

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

Кафедра ТАМ

Магістерська кваліфікаційна робота
на тему:
УДОСКНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ДЕТАЛІ «ВАЛІ 16.05»

08-26.МКР.009.00.000

Керівник: к.т.н., доц. Лозінський Д.О.
“ ” 2018р.

Розробив студент гр. 1ПМ-16м

Наконечна А. О.
“ ” 2018р.

Вінниця ВНТУ 2018

Тема МКР: удосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал 16.05».

Мета роботи: удосконалення ТП механічної обробки деталі «Вал 16.05» з використанням CAD/CAM – систем.

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

Предмет дослідження: технологічний процес механічної обробки деталі «Вал 16.05».

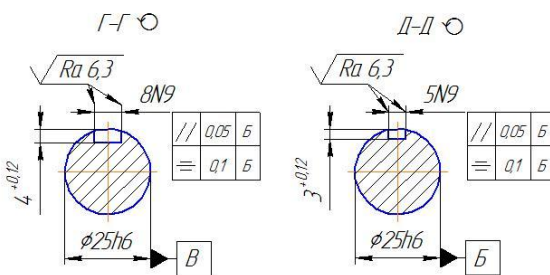
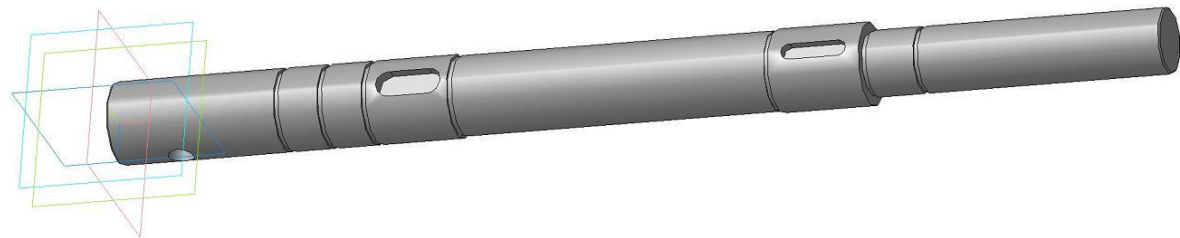
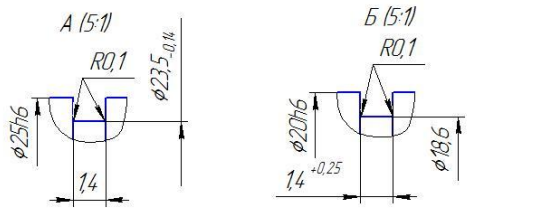
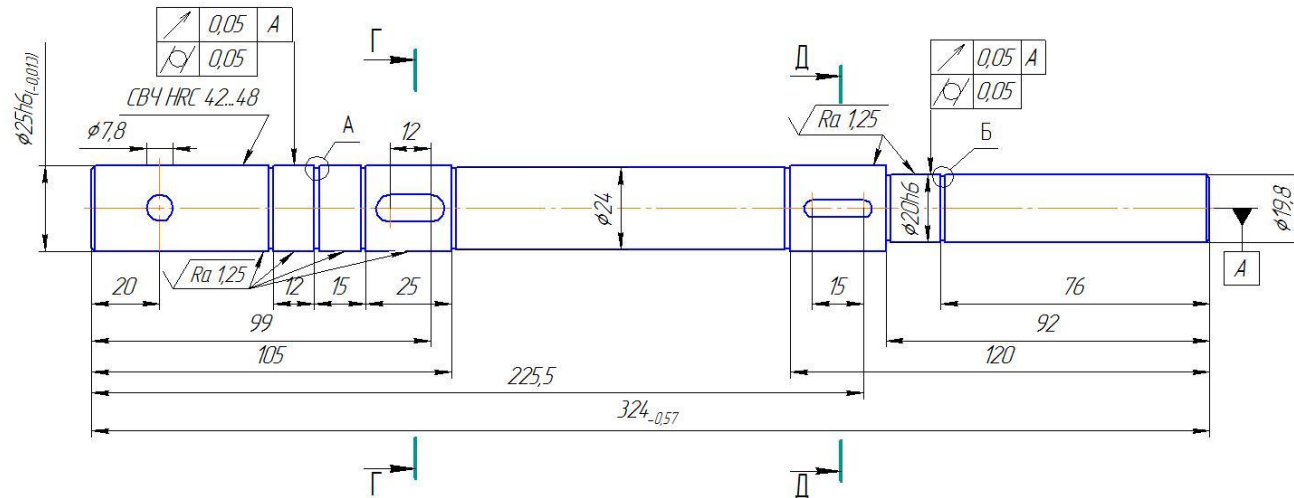
Наукова новизна одержаних результатів. Набули подальшого розвитку застосування методів математичної статистики для забезпечення точності і зменшення собівартості механічної обробки. Розроблено математичну модель для оптимізації режимів різання деталі «Вал 16.05» для вертикально-фрезерних операцій.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні техно-логічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал» з використанням CAD/CAM – систем для його реалізації.

При цьому запропоновані такі нові рішення:

- удосконалений технологічний процес механічної обробки за рахунок вибору раціонального алгоритму обробки та оптимізації режимів різання;
- удосконалено робоче місце механічної обробки за рахунок автоматизації елементів виробництва;
- аналіз впливу точності і продуктивності верстата на технологічну собівартість механічної обробки;
- встановлено оптимальні показники режимів обробки для вертикально-фрезерних операцій.

Отримані дані можуть бути використані при проектуванні технологічних процесів та підготовці виробництва.



- Невказані фаски 0,5 × 45°.
- Невказані граничні відхилення розмірів отворів H14, валів h14, інших $\frac{IT14}{2}$.

Лист 1 з 1
Сторінка №
Вид №
Лист №
Лист №

08-26.МКР.009.00.001				Лист	Масо	Масштаб
Имя Лист	№ докум	Прод	Дата	11	11	1
Разраб	Исполнен	Провер	Дата			
Лист	Листов	Сталь 45 ГОСТ 1050-89				ВНТУ, 17М-16М
Исполн	Мат	Копиробот	Формат	A2		

08-26.МКР.009.00.002

√ Ra16 (√)

