

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет (заочна форма  
навчання)

Кафедра Технологій машинобудування та матеріалознавства  
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Борулько Андрія Сергійовича  
(ПІБ)






академічної групи 131М-17з-1  
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва  
(офіційна назва)

на тему Моделювання операцій механічної обробки валу та  
контрольно-вимірювальних операцій геометричних параметрів

(назва за наказом ректора)

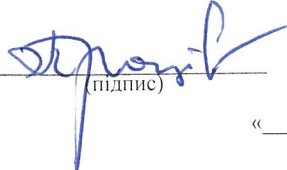
Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	проф. Пацера С.Т.	88	добре	
розділів	проф. Пацера С.Т.			
Аналітичний	проф. Пацера С.Т.	85	добре	
Технологічний	проф. Пацера С.Т.	89	добре	
Конструкторсь кий	проф. Пацера С.Т.	89	добре	
Спеціальний	проф. Пацера С.Т.	89	добре	

Рецензент			
Нормоконтроль			

Дніпро  
2018

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
**Технологій машинобудування та**  
**матеріалознавства**

(повна назва)

  
(підпис)

\_\_\_\_\_ **В.В. Проців** \_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
**ступеню магістр**  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

студенту \_\_\_\_\_ **Боркулько А.С.** \_\_\_\_\_ академічної групи \_\_\_\_\_ **131м-17з-1** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності \_\_\_\_\_ **131 Прикладна механіка** \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_  
**Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва** \_\_\_\_\_  
(офіційна назва)

на тему **Моделювання операцій механічної обробки валу та контрольно-**  
**вимірювальних операцій геометричних параметрів**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від **29.11.18** № **2031-Л**

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз технологічності конструкції деталі	03.09.18-27.09.18
Технологічний	Розробка варіантів технологічного процесу механічної обробки	28.09.18-20.10.18
Конструкторський	Проектування повідкового патрону для тонкої токарної обробки валу	21.10.18-30.10.18
Спеціальний	Імітаційно-статистичне моделювання контрольно-вимірювальних операцій	30.10.18-08.12.18

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

\_\_\_\_\_ **проф. Пацера С.Т.** \_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі \_\_\_\_\_ **01.09.18** \_\_\_\_\_

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_ **12.12.2018** \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

\_\_\_\_\_ **Боркулько А.С.** \_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

# РЕФЕРАТ

## Тема кваліфікаційної роботи:

Аналіз технологічних процесів механічної обробки валу на універсальних верстатах в порівнянні з обробкою на верстатах з ЧПК та імітаційно-статистичне моделювання точності вимірювання розмірів валу

Розрахунково - пояснювальна записка виконана на 45 аркушах формату А4, складається з 4 розділів. Кресленики виконані на 2 аркушах формату А1. Графічний матеріал містить 2 аркушу формату А1. Додатки до розрахунково- пояснювальної записки містять . .24. стор. формату А4.

Об'єктом дослідження в кваліфікаційній роботі є операційні технологічні процеси механічної обробки валу

Методи досліджень, використані в кваліфікаційній роботі - аналіз і синтез прогресивних конструкторсько-технологічних рішень, комп'ютерне моделювання переходів технологічного процесу із застосуванням САМ-систем, імітаційно- статистичне вимірювання і контролю геометричних параметрів деталі.



Новизна розробок характеризується залежностями відсотків неправильно забракованих деталей від точності вимірювального засобу.

Ключові слова: вал, механічна обробка, технологічний процес, алгоритмічна модель, вимірювання, контроль.



## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>5</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>6</b>
1.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних. Службове призначення виробу. Конструктивна характеристика та технічні вимоги до виробу.....	8 6
1.2 Аналіз технологічності конструкції.....	7
1.3 Опис базових технологічних процесів.....	9
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>10</b>
2.1 Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі "Вал" при використанні універсального обладнання.....	10
2.1.1 Вибір і економічне обґрунтування методу отримання заготовки....	10
2.1.2 Вибір методів обробки поверхонь (МОП).....	14
2.1.3 Вибір технологічних баз, обладнання та розробка маршруту обробки деталі (МОД).....	14
2.1.4 Детальна розробка технологічного процесу, проектування схем налагоджень, визначення режимів обробки, нормування операцій .....	19
2.2 Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі "Вал" при використанні верстатів з ЧПК.....	22
2.2.1 Обґрунтування вибору верстата з ЧПК.....	22
2.2.2 Проектування схем налагоджень .....	29
2.2.3 Нормування операцій технологічного процесу.....	30
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>33</b>
<b>4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>35</b>

					ТММ.КвР.18.05.00.000.ПЗ						
З м	Арк.	№ докум.	Підп ис	Дат а	Кваліфікаційна робота магістра						
Розробив	Борулько								Літера	Аркуш	Аркушів
Кер.робот	Пацера								1		
К.розд.	Пацера.								НТУ «Дніпровська політехніка» гр. 131м-17з		
Н.контр.	Федоскіна										
Зав.каф.	Проців										



# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних. Службове призначення виробу. Конструктивна характеристика та технічні вимоги до виробу.

