

***Факультет машинобудування та транспорту***

***Кафедра технологій та автоматизації машинобудування***

**Гундерчук Сергій Олександрович**

спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

***Удосконалення верстатного  
приспосовування для фрезерної  
операції технологічного процесу  
механічної обробки деталі «Вал 21.09 »***

Науковий керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ  
Петров О.В.

Вінниця ВНТУ – 2019 року

## Мета та задачі роботи

**Метою роботи** є мінімізація величини сили закріплення деталі «Вал 21.09» у верстаному пристосуванні під час обробки на операції фрезерування.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- визначити тип виробництва та провести аналіз технологічності деталі;
- вибрати спосіб отримання заготовки та розрахувати її основні розміри;
- виконати проектування послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі;
- виконати опис вибору верстатного обладнання;
- визначити режими різання на заданій операції обробки деталі;
- провести розрахунки та проектування верстатного пристосування для закріплення деталі на технологічній операції механічної обробки;
- провести удосконалення параметрів верстатного пристосування на основі аналітичних розрахунків режимів різання та сили закріплення;
- розрахувати основні економічні показники забезпечення виготовлення деталі «Вал 21.09»;
- розробити заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Вал 21.09».

**Об'єкт дослідження** – механічна обробка різанням поверхонь деталі «Вал 21.09».

**Предмет дослідження** – технологічний процес механічної обробки деталі «Вал 21.09» та її закріплення у верстатному пристосуванні.

# Деталь "Вал 21.09"

08-26.МКР.007.01.000

Лев. пр.имен.

Справ. №

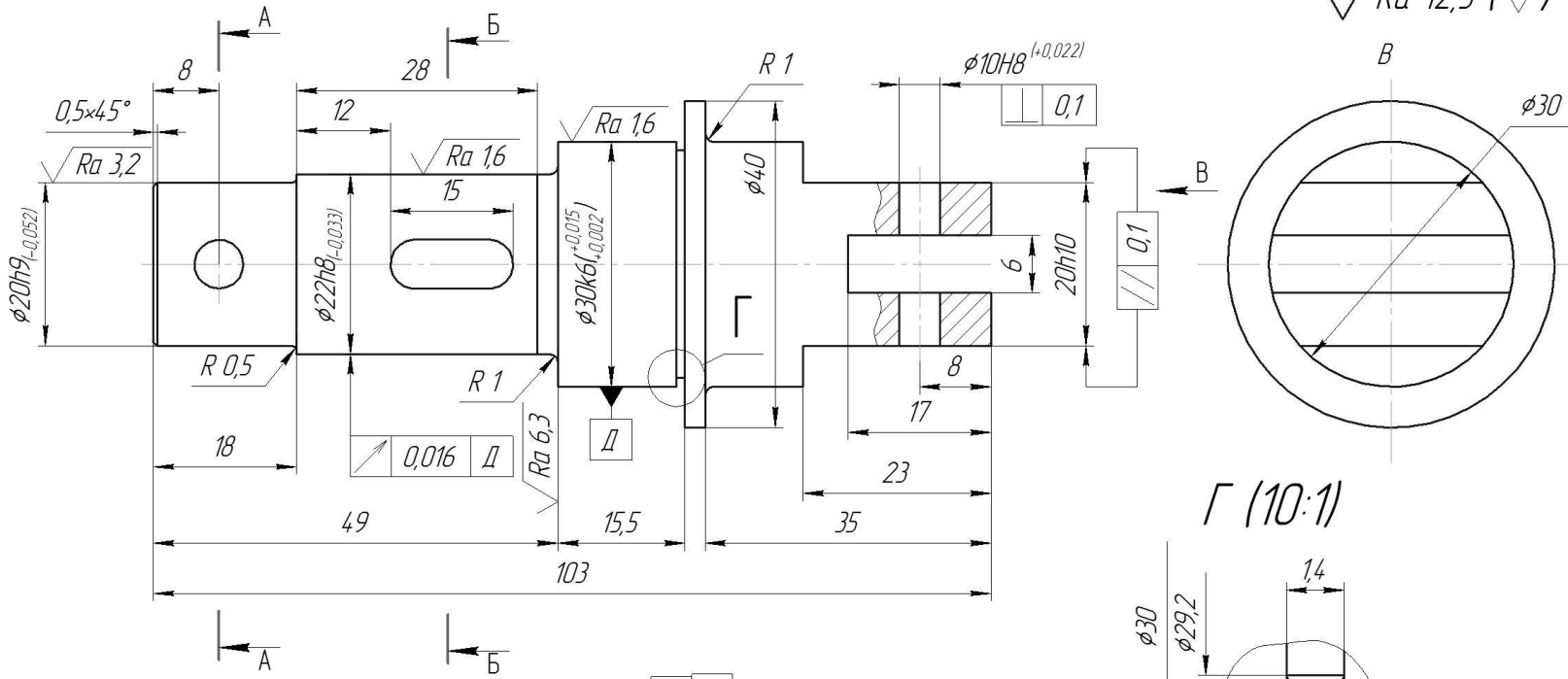
Лист. и дата

Лист. и дата

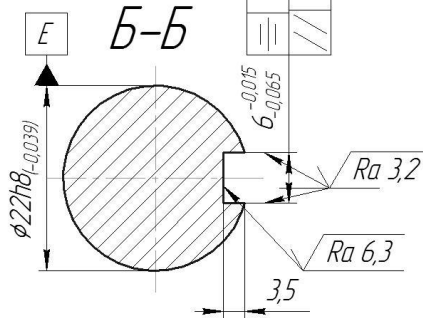
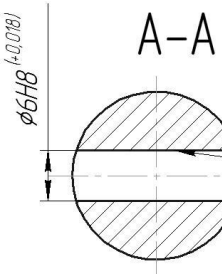
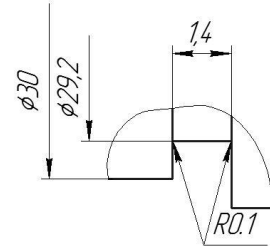
Взам. инв. №

Лист. и дата

Инв. № подл.