Лист 1 из 1

Склад №

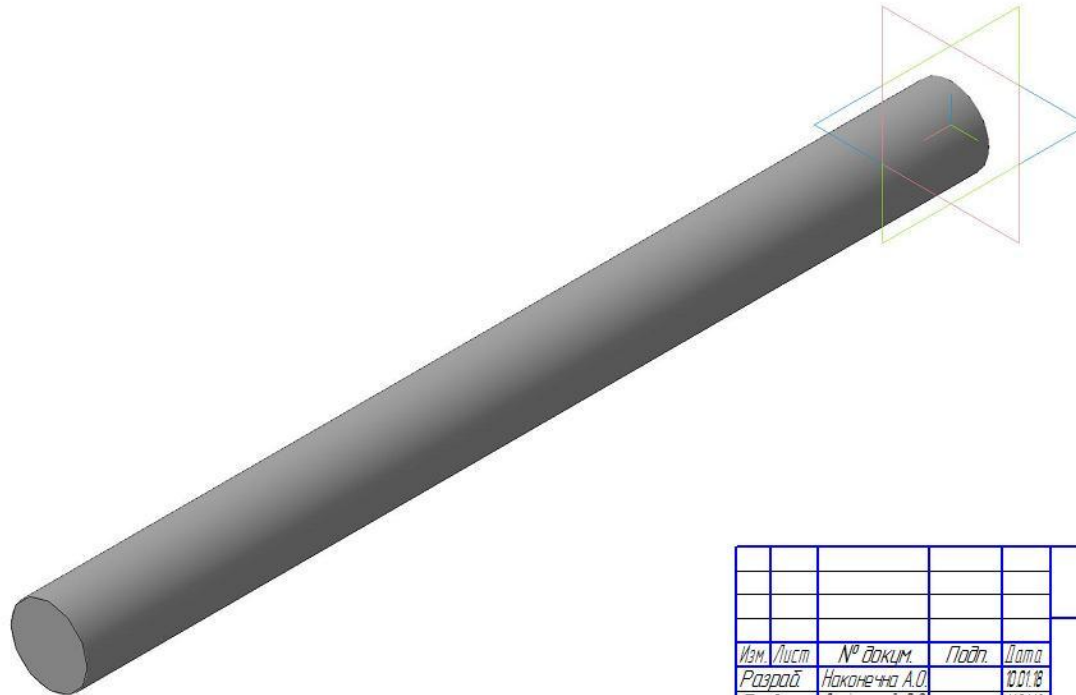
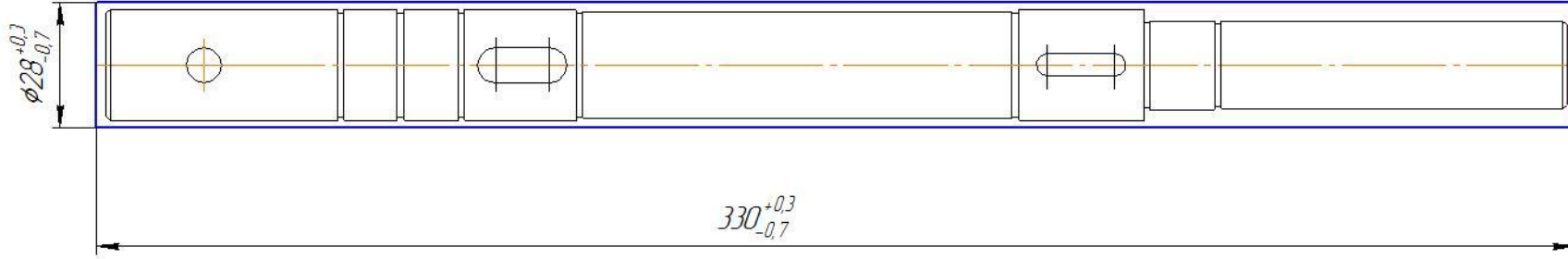
Лист и дата

Инд. № докум.

Взам инв. №

Лист и дата

Инд. № подл.

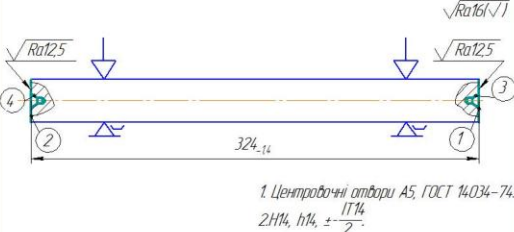
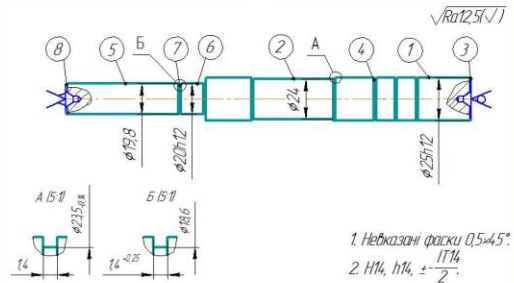
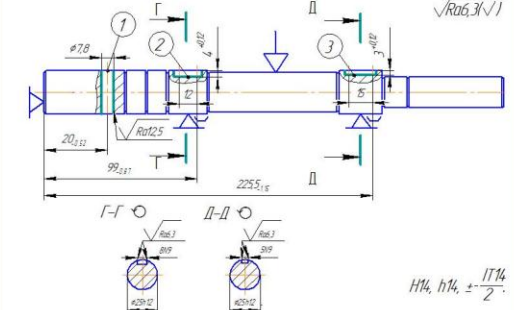
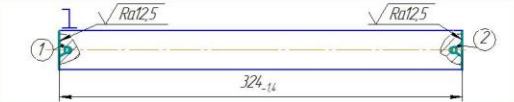
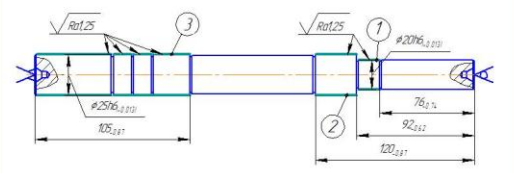


				08-26.МКР.009.00.002		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Наконечная А.О.		10.01.18		1,589	1:1
Проб.	Лозинський Д.О.		11.01.18			
Т.контр.				Лист	Листов	1
И.контр.			12.01.18	В-28 ГОСТ 2590-84		
Утв.	Козлов Л.Г.		12.01.18	Круж 45 ГОСТ 1050-89		
				ВНТУ ІПМ-16М		
				Формат А3		

Копировал

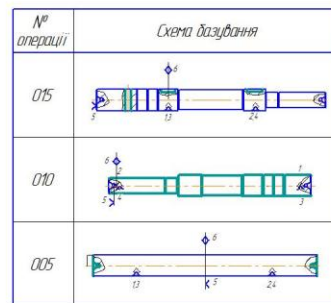
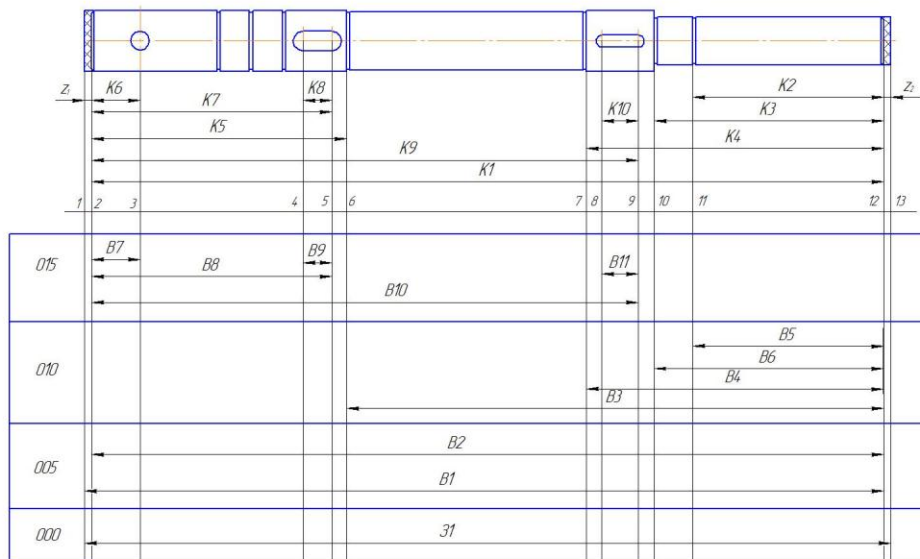
Формат А3

