точити канавку 7 однократно.
7. Точити поверхні 10 та 11 однократно.
8. Точити фаски 8 та 9 однократно.
9. Зняти деталь.



Токарний верстат з ЧПК 16К20Т1

015 Фрезерна

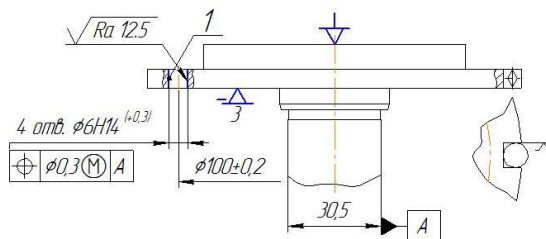
1. Встановити заготовку.
2. Фрезерувати паз 1 однократно.
3. Зняти деталь.



Горизонтально-фрезерний верстат 6Т83

020 Свердлильна з ЧПК

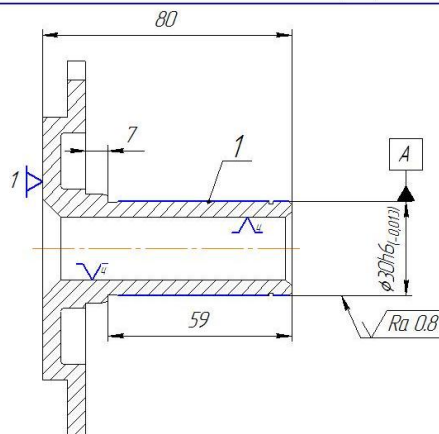
1. Встановити заготовку.
2. Центрувати чотири отвори 1.
3. Свердлити чотири отвори 1.
4. Зняти деталь.



Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2

025 Шліфувальна з ЧПК

1. Встановити заготовку.
2. Шліфувати поверхню 1.
3. Зняти деталь.



Круглошліфувальний з ЧПК 3М151Ф2

№ в. № пазів, Пазів і дірок, Взам. наб. №, Лист № збірн., Лист і дата, Стр. №, Перш. познач.

				08-26.МКР.07.00.100 ПЛ			
Мзм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Базовий технологічний процес	Лист	Масштаб
Розроб	Клиничук О.І.					1:1	
Проб	Савиляк В.В.					Лист	Листів
Т.контр.						1	
Н.контр.	Савиляк В.В.				ВНТУ		
Чтв.	Козлов Л.Г.				ст. гр. ППМ-17м		