Г (10:1)

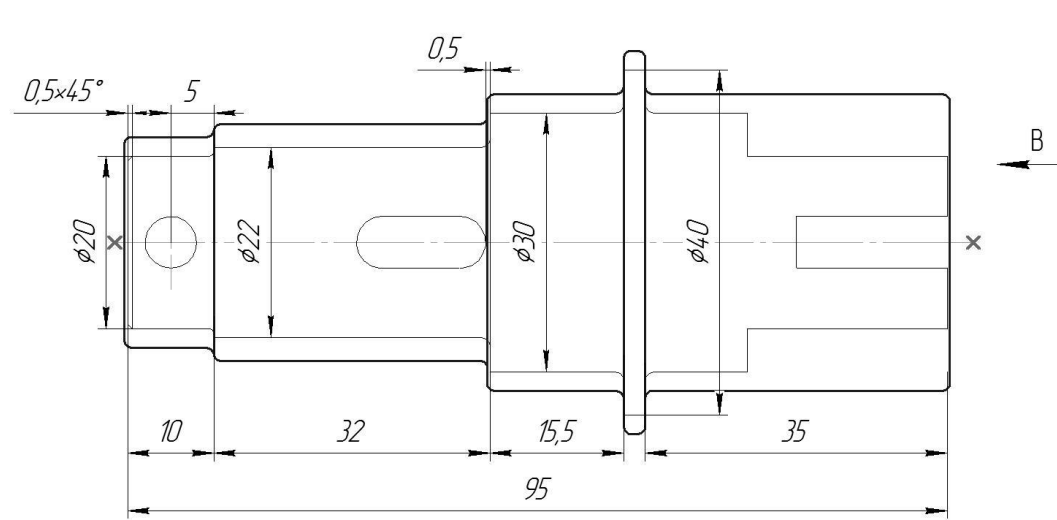


1. 45...53 HRC.
2. Невказані граничні відхилення валів h14, отворів H14, інші  $\pm 1/2 IT14$

08-26.МКР.007.01.000				Лист	Масса	Масштаб
Вал 21.09					0,728	2:1
Сталь 40X ГОСТ 4543-71				Лист	Листов	1
Копировал				ВНТУ зр. 2ПМ-17М Формат А3		

# Заготовка деталі "Вал 21.09"

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



1. X-X - Площина роз'єму
2. 217-221HB
3. Ступінь складності - С1
4. Група сталі - М2
5. Точність виготовлення клас - Т4
6. Невказані радіуси скруглення -  $3..4 \pm 0,5$  мм

Перв. примен.
Спроб. №
Падп. і дата.
Інв. № дробл.
Взам. інв. №
Падп. і дата.
Інв. № падп.

08-26.МКР.007.02.000

				<b>08-26.МКР.007.02.000</b>				
Изм.	Лист	№ док.	Падп.	Дата	<b>Вал 21.09 (заготовка)</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Разр.	Гиндверчук С.О.						0,757	2:1
Проб.	Петров О.В.					Лист	Листов	1
Т.контр.					Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	ВНТУ гр. 2ПМ-17М		
Н.контр.	Савуляк В.В.				Копиробал	Формат А3		
Утв.	Козлов Л.Г.							

# Базовий та модернізований ТП механічної обробки деталі "Вал 21.09"

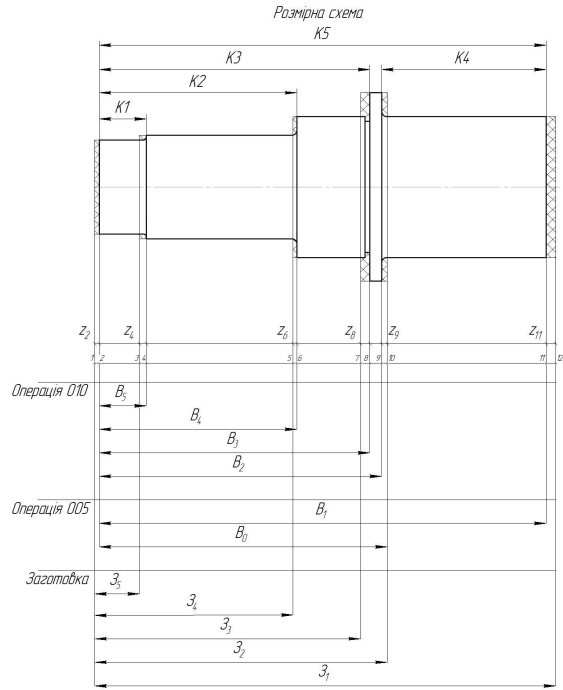
## Базовий

## Модернізований

№ Операції	Операції і переходи	Схема базування	Тип обладнання
005	<p><b>Токарна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Точити поверхню 1 однократно.</li> <li>3. Точити поверхню 2 однократно.</li> <li>4. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат 16К20
010	<p><b>Токарна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Точити поверхні 1, 2, 3 попередньо.</li> <li>3. Точити поверхні 2, 3 попередньо, точити поверхню 1 остаточно.</li> <li>4. Точити поверхні 2, 3 остаточно.</li> <li>5. Проточити канавку 4.</li> <li>6. Зняти фаску 5.</li> <li>7. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат 16К20
015	<p><b>Вертикально-фрезерна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Центрувати отвір 1.</li> <li>3. Свердлити отвір 1.</li> <li>4. Зенкерувати отвір 1.</li> <li>5. Розвернути отвір 1.</li> <li>6. Фрезерувати шпандочий па 2.</li> <li>7. Зняти заготовку.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний верстат 6Р13Ф3
020	<p><b>Фрезерна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 однократно.</li> <li>3. Фрезерувати 2 поверхні 2 однократно.</li> <li>4. Центрувати отвір 3.</li> <li>5. Свердлити отвір 3.</li> <li>6. Зняти заготовку.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний верстат 6Р13Ф3