Маршрут механічної обробки деталі "Вал 16.05"

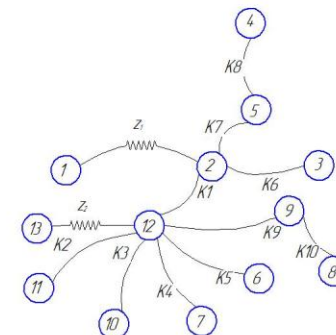
№ Операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Тип і модель обладнання
005	<p style="text-align: center;"><u>Фрезерно-центрувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Фрезерувати торці 1 та 2 в розмір 324 мм. 3. Центрувати отвори 3 та 4 одночасно $\phi 5$ мм. 4. Зняти деталь. 	 <p style="text-align: center;">1. Центровочні отвори А5, ГОСТ 14.034-74. 2. H14, h14, $\pm \frac{1}{2}$.</p>	Фрезерно-центрувальний верстат МР-71М
010	<p style="text-align: center;"><u>Токарна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Точити за контуром фаску 3 поверхню 1 $\phi 25$ h12 попередньо та поверхню 2 $\phi 24$ попередньо. 3. Точити за контуром фаску 8 поверхню 5 $\phi 19$ h8 остаточно та поверхню 6 $\phi 20$ h12 попередньо. 7. Точити поверхню 6 $\phi 25$ h12 та 1 $\phi 20$ h12 остаточно. 8. Точити п'ять канавок 4 B=14 мм та дві канавки 7 B=14 мм. 9. Зняти деталь. 	 <p style="text-align: center;">1. Невказані фаски 0,5x45°. 2. H14, h14, $\pm \frac{1}{2}$.</p>	Токарний з ЧПК 16K20Ф3
015	<p style="text-align: center;"><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Центрувати отвір 1 $\phi 5$ мм. 3. Свердлити отвір 1 $\phi 7,8$ мм. 4. Фрезерувати шпоночний паз 2 8N9. 5. Фрезерувати шпоночний паз 3 5 N9. 6. Зняти деталь. 	 <p style="text-align: center;">H14, h14, $\pm \frac{1}{2}$.</p>	Фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
020	<p style="text-align: center;"><u>Термообробка</u></p>		Установка СВ4
025	<p style="text-align: center;"><u>Токарна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Підготувати центри. 3. Зняти деталь. 		Токарний 16K20
030	<p style="text-align: center;"><u>Токарна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь. 2. Точити послідовно поверхню 1 $\phi 25$ h6, 2 $\phi 25$ h6 та 3 $\phi 20$ h6 попередньо. 3. Точити послідовно поверхню 1 $\phi 25$ h6, 2 $\phi 25$ h6 та 3 $\phi 20$ h6 остаточно. 4. Зняти деталь. 		Токарний з ЧПК МК6801Ф3