Основними початковими даними для виконання кваліфікаційної роботи є інформація, що містить в собі кресленик деталі. Робочий кресленик деталі «Вал ПШВ 6.01.004» виконано на форматі А1 по ГОСТ 2.301-68. Документ дає повну інформацію про матеріал деталі і його механічні властивості, форму, розміри і точності розташування поверхонь. Графічна та текстова інформація представлена відповідно до вимог ЕСКД.

Деталь вал є базовою деталлю для розміщення зубчастих коліс та є складовою частиною механізму, що передає крутні моменти. Деталь «Вал» входить до складу механічного вібратора, що застосовується у гірничому обладнанні.

Основними конструкторськими базами деталі «Вал» служать циліндричні поверхні  $\varnothing 100k6$  під підшипники. До перелічених поверхонь пред'являються підвищені вимоги. Посадочні ділянки «Валу» під кільця підшипників повинні бути оброблені до шорсткості  $Ra$  1,6 мкм. На ці поверхні задані допуски на радіальне биття в межах 0,016 мм. Невиконання зазначених вимог може призвести до перекосу підшипників, їх заклинювання, перегріву і поломки, до порушення нормального зачеплення зубчастого вінця.

Матеріалом деталі «Вал» служить сталь 45 ГОСТ 1050-88. Хімічний склад сталі наведений в таблиці 1.1, а механічні властивості повинні відповідати даним, наведеним в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1

Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-88, %.

C, %	Mn, %	Si, %	Cr	Ni	P	S	Cu
			не більше, %				
0,42-0,50	0,5-0,8	0,17-0,37	0,25	0,25	0,035	0,04	0,25

									Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТММ.КвР.18.05. 00.000.ПЗ				6

Таблиця 1.2

## Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88

Межа плинності $\sigma_{0,2}$	Межа міцності $\sigma_b$	Відносне подовження $\delta_5$	Твердість по Брінелю, НВ
МПа		%	
345	600	16	174-217

## 1.2 Аналіз технологічності конструкції

Технологічність визначається ступенем відповідності конструкції деталі умовам її виготовлення. Розрізняють виробничу, експлуатаційну та ремонтну технологічність. Єдиним критерієм технологічності конструкції виробу є її економічна доцільність при заданій якості і прийнятих умовах виробництва і експлуатації.

На етапі виконання кваліфікаційної роботи у створення технологічного процесу механічної обробки, коли прототипи конструкторських документів вже задані і не підлягають радикальних змін, проведено якісний аналіз технологічності конструкції деталей з метою встановити ступінь відповідності між показниками якості та прийнятими умовами виробництва.

Габарити деталі:  $555 \times \varnothing 120$  мм, маса 38 кг. Деталь відноситься до класу тіл обертання з довжиною більше двох діаметрів. Основною характеристикою валів, що визначає технологічність конструкції, є жорсткість, яку оцінюємо по величині відношення  $L / d_{пр}$ ,

де  $L$  – довжина валу, мм;

$d_{пр}$  – приведений діаметр валу, який визначається за формулою:

$$d_{пр} = \frac{(\sum d_i \cdot l_i)}{L} = (90 \cdot 75 + 100 \cdot 70 + 120 \cdot 103 + 110 \cdot 235 + 100 \cdot 72) = 107). \quad (1)$$

де  $d_i$  – діаметр  $i$  ступені вала, мм;

$l_i$  – довжина  $i$  ступені вала, мм.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------



В даному випадку вказане відношення дорівнює 5, що менше критичного значення (10). Отже, для ефективної механічної обробки без обмеження режимів різання і досягнення економічно обґрунтованої точності, можливе застосування прийнятих схем базування для жорстких валів.

Основні конструкторські бази деталі – дві циліндричні поверхні діаметром 100 мм з допуском по шостому квалітету. Вимоги до точності робочих поверхонь вала відповідають їхньому службовому призначенню, не є завищеними і не знижують технологічність конструкції деталі.