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схема установки	Тип обладнання
005	<p><b>Фрезерно-центрувальна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торці 1 та 2 в розмір 95 однократно.</li> <li>3. Свердлити центрувальні отвори 3, 4 витримуючи розміри 5-8.</li> <li>4. Зняти заготовку.</li> </ol>		Фрезерно-центрувальний верстат 21942.04
010	<p><b>Токарна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Точити поверхні 1, 2, 3 попередньо, точити поверхню 4, 5 однократно.</li> <li>3. Точити поверхні 2, 3 попередньо, точити поверхню 1 остаточно.</li> <li>4. Точити поверхні 2, 3 остаточно.</li> <li>5. Проточити канавку 7.</li> <li>6. Зняти фаску 6.</li> <li>7. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК САКЧО
015	<p><b>Вертикально-фрезерна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Центрувати отвір 1.</li> <li>3. Свердлити отвір 1.</li> <li>4. Зенкерувати отвір 1.</li> <li>5. Розвернути отвір 1.</li> <li>6. Фрезерувати шпандочий па 2.</li> <li>7. Зняти заготовку.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний верстат 6Р13Ф3
020	<p><b>Фрезерна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 однократно.</li> <li>3. Фрезерувати 2 поверхні 2 однократно.</li> <li>4. Центрувати отвір 3.</li> <li>5. Свердлити отвір 3.</li> <li>6. Зняти заготовку.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний верстат 6Р13Ф3

# Розмірний аналіз ТП



Проекти минимальны припуски

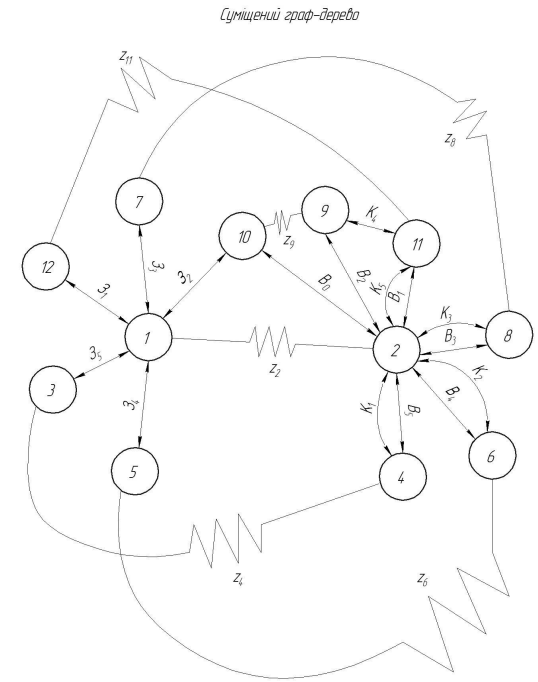
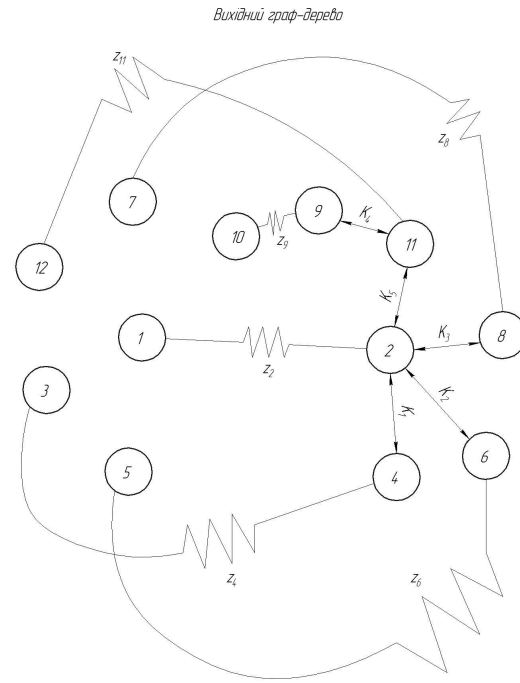
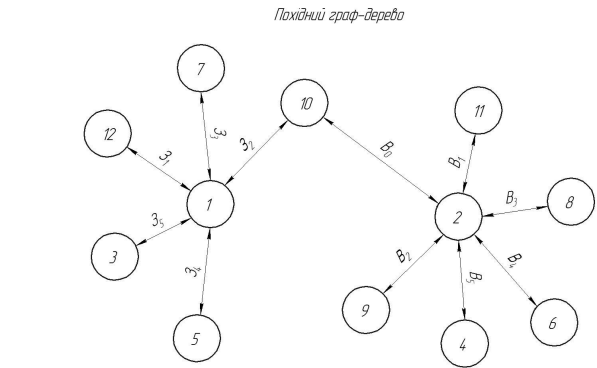
Припуски	Z2	Z4	Z6	Z8	Z9	Z11
Zmin	1,1	1,06	0,62	0,88	0,88	1,1

Попередні значення допусків

	31	32	33	34	35	B0	B1	B2	B3	B4	B5
Розміри заготовки	14	14	14	14	13	0,74	0,87	0,74	0,74	0,62	0,43
Попередні значення допусків	14	14	14	14	13	0,74	0,87	0,74	0,74	0,62	0,43
Різнотипні значення	96,46	61,36	56,98	4,174	9,3	60,26	95	59,38	57,5	42	10
Максимальне значення	97,06	62,76	58,38	4,314	10,6	61	95,87	60,12	58,24	42,62	10,43

Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

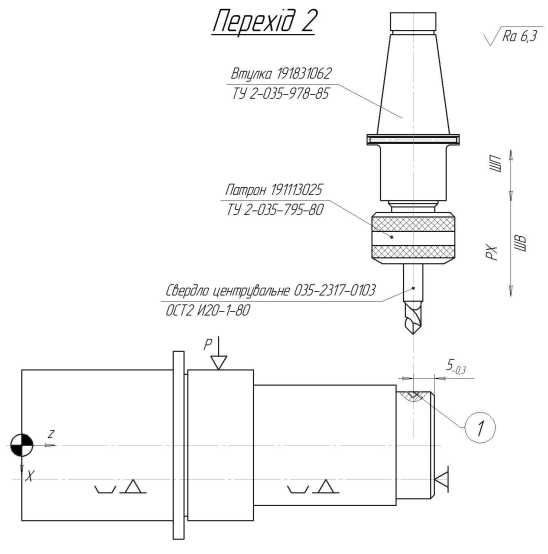
№ л/л	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомі допусків
1	$B5 - K1 = 0$	$B5 - K1$	B5
2	$B4 - K2 = 0$	$B4 - K2$	B4
3	$B3 - K3 = 0$	$B3 - K3$	B3
4	$B1 - K5 = 0$	$B1 - K5$	B1
5	$B2 + K4 - B1 = 0$	$B2 - B1 + K4$	B2
6	$B0 - z9 - B2 = 0$	$B0 - z9 - B2$	B0
7	$z2 - B0 - z2 = 0$	$z2 = B0 + z2$	z2
8	$z3 + z8 - B3 + B0 - z2$	$z3 = B3 + z2 - z8 - B0$	z3
9	$z1 - z11 + B1 + B0 - z2$	$z1 = z11 + B1 - B0 + z2$	z1
10	$z5 + z4 - B5 + B0 - z2$	$z5 = z4 + B5 - B0 + z2$	z5
11	$z4 + z6 - B4 + B0 - z2$	$z4 = z6 + B4 - B0 + z2$	z4