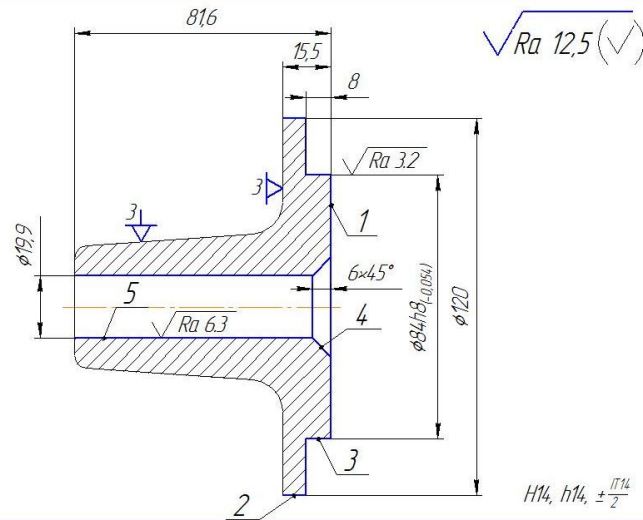
Номер, назва і зміст операції

Ескіз обробки зі схемою установки

Тип і модель верстата

005 Токарно-револьверна з ЧПК

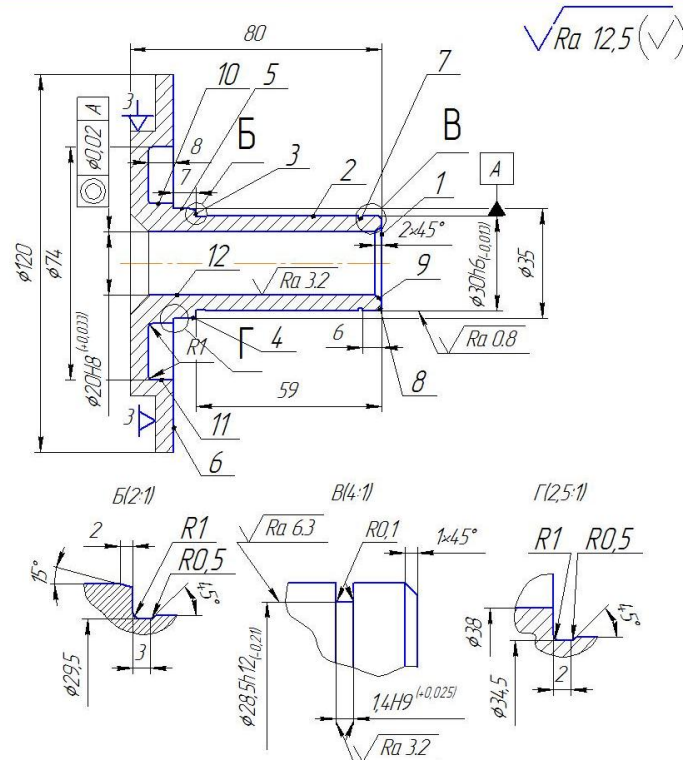
1. Встановити заготовку.
2. Точити поверхні 1,2 однократно, поверхню 3 попередньо
3. Точити поверхню 3 попередньо.
4. Точити поверхню 3 остаточно.
5. Центрувати та свердлили отвір 5 однократно.
6. Розточувати отвір 5 попередньо.
7. Розточувати отвір 5 остаточно.
8. Точити поверхню 4 однократно.
9. Зняти деталь.



Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30

010 Токарна з ЧПК

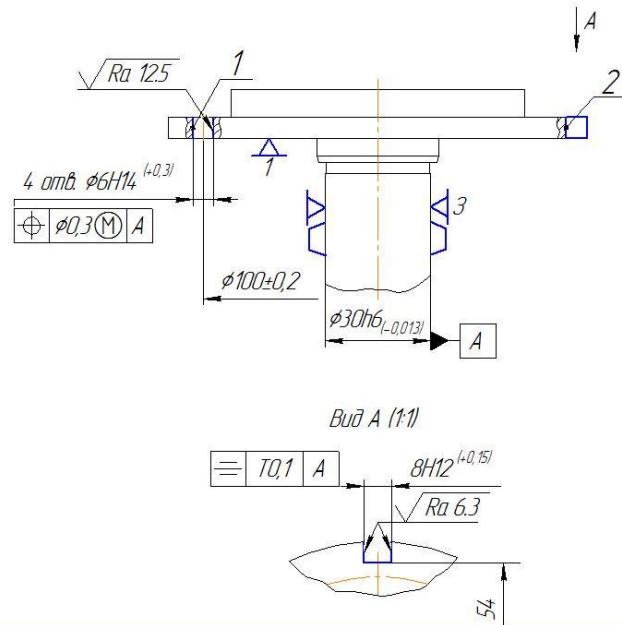
1. Встановити заготовку.
2. Точити поверхні 1, 5, 6 однократно.
3. Точити поверхню 2 попередньо.
4. Точити поверхню 2 попередньо.
5. Точити поверхню 2 остаточно, поверхні 3,4 однократно.
6. Точити поверхню 2 тонко.
7. Точити канавку 7 однократно.
8. Точити поверхні 10 та 11 однократно.
9. Точити фаски 8 та 9 однократно.
10. Розвернути отвір 12 однократно.
11. Зняти деталь.