Розмірний аналіз технологічного процесу

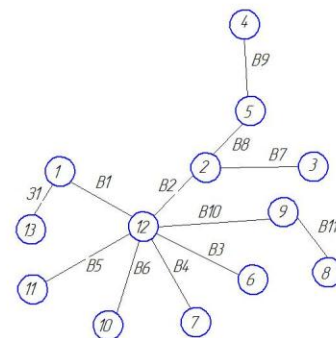
Розмірна схема технологічного процесу



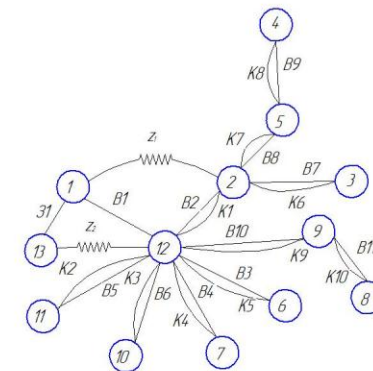
Вихідний граф-дерево



Похідний граф-дерево

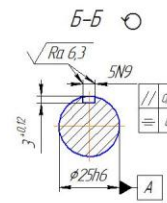
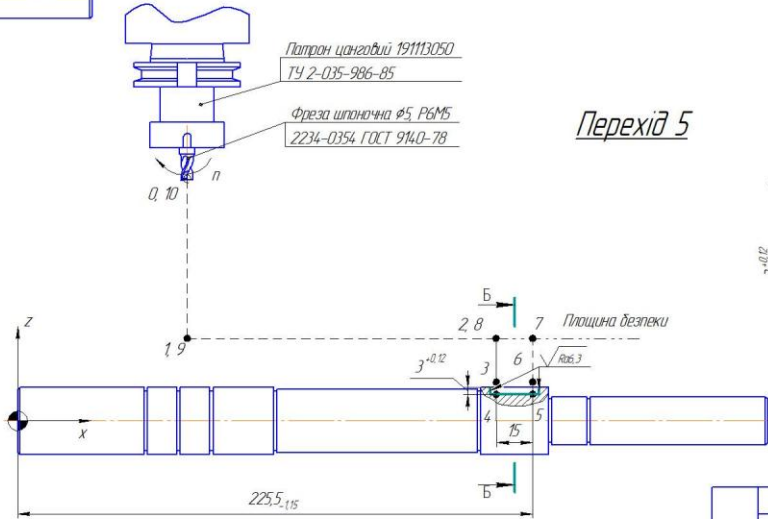
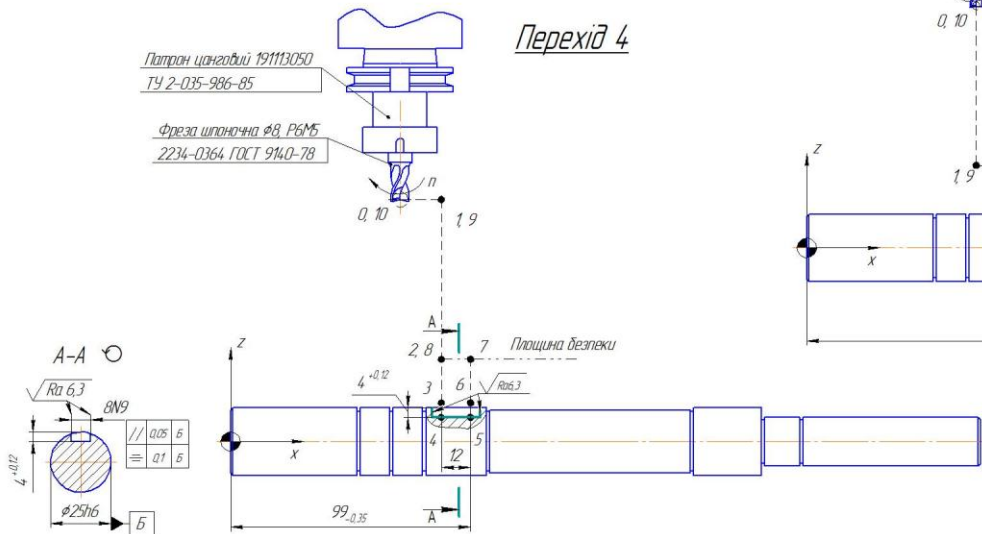
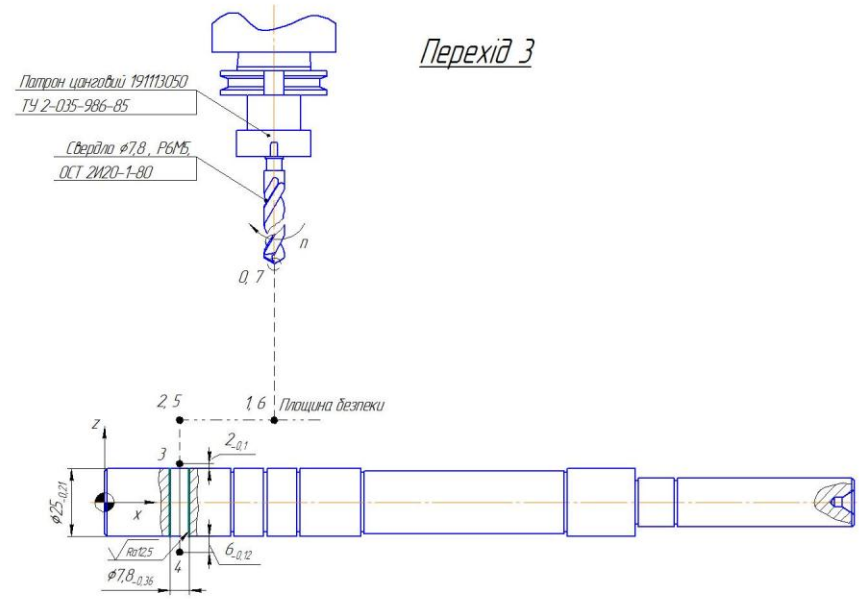
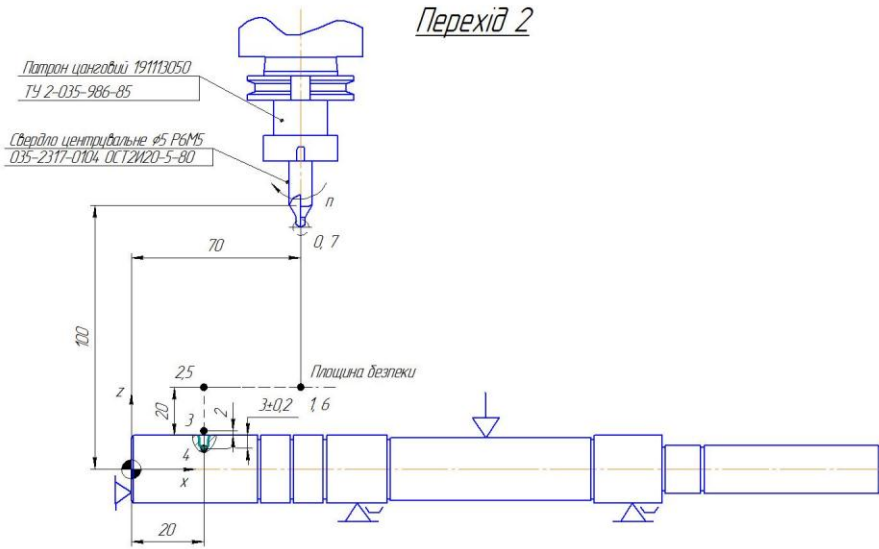


Суміщений граф-дерево



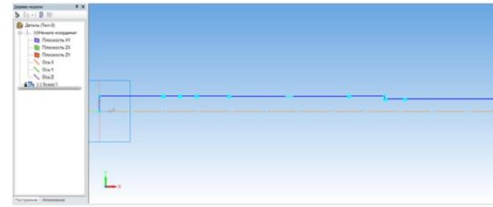
Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
B1	325,5	326,9	1,4	324	-	-
B2	323,43	324	0,57	324	20,86-0,57	-
B3	104,13	105	0,87	105	105-0,87	-
B4	119,13	120	0,87	120	120-0,87	-
B5	75,26	76	0,74	76	76-0,74	-
B6	91,13	92	0,87	92	92-0,87	-
B7	19,48	20	0,52	20	20-0,52	-
B8	98,13	99	0,87	99	99-0,87	-
B9	11,95	12	0,043	12	12-0,043	-
B10	224,35	225,5	1,15	225,5	225,5-1,15	-
B11	14,95	15	0,043	15	15-0,043	-
31	329,3	330,3	1	330	330 ^{+0,3} _{-0,7}	330 ^{+0,3} _{-0,7}

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30
Лист № 31
Лист № 32
Лист № 33
Лист № 34
Лист № 35
Лист № 36
Лист № 37
Лист № 38
Лист № 39
Лист № 40
Лист № 41
Лист № 42
Лист № 43
Лист № 44
Лист № 45
Лист № 46
Лист № 47
Лист № 48
Лист № 49
Лист № 50

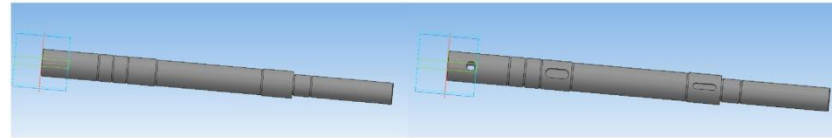


015	5	Фрезерувати шпандний паз 2	26,2	1998	0,3	3
	4	Фрезерувати шпандний паз 1	33,6	1340	0,3	4
	3	Свердлити отвір 1	22	898	0,3	3,9
	2	Центрувати отвір 1	13,4	854	0,6	2,5
	№ опер.	№ перех.	Фрезерна з ЧПК			
			6Р13РФ3		v _н n _н s _н l, мм	
			Одходження		Режими різання	
08-26.МКР.009.00.003						
Картка налагоджень на операцію 015			Лист	Маса	Масштаб	
ВНТУ, 17М-16м			Лист	Листов	Т	

Алгоритм створення КП для верстата з ЧПК



Створення 3D моделі деталі та заготовки у програмі Кампас 3D шляхом створення ескізу та виконання допоміжних операцій.