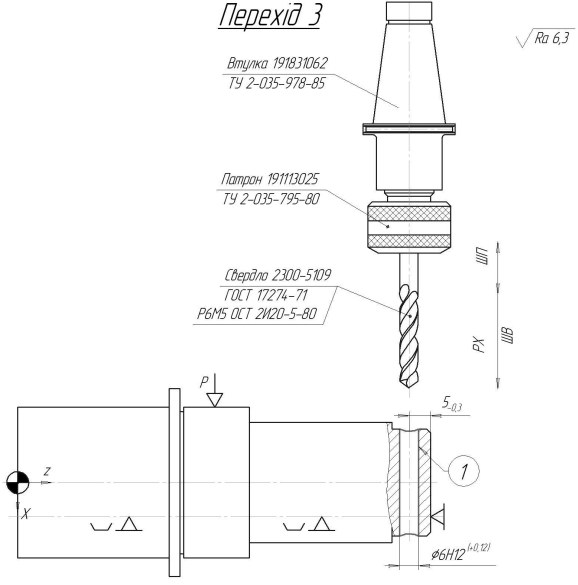
# Карта наладки на операцію 015

НК 000.007.006.000.000.000

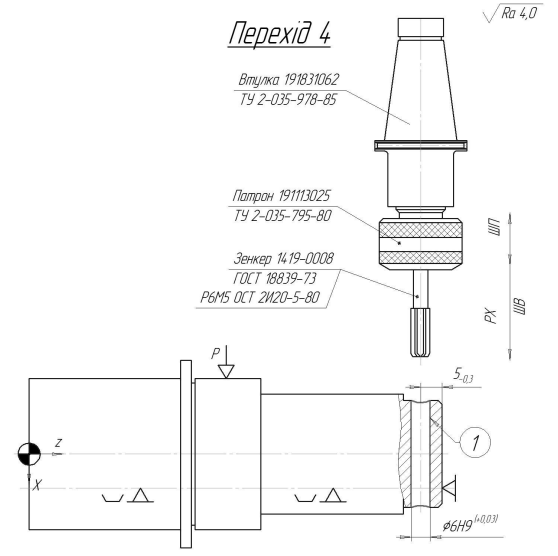
## Перехід 2



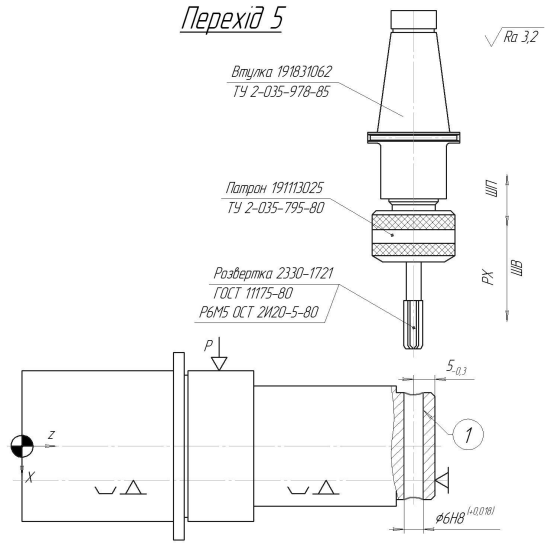
## Перехід 3



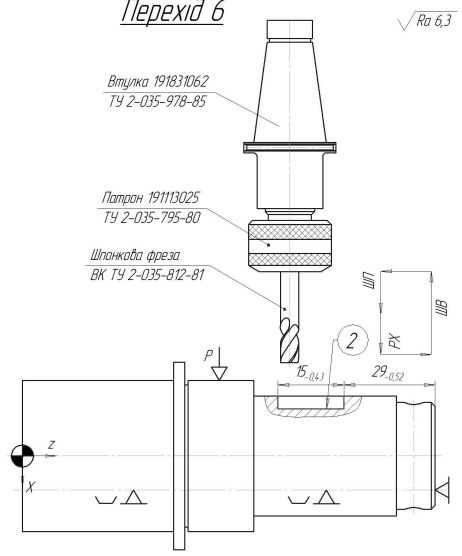
## Перехід 4



## Перехід 5



## Перехід 6



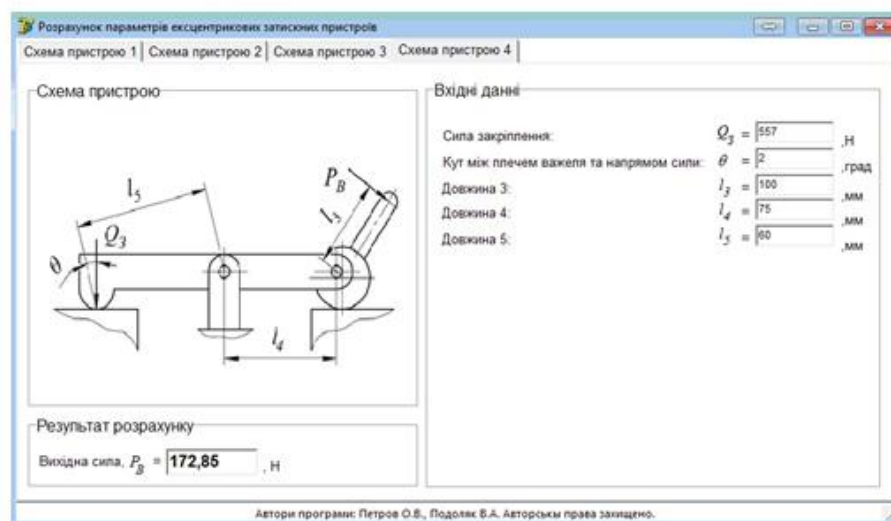
№ операції	№ пер.	Вирізується	Обладнання		Режими різання			
			l, мм	S, мм/об	V, м/хв	a, мм/об	l, мм	Маса
015	6	Фрезерувати шпанковий паз 2	0,5	0,52	730	14,00		
	5	Розвернути отвір 1	20	1,5	200	8,00		
	4	Зенкерувати отвір 1	20	1,5	200	8,00		
	3	Свердлувати отвір 1	20	1,5	200	8,00		
	2	Центрувати отвір 1	0,5	0,4	60	1,30		
№ операції	№ пер.	Вирізується	Обладнання		Режими різання			
		Вертикально-фрезерна з ЧПК	БР13РФ3					
08-26.МКР.007.06.000.000.000.000								
Карта наладки на операцію 015								
Лист	№ докум.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Розроб.	Виконав.	Перевір.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Проєкт.	Проєкт.	Проєкт.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Начальн.	Складч.	В.В.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Змін.	Корект.	Л/Л	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

Лист 1 з 1  
Лист 2 з 2  
Лист 3 з 3  
Лист 4 з 4  
Лист 5 з 5  
Лист 6 з 6  
Лист 7 з 7  
Лист 8 з 8  
Лист 9 з 9  
Лист 10 з 10  
Лист 11 з 11  
Лист 12 з 12  
Лист 13 з 13  
Лист 14 з 14  
Лист 15 з 15  
Лист 16 з 16  
Лист 17 з 17  
Лист 18 з 18  
Лист 19 з 19  
Лист 20 з 20  
Лист 21 з 21  
Лист 22 з 22  
Лист 23 з 23  
Лист 24 з 24  
Лист 25 з 25  
Лист 26 з 26  
Лист 27 з 27  
Лист 28 з 28  
Лист 29 з 29  
Лист 30 з 30  
Лист 31 з 31  
Лист 32 з 32  
Лист 33 з 33  
Лист 34 з 34  
Лист 35 з 35  
Лист 36 з 36  
Лист 37 з 37  
Лист 38 з 38  
Лист 39 з 39  
Лист 40 з 40  
Лист 41 з 41  
Лист 42 з 42  
Лист 43 з 43  
Лист 44 з 44  
Лист 45 з 45  
Лист 46 з 46  
Лист 47 з 47  
Лист 48 з 48  
Лист 49 з 49  
Лист 50 з 50  
Лист 51 з 51  
Лист 52 з 52  
Лист 53 з 53  
Лист 54 з 54  
Лист 55 з 55  
Лист 56 з 56  
Лист 57 з 57  
Лист 58 з 58  
Лист 59 з 59  
Лист 60 з 60  
Лист 61 з 61  
Лист 62 з 62  
Лист 63 з 63  
Лист 64 з 64  
Лист 65 з 65  
Лист 66 з 66  
Лист 67 з 67  
Лист 68 з 68  
Лист 69 з 69  
Лист 70 з 70  
Лист 71 з 71  
Лист 72 з 72  
Лист 73 з 73  
Лист 74 з 74  
Лист 75 з 75  
Лист 76 з 76  
Лист 77 з 77  
Лист 78 з 78  
Лист 79 з 79  
Лист 80 з 80  
Лист 81 з 81  
Лист 82 з 82  
Лист 83 з 83  
Лист 84 з 84  
Лист 85 з 85  
Лист 86 з 86  
Лист 87 з 87  
Лист 88 з 88  
Лист 89 з 89  
Лист 90 з 90  
Лист 91 з 91  
Лист 92 з 92  
Лист 93 з 93  
Лист 94 з 94  
Лист 95 з 95  
Лист 96 з 96  
Лист 97 з 97  
Лист 98 з 98  
Лист 99 з 99  
Лист 100 з 100