Токарний верстат з ЧПК моделі НТ 160 Високої точності

015 Свердлильно-фрезерна з ЧПК

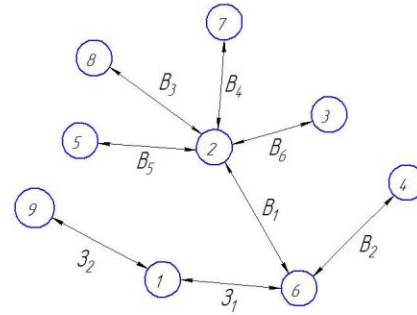
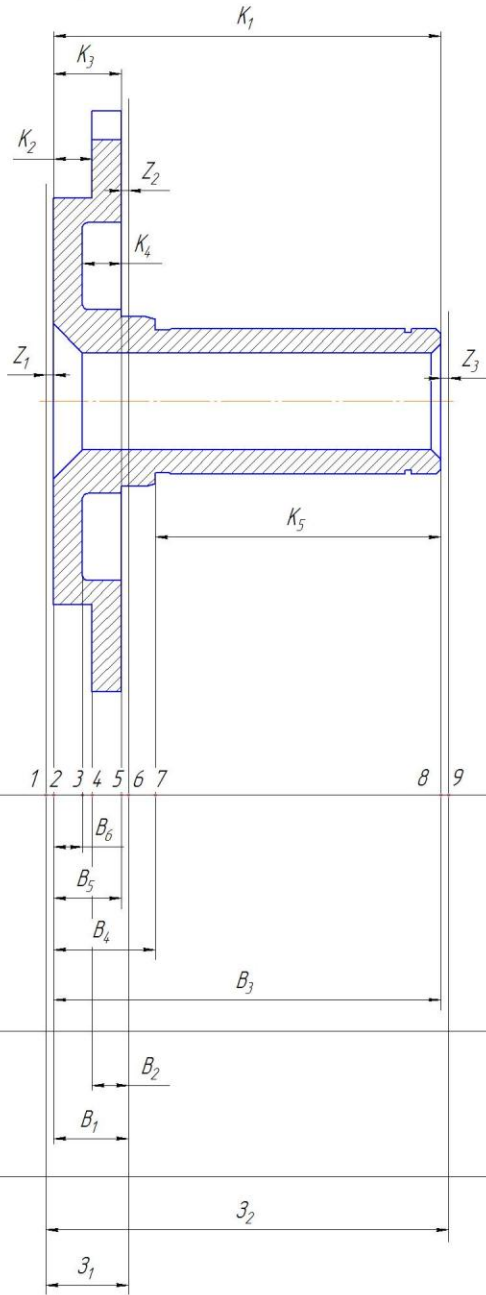
1. Встановити заготовку.
2. Центрувати чотири отвори 1.
3. Свердлити чотири отвори 1.
4. Повернути заготовку на 90°.
5. Фрезерувати паз 2 однократно.
6. Зняти деталь.



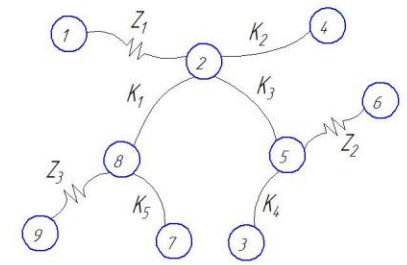
Вертикально-фрезерний
верстат з ЧПК 6P13PФ3,
поворотне пристосування