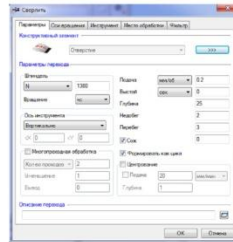
3D модель заготовки

3D модель деталі

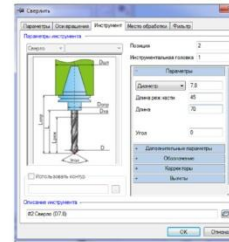
Імпортування моделі та заготовки до програми ADEM



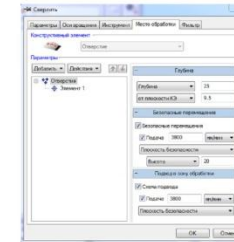
Першим етапом є встановлення початкової точки та вибір лінії безпеки.
Другим етапом є створення операції та вибір усіх необхідних параметрів переходу, а саме:



Встановлення режиму різання

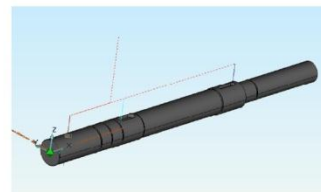


Вибір різальної інструменту

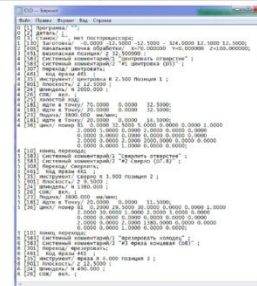


Вибір елемента обробки

Імпортування обробки та створення керуючої програми



Траекторія руху інструменту

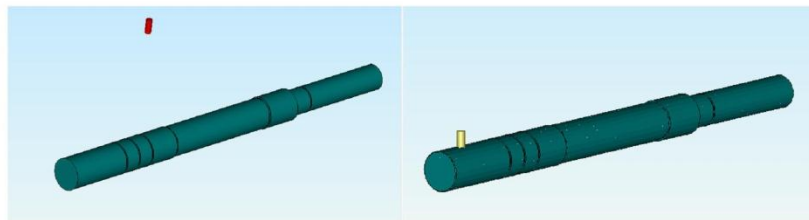


Файл CLDATA

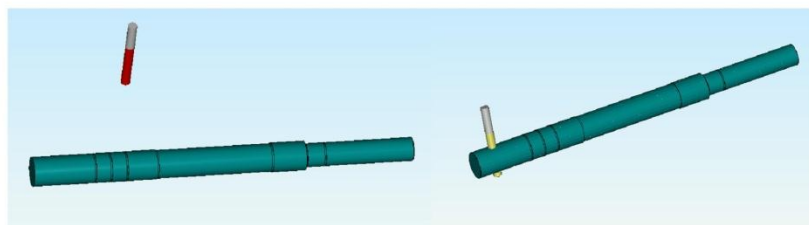


Керуюча програма

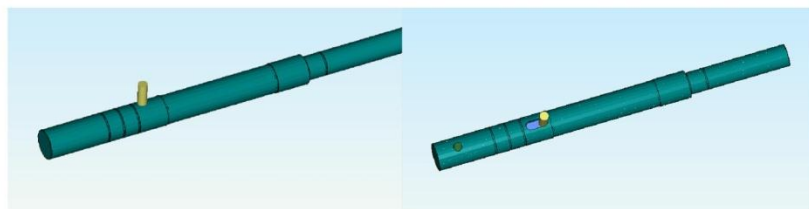
Імітація обробки деталі в САМ-системі



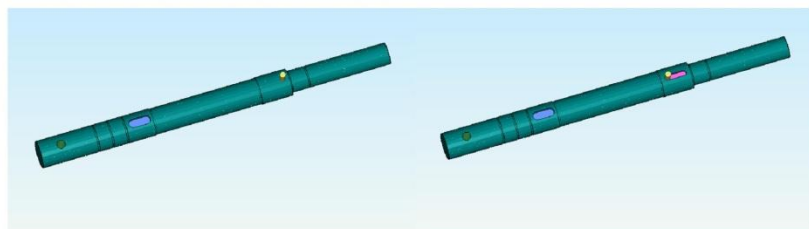
Центрування отвору $\phi 5$ мм.



Свердління отвору $\phi 7,8$ мм.



Фрезерування шпоночного пазу 8N9.



Фрезерування шпоночного пазу 5N9.

Оптимізація режимів різання під час центрування отвору $\phi 5$ мм

Технічні обмеження:

1. Обмеження по ріжучим властивостям інструменту:

$$nS^y \leq \frac{3180^{0,75} \times C_s \times K_r}{T^m}$$

2. Обмеження потужності верстата:

$$nS^y \leq \frac{975 \times 10^3 \times N_0 \times 0,9}{C_s \times D^3 \times K_p}$$

3. Обмеження по міцності механізму подач верстату:

$$S^y \leq \frac{[P_s]}{10 \times C_s \times D^3 \times K_p}$$

4. Обмеження по міцності інструменту:

$$S^y \leq \frac{\sigma_s \times 0,002 \times D^3}{1,73 \times 10 \times C_s \times D^3 \times K_r \times K_p}$$

5. Обмеження по жорсткості різального інструменту:

$$S^y \leq \frac{K_s \times E \times l}{L_0^2 \times 10 \times C_s \times D^3 \times K_p}$$

6. Обмеження кінематикою верстата:

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max}$$

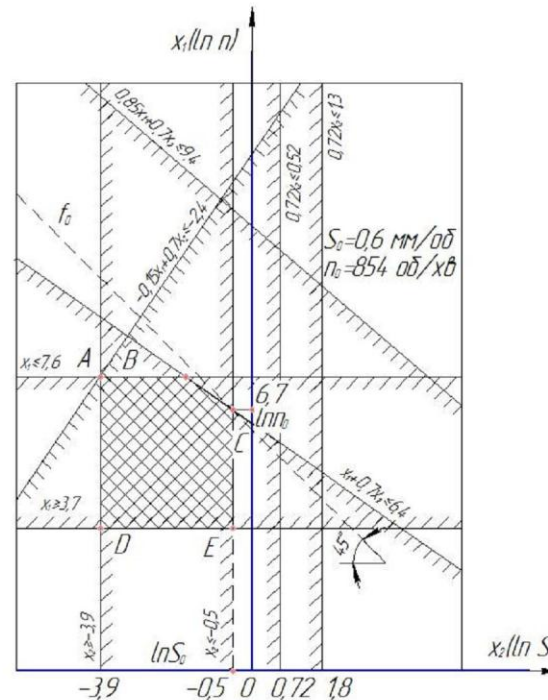
$$S_{\min} \leq S \leq S_{\max}$$

Цільова функція:

$$t_0 = \frac{L}{n \times S} = \frac{l_1 + l_2}{n \times S}$$

Математична модель процесу:

$$\begin{cases} x_1 + 0,7x_2 \leq 6,4 \\ 0,85x_1 + 0,7x_2 \leq 9,4 \\ 0,72x_2 \leq 1,3 \\ -0,15x_1 + 0,7x_2 \leq -2,4 \\ 0,72x_2 \leq 0,52 \\ x_1 \leq 7,6 \\ x_1 \geq 3,7 \\ x_2 \leq -0,5 \\ x_2 \geq -3,9 \\ f_0 = (x_1 + x_2) = \max \end{cases} \quad A'$$



Режими різання отримані оптимізацією:

$$n_0 = 854 \text{ од/хв.};$$

$$S_0 = 0,6 \text{ мм/од.};$$

$$V_0 = 13,4 \text{ м/хв.}$$

$$t_0 = \frac{L}{n \times S} = \frac{3+5}{854 \times 0,6} = 0,015 \text{ хв.}$$

Оптимізація режимів різання під час центрування отвору $\phi 7,8$ мм

Технічні обмеження:

1. Обмеження по ріжучим властивостям інструменту:

$$nS^y \leq \frac{3180^{100-\sigma} \times C_1 \times K_1}{T^m}$$

2. Обмеження потужності верстата:

$$nS^y \leq \frac{975 \times 10^3 \times N_0 \times 0,9}{C_2 \times D^3 \times K_2}$$

3. Обмеження по міцності механізму подач верстату:

$$S^y \leq \frac{[P_3]}{10 \times C_3 \times D^3 \times K_3}$$

4. Обмеження по міцності інструменту:

$$S^y \leq \frac{\sigma_s \times 0,002 \times D^3}{1,73 \times 10 \times C_4 \times D^3 \times K_4 \times K_5}$$

5. Обмеження по жорсткості різального інструменту:

$$S^y \leq \frac{K_6 \times E \times l}{L_0^3 \times 10 \times C_5 \times D^3 \times K_6}$$

6. Обмеження кінематикою верстата:

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max}$$

$$S_{\min} \leq S \leq S_{\max}$$

Цільова функція:

$$t_0 = \frac{L}{n \times S} = \frac{l_1 + l_2}{n \times S}$$

Математична модель процесу:

$$\begin{cases} x_1 + 0,7x_2 \leq 6 \\ 0,85x_1 + 0,7x_2 \leq 9 \\ 0,7x_2 \leq 0,85 \\ -0,15x_1 + 0,7x_2 \leq -1,8 \\ 0,72x_2 \leq 0,5 \\ x_1 \leq 7,6 \\ x_1 \geq 3,7 \\ x_2 \leq -0,5 \\ x_2 \geq -3,9 \\ f_0 = (x_1 + x_2) = \max \end{cases}$$

B'

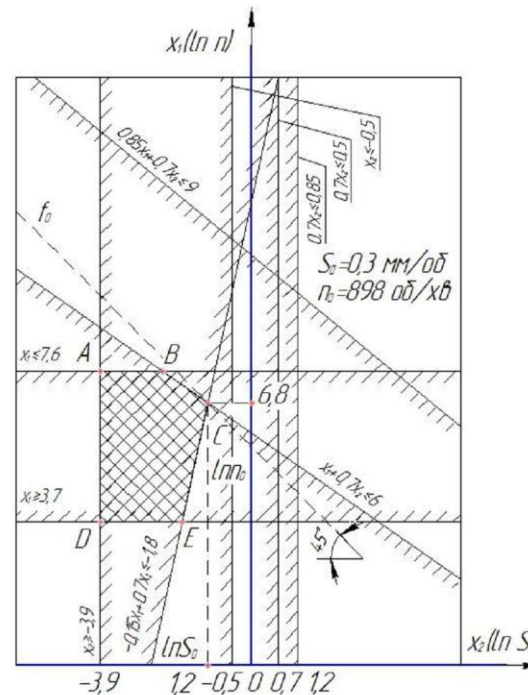
Режими різання отримані оптимізацією:

$$n_0 = 898 \text{ об/хв.};$$

$$S_0 = 0,3 \text{ мм/об.};$$

$$V_0 = 22 \text{ м/хв.}$$

$$t_0 = \frac{L}{n \times S} = \frac{2+25+3}{898 \times 0,3} = 0,12 \text{ хв.}$$



Оптимізація режимів різання під час фрезерування шпоночного пазу 8N9

Технічні обмеження:

1. Обмеження по ріжучим властивостям інструменту:

$$\pi S^y \leq \frac{318 \times D^{0.75} \times C_c \times K_c}{T^x \times z^y \times B^z}$$

2. Обмеження потужності верстата:

$$\pi S^y \leq \frac{975 \times 10^3 \times N_v \times 0,9 \times K_c}{C_p \times T^x \times z^y \times B^z \times D^{0.75} \times K_p}$$

3. Обмеження по міцності механізму подач верстату:

$$S^y \leq \frac{P_0}{C_p \times T^x \times z^y \times B^z \times D^{0.75} \times K_p}$$

4. Обмеження кінематикою верстата:

$$\pi_{\min} \leq \pi \leq \pi_{\max}$$

$$S_{\min} \leq S \leq S_{\max}$$

Цільова функція:

$$t_0 = \frac{l_1 + (0,5 \times (D_0 - \sqrt{D_0^2 - B^2}) + 5) + l_2}{S_z \times z \times \pi}$$

Математична модель процесу:

$$\left. \begin{aligned} x_1 + 0,25x_2 &\leq 6,9 \\ x_1 + 0,72x_2 &\leq 7,9 \\ 0,72x_2 &\leq 0,85 \\ x_1 &\leq 7,6 \\ x_1 &\geq 3,7 \\ x_2 &\leq -1,2 \\ x_2 &\geq -4,6 \\ f_0 &= (x_1 + x_2) = \max \end{aligned} \right\} C'$$

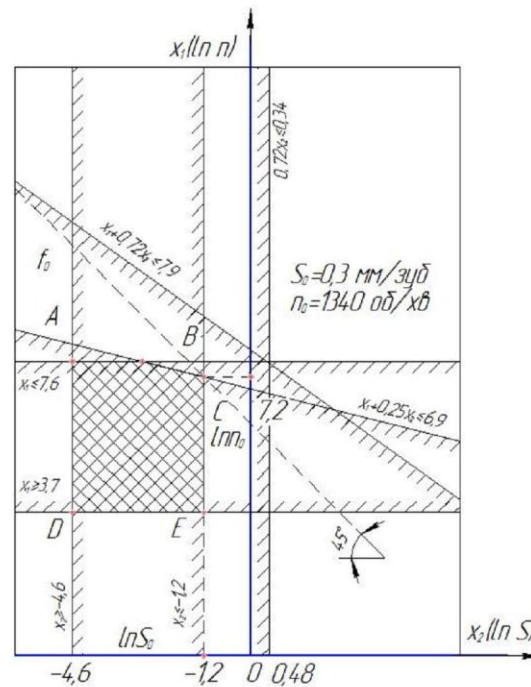
Режими різання отримані оптимізацією:

$$\pi_0 = 1340 \text{ об/хв.};$$

$$S_0 = 0,3 \text{ мм/зуб.};$$

$$V_0 = 33,6 \text{ м/хв.}$$

$$t_0 = \frac{12 + (0,5 \times (8 - \sqrt{8^2 - 8^2}) + 5) + 10}{0,3 \times 1340 \times 2} = 0,04 \text{ хв.}$$



Оптимізація режимів різання під час фрезерування шпоночного пазу 5N9

Технічні обмеження:

1. Обмеження по ріжучим властивостям інструменту:

$$nS^y \leq \frac{318 \times D^{0.75} \times C_s \times K_s}{T \times f^0.7 \times z^0.7 \times B^0.7}$$

2. Обмеження потужності верстата:

$$nS^y \leq \frac{975 \times 10^3 \times N_s \times 0.9 \times K_c}{C_s \times T^0.7 \times f^0.7 \times z^0.7 \times B^0.7 \times D^{0.75} \times K_s}$$

3. Обмеження по міцності механізму подачі верстату:

$$S^y \leq \frac{P_s}{C_s \times f^0.7 \times z^0.7 \times B^0.7 \times D^{0.75} \times K_s}$$