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЗАТИСКНОГО ПРИСТРОЮ НА ВЕЛИЧИНУ ВИХІДНОЇ СИЛИ ЗАКРІПЛЕННЯ

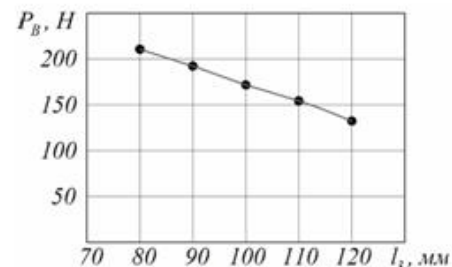
Діапазон досліджуваних параметрів затискного пристрою:

- довжина рукоятки  $l_3 = 80 \dots 120$  мм;
- довжина більшого плеча важеля  $l_4 = 55 \dots 100$  мм;
- довжина меншого плеча важеля  $l_5 = 40 \dots 60$  мм.

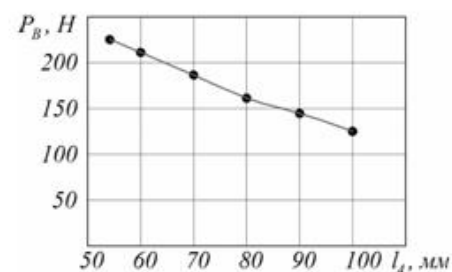


Програма розрахунку параметрів  
ексцентрикових затискних пристроїв

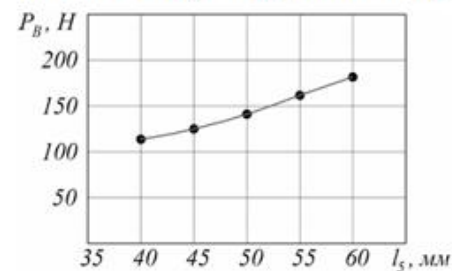
**Висновок:** рекомендувати величину довжини рукоятки  $l_3 = 105$  мм,  
довжини більшого плеча важеля  $l_4 = 85$  мм, довжини меншого плеча  
важеля  $l_5 = 53$  мм



Вплив довжини рукоятки  $l_3$  на величину вихідної сили  $P_B$



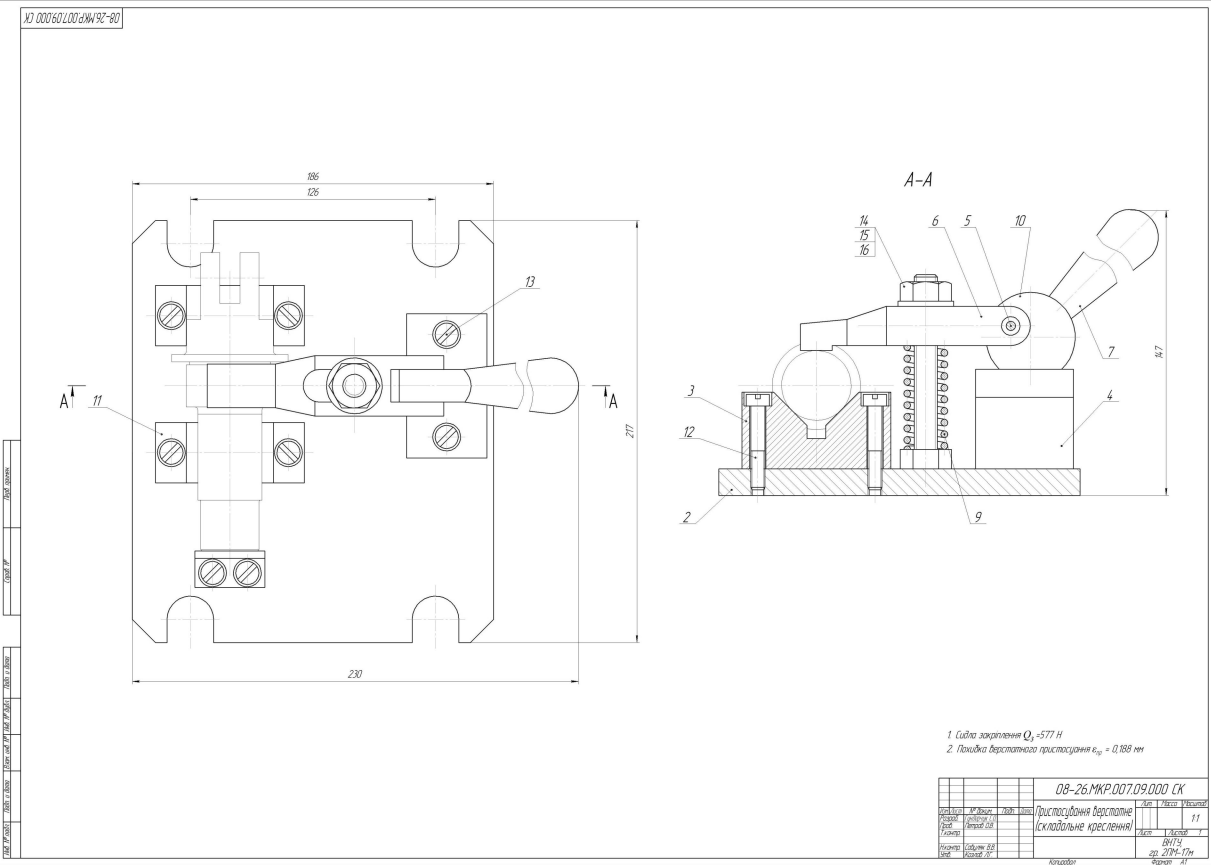
Вплив довжини більшого плеча важеля  $l_4$   
на величину вихідної сили  $P_B$