Застосований матеріал забезпечує виконання вимог до механічних властивостей поверхонь і деталі в цілому і має гарні технологічні характеристики при обробці різанням.

Конструкція деталі «Вал» дозволяє вести обробку в центрах, тобто забезпечити поєднання технологічних і вимірювальних баз, а також виконати вимогу сталості баз, що гарантує співвісне розташування робочих поверхонь вала. Двостороннє розташування уступів і співвідношення діаметрів ступенів сприятливі для продуктивної токарної обробки та рівномірної концентрації операцій. Співвідношення квалітетів і параметрів шорсткості оброблюваних поверхонь є раціональним.

Для поліпшення технологічності деталі «Вал» в її конструкцію введені центрові отвори, що розширює технологічні можливості обробки шийок вала з протилежних кінців з однієї встановлення.

Якісні показники для оцінки технологічності деталі «Вал» наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3.

Якісні показники технологічності деталі

Показники технологічності конструкції деталі	Якісна оцінка технологічності	
	добре (допустимо)	погано (недопустимо)
1. Наявність в деталі стандартних і уніфікованих елементів	+	–

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Продовження табл. 1.3

Показники технологічності конструкції деталі	Якісна оцінка технологічності	
	добре (допустимо)	погано (недопустимо)
2. Можливість виготовлення деталі зі стандартних або уніфікованих заготовок	+	—
3 Відповідність точності і шорсткості поверхні деталі.	+	—
4. Відповідність фізико-хімічних і механічних властивостей матеріалу, жорсткості форми і розмірів деталі вимогам технології механічної обробки	+	—
5. Відповідність показників базових поверхонь деталі (розміри, точність, шорсткість) вимогам встановлення, обробки і контролю	+	—
6. Відповідність оформлення робочого креслення деталі вимогам ЄСКД і ЄСДП	+	—

Таким чином, технологічність конструкції деталі «Вал» після якісного аналізу можна оцінити як гарну за основними показниками.

### 1.3 Опис базових технологічних процесів

Основою для розробки технологічних процесів механічної обробки заданих деталей і виконання порівняльного аналізу є базові технологічні процеси на підприємстві-виробнику.

Деталь виготовляється в умовах дрібносерійного виробництва з використанням пристосованого, а не спеціально підібраного, технологічного обладнання.

У цьому випадку основні резерви скорочення часу полягають у допоміжному часу на переустановлення, закріплення деталі, а також на розмічення і вимірювання.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі "Вал" при використанні універсального обладнання

2.1.1 Вибір і економічне обґрунтування методу отримання заготовки

Вибір заготовки опирається на техніко-економічний аналіз альтернативних варіантів.

При масі заготовки від 10 до 100 кг і програмі випуску в рік до 500 шт. виробництво є середнє серійне ([3]).

Розмір партії деталей  $n$  складе

$$n = N \cdot a / \Phi = 500 \cdot 25 / 254 = 49, \quad (2)$$

де

$N$  – річна програма випуску деталей;

$A$  – запас часу для складального цеху, днів;

$\Phi$  – число робочих днів у році.

Такт випуску деталей  $t_b$  визначено за формулою:

$$t_b = 60 \cdot F_d \cdot m / N = 60 \cdot 4015 / 500 = 482 \text{ хв.}$$

где  $F_d$  – дійсний річний фонд робочого часу обладнання;

$m$  – число змін роботи ( $F_d \cdot m = 4015$  при двозмінній роботі);

За розрахованим тактом випуску орієнтовно визначено тип виробництва. При  $t_b > 30$  виробництво вважають дрібносерійним.

Таким чином, тип виробництва – дрібносерійне.

У таблиці 2.1 наведено розрахунок середнього поштучного часу для трьох операцій механічної обробки валу.

Коефіцієнт серійності  $K_c$  визначено за формулою:

$$K_c = t_b / T_{шт.ср} = 482 / 25,44 = 18,95 \quad (3)$$

									Лист
									10
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТММ.КВР.18.05. 00. 000. ПЗ				

Таблиця 2.1. – Розрахунок середнього поштучного часу для трьох операцій механічної обробки валу [2]