4. Обмеження кінематикою верстата:

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max}$$

$$S_{\min} \leq S \leq S_{\max}$$

Цільова функція:

$$t_o = \frac{L + (0.5 \times (D_\phi - \sqrt{D_\phi^2 - B^2}) + 5) + L_2}{S_2 \times z \times n}$$

Математична модель процесу:

$$\begin{cases} x_1 + 0.25x_2 \leq 7.4 \\ x_1 + 0.72x_2 \leq 8.7 \\ 0.72x_2 \leq 0.7 \\ x_1 \leq 7.6 \\ x_1 \geq 3.7 \\ x_2 \leq -1.2 \\ x_2 \geq -4.6 \\ f_o = (x_1 + x_2) = \max \end{cases}$$

E'

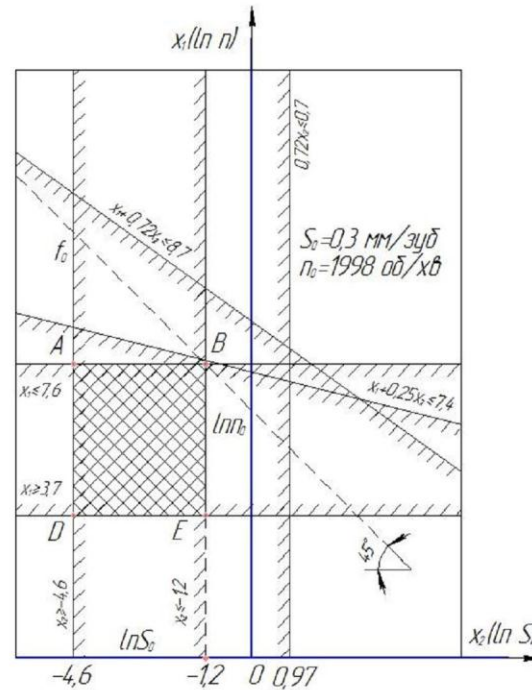
Режими різання отримані оптимізацією:

$$n_o = 1998 \text{ об/хв.};$$

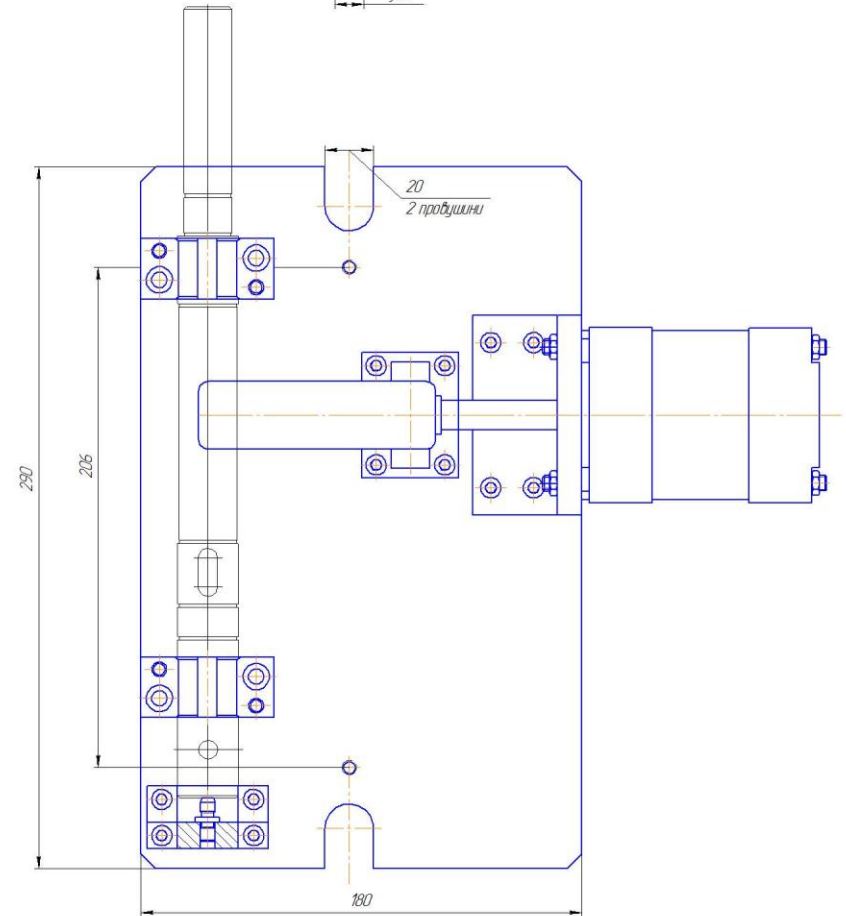
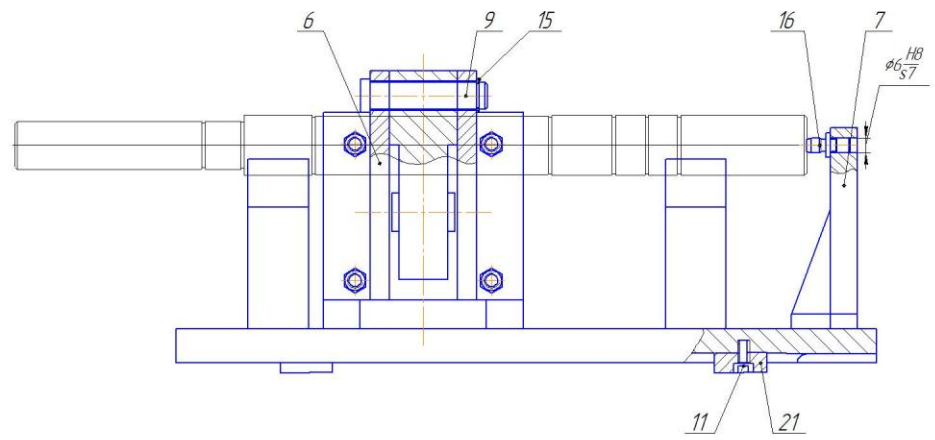
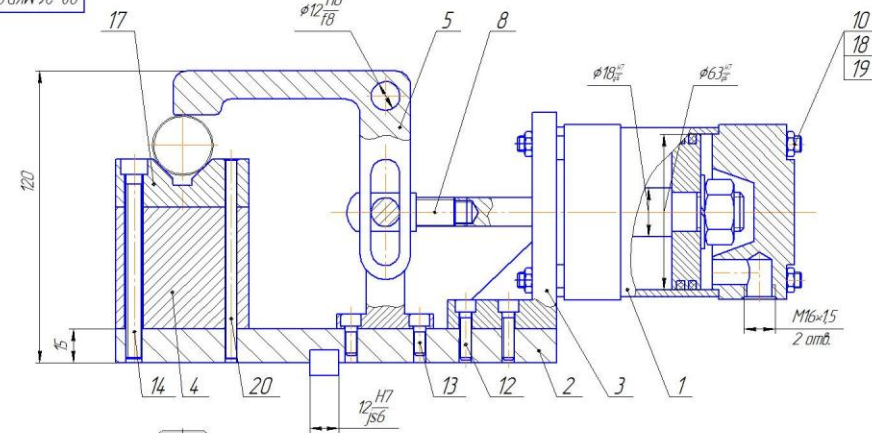
$$S_o = 0.3 \text{ мм/зуб.};$$

$$V_o = 26.2 \text{ м/хв.}$$

$$t_o = \frac{15 + (0.5 \times (5 - \sqrt{5^2 - 5^2}) + 5) + 10}{0.3 \times 1998 \times 2} = 0.03 \text{ хв.}$$



08-26.МКР.009.01.000СК



Лист № 11
 Стор. № 11
 08-26.МКР.009.01.000СК
 Лист № 11

Службове призначення

Пристосування призначене для виконання фрезерної операції на фрезерному верстаті з ЧПК моделі 6P13PФ3. Розмірццо зазначає пристосування: φ7,8; 8N9; 5N9.