Вплив довжини меншого плеча важеля  $l_5$   
на величину вихідної сили  $P_B$



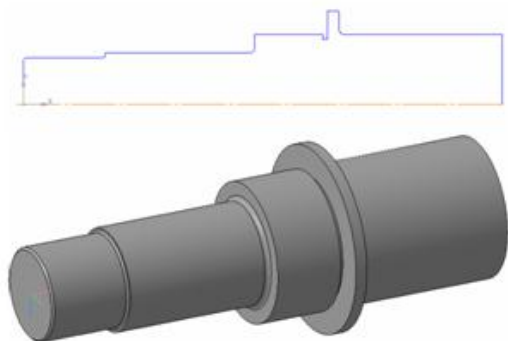
# Верстатне пристосування



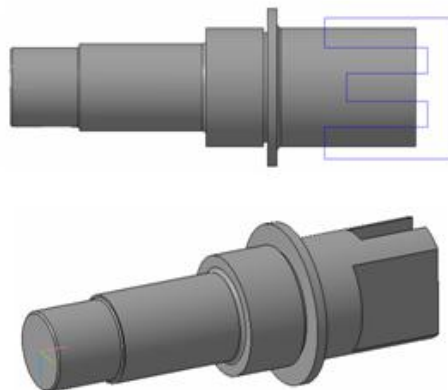
Формат	Дата	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Документация							
А2			08-26.МКР.007.09.000 СК	Складальне креслення	1		
Складальні одиниці							
1			08-26.МКР.007.09.100	Корпус	1		
Деталі							
2			08-26.МКР.007.09.002	Плита	1		
3			08-26.МКР.007.09.003	Призма	1		
4			08-26.МКР.007.09.004	Основа	1		
5			08-26.МКР.007.09.005	Вісь	1		
6			08-26.МКР.007.09.006	Приймат	1		
7			08-26.МКР.007.09.007	Рукоять	1		
8			08-26.МКР.007.09.008	Пружина	1		
9			08-26.МКР.007.09.009	Пружина	1		
10			08-26.МКР.007.09.010	Кулачок ексцентриковий	1		
Стандартні вироби							
11				Гвинт М10х20 ГОСТ 14.91-80	2		
12				Гвинт М10х50 ГОСТ 14.91-80	2		
13				Гвинт М10х60 ГОСТ 14.91-80	2		
14				Гайка М16.66.05 ГОСТ 5927-70	2		
15				Шайба 2-16.36.05 ГОСТ 11374-78	1		
16				Шпилька М16х120.36.05 ГОСТ 22043-76	1		
			<b>08-26.МКР.007.09.000 СК</b>				
Лист	Лист	№ докцим	Лист	Дата			
Розроб	Л	І	І	І			
Проб	Л	Л	Л	Л			
Начальн	С	С	С	С			
Ітп	К	К	К	К			
				<b>Приспособування верстатне (складальне креслення)</b>		Лист 1	Лист 1
				ВНТУ			
				гр. 27М-17М			
				Копірабат		Формат А4	