Розмірний аналіз технологічного процесу

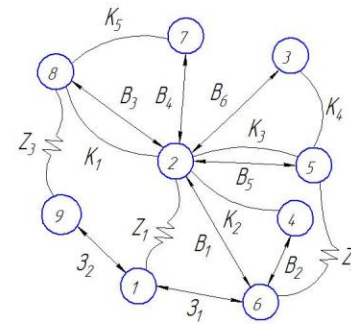
Розмірна схема технологічного процесу



Похідний граф-дерево



Вихідний граф-дерево



Суміщений граф-дерево

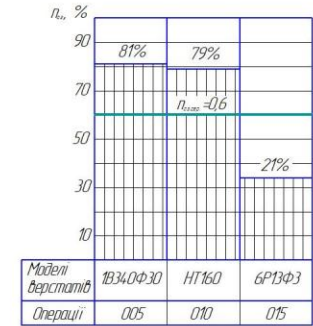
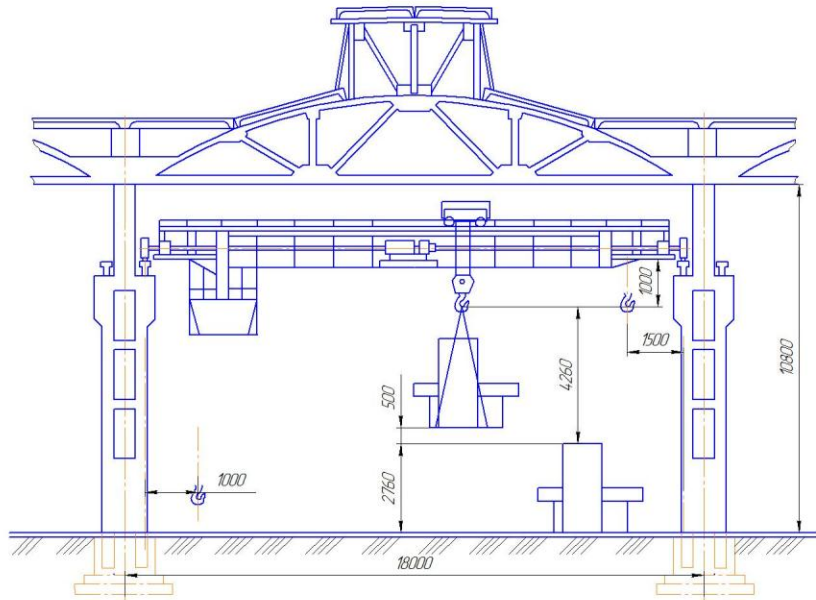
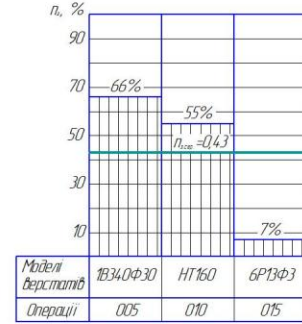
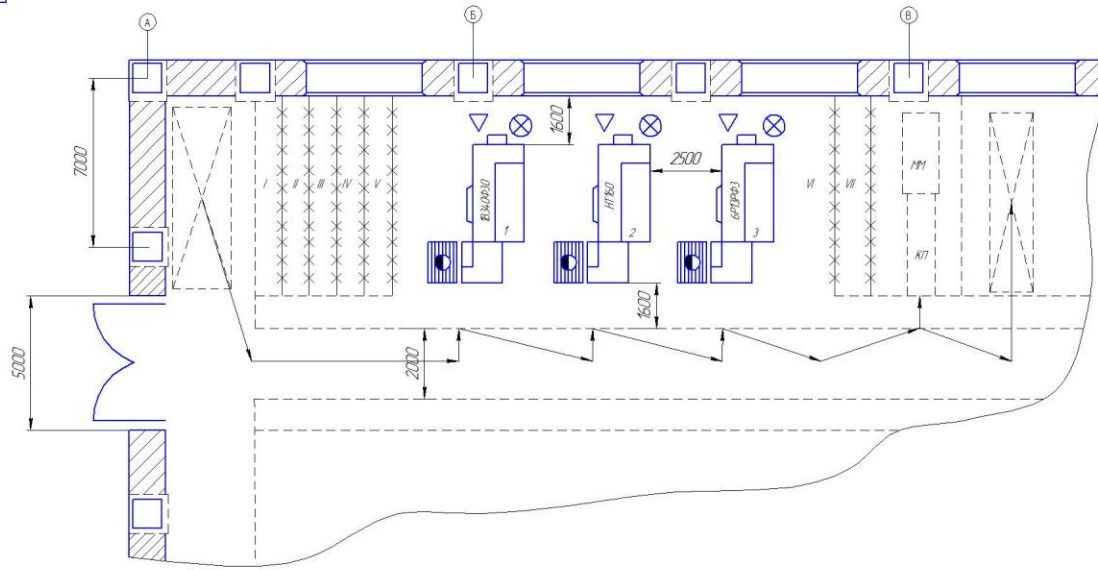
Таблиця технологічних розмірів, допусків і розмірів заготовки

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	3_1	3_2	Z_1	Z_2	Z_3
max	15,93	8,04	80	21,15	14	6,12	17,96	85,45	2,46	2,36	5,11
min	15,5	7,68	79,26	20,63	13,57	5,82	17,53	84,58	16	15	16
Td	0,43	0,36	0,74	0,52	0,43	0,3	0,43	0,87	0,86	0,86	3,51