Технічна характеристика

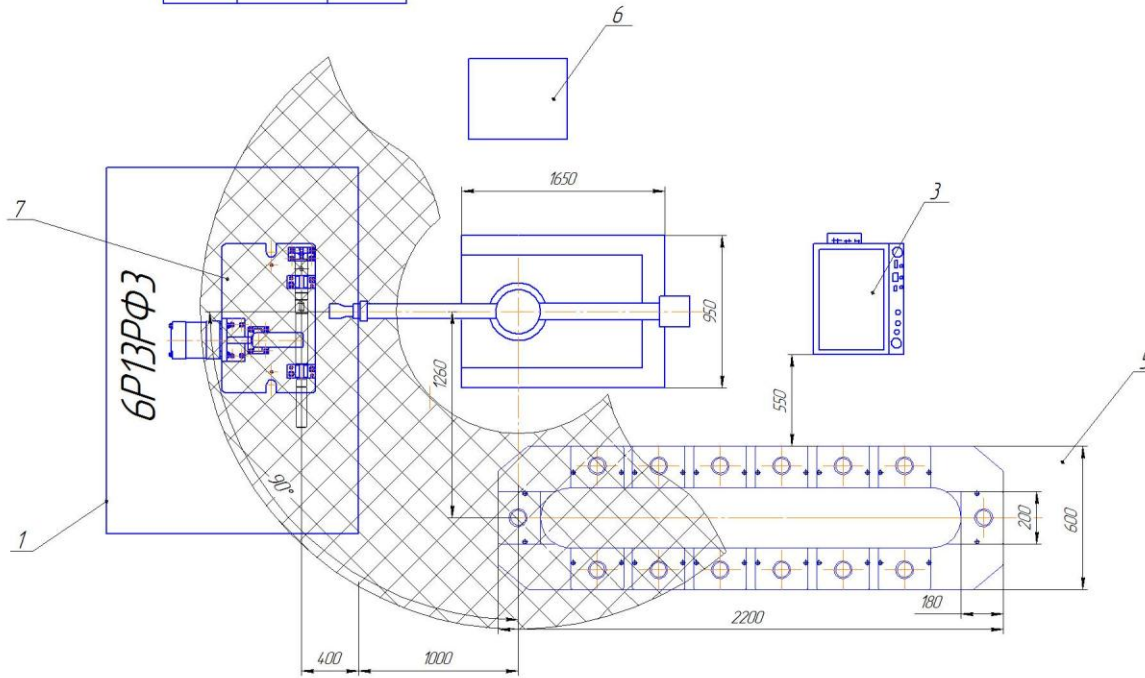
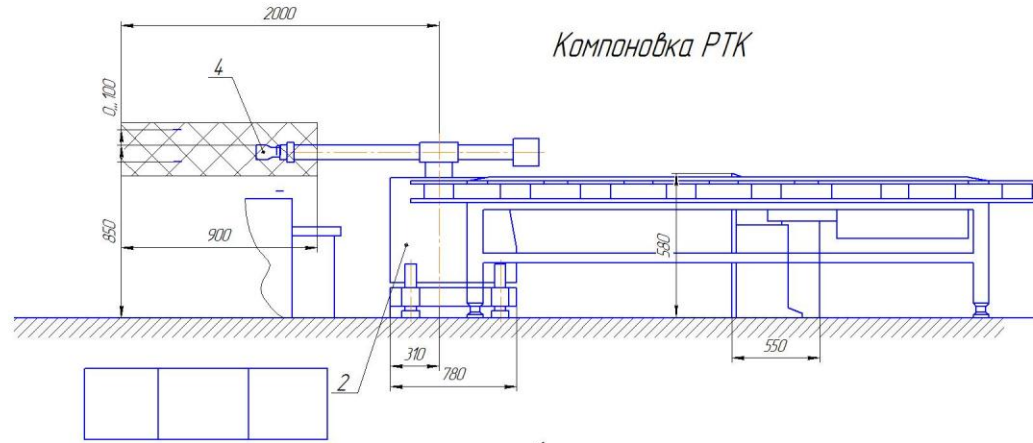
- 1. Зусилля затиску, Н 1030
- 2. Тиск повітря в магистралі Р, мПа 0,4
- 3. Хід шпала L, мм 40

Технічні вимоги

- 1. *Розміри для довідок.
- 2. Шток пневмоцилиндра повинен рухатись плавно, без задіань і перекося.
- 3. Стиснене повітря повинне бути насичене маслом ИМО.

				08-26.МКР.009.01.000СК		
Вид	Лист	№ Взам.	Код	Лист	Лист	Масштаб
Розроб.	1	0801		11	11	
Проєкт.	1	0801		11	11	
Констру.	1	0801		11	11	
Нормув.	1	0801		11	11	
Чит.	1	0801		11	11	
				Пристосування верстатне		
				ВНТУ, ПМ-16М		
				Лист 11		
				Лист 11		

Компоновка РТК



1. Верстат моделі 6Р13РФ3
2. ПР моделі ПР-4
3. Пристрій керування
4. Захватний пристрій
5. Тактовий стіл СТ 350
6. Місце складання заготовок
7. Верстатне пристосування

Технічні характеристики ПР

- вантажопідйомність - 5 кг;
- число ступінь рухливості - 6;
- число рук - 1;
- число хватних пристроїв на одній руці - 1;
- привід основних рухів - пневматичний;
- система керування - циклова;
- число програмування координат - 6;
- засіб програмування переміщень - по ціпарам;
- ємність пам'яті системи, число кроків - 60;
- похибка позиціонування - ±0,1 мм;
- найдовший витяг руки - 1400 мм;
- лінійна переміщення, мм/швидкість, м/с;
- $\Gamma = 600/1$;
- $Z = 100/0,5$;
- кутові переміщення, °/кутова швидкість, °/с;
- $\beta = 24,0/120$;
- $\phi = 24,0/30$;
- габаритні розміри, мм - 1050x1650x950;
- маса, кг - 550.

Характеристика робочого місця

1 Циклова продуктивність, Qц	0.0072
2 Коefіцієнт відносного завантаження, Kз	0.4
3 Режим роботи ПР	легкий

				08-26.МКР.009.00.013		
Лист	№ Вироби	Код	Лист	Лист	Маса	Масштаб
Компоновка РТК						
				Лист	Листів	7
				ВНТУ, 11М-16М		
				Формат А1		