## Розробка тривимірної моделі деталі «Вал 21.09»

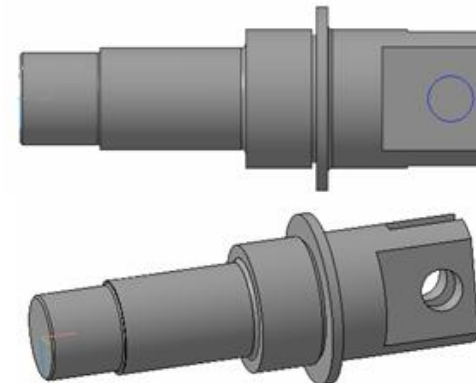
Крок 1. Побудова основи



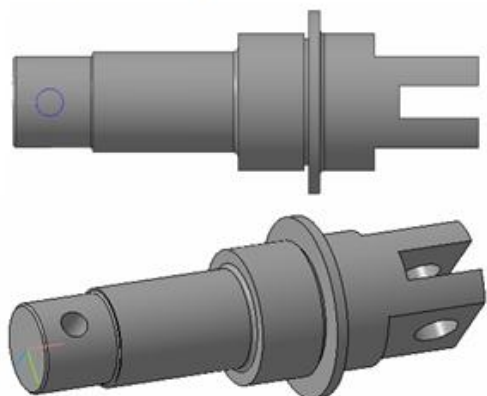
Крок 2. Операція побудови пазу



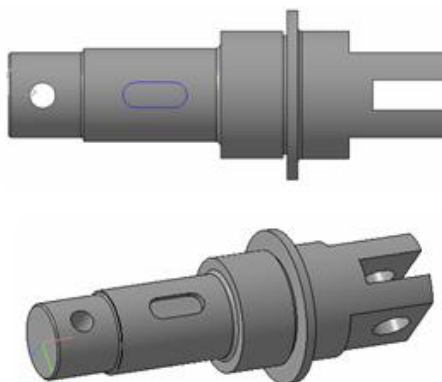
Крок 3. Вирізання отвору Ø10



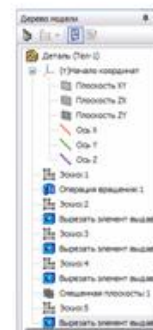
Крок 4. Вирізання отвору Ø6



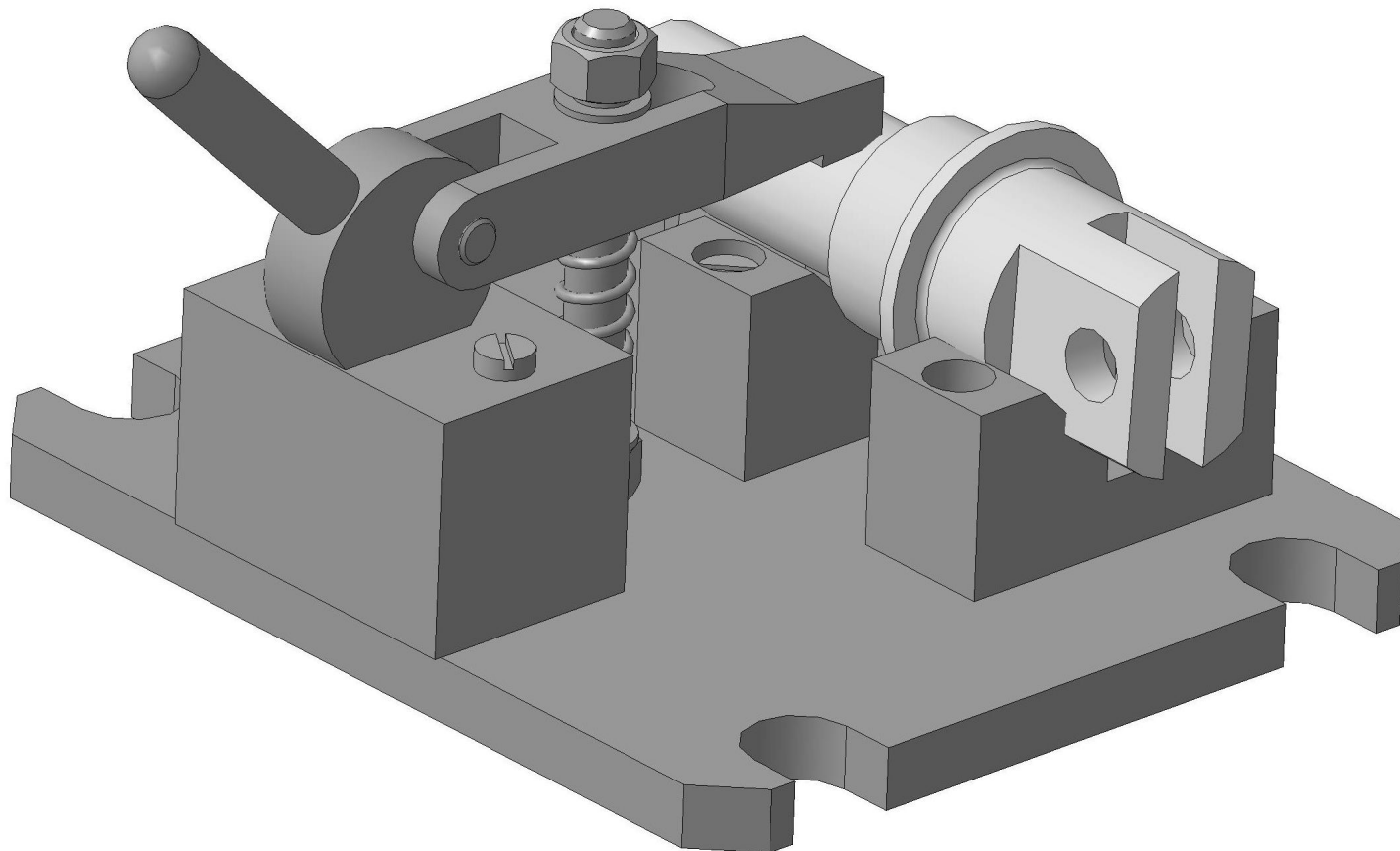
Крок 5. Вирізання шконкового пазу



Крок 6. Тривимірна модель деталі «Вал 21.09»



# Тривимірна модель верстатного пристосування



## **Наукова новизна одержаних результатів:**

Отримав подальший розвиток метод визначення залежності вихідної сили закріплення деталі у верстаному пристосуванні від параметрів затискного пристрою на технологічній операції її механічної обробки, що дозволяє забезпечувати удосконалення верстатного пристосування на основі мінімізації зусилля закріплення та габаритів пристосування.

## **Практичне значення одержаних результатів:**

- 1. Розроблено заготовку деталі «Вал 21.09» та технологічний процес механічної обробки її виготовлення, який за умови програми випуску обсягом 4100 шт на рік забезпечує термін окупності вкладених коштів 2,94 років.
- 2. Розроблено алгоритм розрахунку сили закріплення деталі «21.09» у верстатному пристосуванні, що дозволяє вибрати необхідне значення параметрів силового приводу для забезпечення закріплення деталі.
- 3. Розроблено верстатне пристосування, що забезпечує закріплення деталі «Вал 21.09» на фрезерній операції.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи визначено деталь «Вал 21.09» є технологічною, а тип виробництва деталі – середньо серійний. Вибрано спосіб отримання заготовки деталі «Вал 21.09» штампування на ГKM. Виконано проектування послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі з отриманням технологічних карт. Для фрезерної операції механічної обробки деталі «Вал 21.09» виконано вибір верстатного обладнання та визначено режими різання.

Для удосконалення верстатного пристосування виконано розрахунки та проектування конструкції верстатного пристосування для закріплення деталі на фрезерній механічній обробки деталі «Вал 21.09». Проведено удосконалення параметрів силового приводу затискного пристрою верстатного пристосування на основі визначеного залежності вихідної сили закріплення від довжин важелів прихвату та рукоятки сили закріплення, а також рекомендовано значення параметрів затискного пристрою – величини довжини рукоятки  $l_3 = 105$  мм, величини довжини більшого плеча важеля  $l_4 = 85$  мм, величини довжини меншого плеча важеля  $l_5 = 53$  мм, що забезпечує величину вихідної сили близько 150 Н та невеликі габарити важелів.

В магістерській кваліфікаційній роботі розраховані основні економічні показники забезпечення виготовлення деталі «Вал 21.09», що дозволило забезпечити економічний ефект від реалізації вкладених інвестиції з періодом окупності 2,94 років. Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Вал 21.09».