				08-26.МКР.07.00.300 П/Л		
Лист	№	Розм.	Габр.	Маса	Масштаб	
Розроб.	Корект.	ДП				11
Лист	№	Розм.	Габр.	Маса	Масштаб	1
Лист	№	Розм.	Габр.	Маса	Масштаб	1
Лист	№	Розм.	Габр.	Маса	Масштаб	1
Лист	№	Розм.	Габр.	Маса	Масштаб	1

Розмірний аналіз

ВНТУ
ст. 2-д. ПМ-17м
Формат А1



1. На дільниці проводиться обов'язкове прибирання стружки в кінці зміни.
2. Не загрозовувати проходи, проїзди і підходи до первинних засобів пожежогашення.
3. Наявність на підлозі мастила і емульсії не допускається.
4. Кількість працюючих: основних робітників - 3; загальною - 7.

08-26.МКР.07.00.004				Лист	Масштаб	Масштаб
Дільниця механічної обробки				1100	1	1
Лист	№	Всього	Листів	Всього	Листів	Всього
Рисувальник	Корисний	Діаг.	Корисний	Діаг.	Корисний	Діаг.
Технік	Корисний	Діаг.	Корисний	Діаг.	Корисний	Діаг.
Інженер	Корисний	Діаг.	Корисний	Діаг.	Корисний	Діаг.
Стр.	Корисний	Діаг.	Корисний	Діаг.	Корисний	Діаг.

Копіювати А1

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ
ПОВЕРХНІ**

Вибрані фактори S , t , R відповідно позначено через x_1 , x_2 , x_3 .

Рівні факторів

Рівні факторів	S , мм/об	t , мм	R , мм
	x_1	x_2	x_3
Основний	0,5	2	1
Інтервал варіювання	0,25	1,5	0,5
Верхній	0,75	3,5	1,5
Нижній	0,25	0,5	0,5

Натуральні значення рівнів факторів переведені в кодові безрозмірні величини за формулою

$$x_i = (x_i - x_{i0}) / \Delta x_i,$$

де x_i – кодове значення i -го фактора; x_i – натуральне значення i -го фактора; x_{i0} – початковий (основний) рівень фактора; Δx_i – інтервал варіювання i -го фактора.

Кодові значення рівнів факторів

Рівні факторів	Кодове позначення	S , мм/об	t , мм	R , мм
		x_1	x_2	x_3
Основний	0	0,5	2	1
Інтервал варіювання	не позначається	0,25	1,5	0,5
Верхній	+	0,75	3,5	1,5
Нижній	-	0,25	0,5	0,5

Загальне рівняння регресії

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3.$$

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ
ПОВЕРХНІ (ПРОДОВЖЕННЯ)

Матриця планування експерименту та результати дослідів

№ дослідження	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁₂	X ₁₃	X ₂₃	X ₁₂₃	y ₁	y ₂	y ₃	\bar{y}	S _j ²
1	1	1	1	1	1	1	1	1	6,2	5,8	5,9	5,97	0,04
2	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	5,7	5,9	5,7	5,77	0,07
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	10,2	7,9	8,7	8,93	14,57
4	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	7,3	7,5	7	7,27	2,60
5	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	7,4	6,9	7,5	7,27	2,64
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	8,1	7,9	8,7	8,23	7,88
7	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	8,3	9	8,5	8,60	10,53
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	6,4	6,7	7	6,70	0,90
Всього									59,6	57,6	59		39,23

Середнє арифметичне значення параметра оптимізації для кожної стрічки матриці визначено за формулою

$$\bar{y}_j = \sum_{u=1}^r y_{ju} / r,$$

де r – число паралельних дослідів; u – номер паралельного дослідів; y_{ju} – значення параметра оптимізації в u -му паралельному досліді j -ої стрічки матриці.

Для оцінки відхилень параметра оптимізації від середнього його значення обчислено дисперсію паралельних дослідів

$$S_j^2 = \sum_{u=1}^r (y_{ju} - \bar{y}_j)^2 / (r - 1).$$

Однорідність дисперсії паралельних дослідів перевірено по G -критерію Кохрена, що представляє собою відношення максимальної дисперсії до суми всіх дисперсій

$$G_p = S_{j_{\max}}^2 / \sum_{j=1}^p S_j^2.$$

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ
ПОВЕРХНІ (ПРОДОВЖЕННЯ)

Розрахункове значення критерію порівняне з табличним [19] для ступенів свободи чисельника $f_1 = r - 1 = 3 - 1 = 2$ і знаменника $f_2 = N = 8$. Оскільки $G_{\text{макс}} = 0,5157 > G_p = 0,37$, то гіпотеза про однорідність паралельних дослідів приймається.

Визначено дисперсію відтворюваності за формулою

$$S^2(y) = \sum_{j=1}^N S_j^2 / N = 1,98/8 = 0,25.$$

Помилка експерименту складе

$$S(y) = \sqrt{S^2(y)} = 0,5.$$

Члени регресії обчислено за формулами

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^N \bar{y}_j}{N} = 7,34, \quad b_1 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} \bar{y}_j}{N} = 0,35, \quad b_2 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} \bar{y}_j}{N} = -0,53,$$
$$b_3 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{3j} \bar{y}_j}{N} = -0,36, \quad b_{12} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} \bar{y}_j}{N} = -0,54, \quad b_{13} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = 0,12,$$
$$b_{23} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = -0,58, \quad b_{123} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = 0,18.$$

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і їх підстановки в рівняння отримано

$$\hat{y} = 7,34 + 0,35x_1 - 0,53x_2 - 0,36x_3 - 0,54x_1x_2 + 0,12x_1x_3 -$$
$$0,58x_2x_3 + 0,18x_1x_2x_3.$$

Перевірку статистичної значущості коефіцієнтів виконано за t-критерієм Стьюдента. Для повного факторного експерименту помилки всіх коефіцієнтів рівні між собою і визначаються за формулою

$$S(\hat{b}) = S(y) / \sqrt{N \cdot r} = 0,1$$

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ
ПОВЕРХНІ (ПРОДОВЖЕННЯ)

Далі визначено довірчий інтервал довжиною $2\Delta b_i$

$$\Delta b_i = \pm t_{\varphi} \cdot S(b_i) = \pm 0.216$$

Критичне значення $t_{\varphi} = 2,12$ прийняте згідно [19] для числа ступенів свободи $N(r-1) = 8 \cdot 2 = 16$ (при $\alpha = 0,05$).

Коефіцієнт є значимим, якщо $|b_i| \geq \Delta b_i$.

Нехтуючи статистично незначущими коефіцієнтами, рівняння набуло вигляду

$$\hat{y} = 7,34 + 0,35x_1 - 0,53x_2 - 0,36x_3 - 0,54x_1x_2 - 0,58x_2x_3.$$

Якщо коефіцієнт має знак «+», то зі збільшенням значення фактора параметр оптимізації збільшується. В даному випадку таким фактором є подача S.

Знак «-» при коефіцієнті вказує, що при збільшенні значення даного фактора параметр оптимізації зменшується. Такий вплив дає глибина різання і радіус заокруглення різця.

Отримане рівняння перевірено на адекватність по критерію Фішера:

$$F_p = S_{\text{сг}}^2 / S^2(y).$$

Тут дисперсія адекватності

$$S_{\text{сг}}^2 = r \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2 / (N - \lambda),$$

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ
ПОВЕРХНІ (ПРОДОВЖЕННЯ)

Якщо виконується умова перевірки по критерію Фішера

$$F_p \leq F_{табл} ,$$

то розроблена модель є адекватною.

Таблиця 4.5 – Результати дослідів і розрахунків

Номер дослідів	\bar{y}	\hat{y}	$y - \hat{y}$	$(y - \hat{y})^2$
1	5,97	5,68	0,29	0,085
2	5,77	6,06	-0,29	0,085
3	8,93	8,99	-0,06	0,003
4	7,27	7,21	0,06	0,003
5	7,27	7,56	-0,29	0,085
6	8,23	7,94	0,29	0,085
7	8,60	8,54	0,06	0,003
8	6,70	6,76	-0,06	0,003
Σ				0,354

Звідси дисперсія адекватності – 0,152.

Критерій Фішера (розрахунковий) – 0,86.

Згідно [19] визначено критичне значення критерія Фішера для ступеня вільності 1 та 16 становить 4,49. Оскільки розрахунковий критерій Фішера менший від табличного, то модель є адекватною.