Вид обробки	Формула	Число проходів	Значення геометричних параметрів		Основний час $T_o$ , хв
			Діаметр $D$ , мм	Довжина $L$ , мм	
Точити $\varnothing 100$ на довжині 145 мм	$0,17 D L \cdot 10^{-3}$	5	100	145	12,32
Точити $\varnothing 110$ на довжині 307 мм		3	110	307	17,22
Точити $\varnothing 100$ на довжині 72 мм		3	100	72	3,67
Точити $\varnothing 90$ на довжині 75 мм		3	90	75	3,44
Фрезерувати шпонковий паз на довжині 145 мм	$7 L \cdot 10^{-3}$	1	-	145	0,98
Фрезерувати шпонковий паз на довжині 75 мм		1	-	75	0,52
Сумарно					38,15
Середній основний час $T_{oc}$ , хв					12,72
Коефіцієнт безперервної роботи $K$					0,5
Середній поштучний час $T_{шт\ ср} = T_{oc} / K$ , хв					25,44

За таким коефіцієнтом серійності виробництво деталей є дрібносерійним, а розмір цехових накладних витрат складає 250%.

Розрахунок вартості заготовки проведено за двома варіантами:

1. Гарячекатаний прокат звичайної точності;

Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	----------	-------	------

## 2. Гаряче штампування.

Маси заготовок підраховані за формулою:

$$M_1 = Q \cdot (1 + B_1 / 100), \quad (4)$$

де  $Q = 26,2$  кг (маса деталі);

$B_1 = 88\%$ ;  $B_2 = 9\%$  відсоток (по відношенню до маси деталі) відходу матеріалу в стружку за варіантами. Тоді

$$M_1 = Q \cdot (1 + B_1 / 100) = 26,2 \cdot (1 + 88/100) = 49 \text{ кг}$$

$$M_2 = Q \cdot (1 + B_2 / 100) = 26,2 \cdot (1 + 9/100) = 29 \text{ кг.}$$

Розрахунок вартості заготовок по варіантам наведено в таблицях 2.2. – 2.3.[2]

Таблиця 2.2 – Розрахунок вартості заготовки з прокату  $C_{з1}$

Початкові дані			Формула і результат розрахунку $C_{з1}$ , грн
Маса заготовки, кг	$M_1$	49	$C_{з1} = M_1 \cdot P_1 \cdot K_T - q_1 \cdot P_o = 38$
Маса відходів, кг	$q_1$	22,8	
Оптова вартість проката, грн/кг	$P_1$	0,8	
Оптова вартість відходів, грн/кг	$P_o$	0,15	
Коефіцієнт транспортних витрат	$K_T$	1,05	

Таблиця 2.3 – Розрахунок вартості заготовки з штамповки  $C_{з2}$

Початкові дані			Формула і результат розрахунку $C_{з2}$ , грн
Маса заготовки, кг	$M_2$	29	$C_{з2} = M_2 \cdot P_2 \cdot K_T - q_2 \cdot P_o = 48$
Маса відходів, кг	$Q_2$	2,8	
Оптова вартість проката, грн/кг	$P_2$	1,6	
Оптова вартість відходів, грн/кг	$P_o$	0,15	
Коефіцієнт транспортних витрат	$K_T$	1,05	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------



## 2.1.2 Вибір методів обробки поверхонь (МОП)

Таблиця 2.5 – Методи обробки поверхонь

Поверхня деталі	Квалітет, ступінь точності	Шорсткість, $R_a$ , мкм	Операційні розміри при виконанні переходів механічної обробки		
			чорнової	чистової	тонкої
Ø110h9	9	3,5	Точити Ø111,2 <sub>-0.35</sub>	Точити Ø110 <sub>-0.087</sub>	–
Ø100k6	6	1,6	Точити Ø101,4 <sub>-0.35</sub>	Точити Ø100,3 <sub>-0.087</sub>	Шліфувати Ø100 <sup>+0.025</sup> <sub>+0.003</sub>
Ø90k6	6	1,6	Точити Ø91,4 <sub>-0.35</sub>	Точити Ø90,3 <sub>-0.087</sub>	Шліфувати Ø90 <sup>+0.025</sup> <sub>+0.003</sub>
28N9	9	6,3	–	Фрезерувати паз 28 <sub>-0.052</sub>	–
28N9	9	6,3	–	Фрезерувати паз 28 <sub>-0.052</sub>	–
25N9	9	6,3	–	Фрезерувати паз 25 <sub>-0.052</sub>	–
M20-7H	7	12,5	Свердлити отв. Ø17,35 <sup>+0.53</sup>	Обробити нарізь M20-7H	–

## 2.1.3. Вибір технологічних баз, обладнання та розробка маршруту обробки деталі (МОД)

В якості основної технологічної бази прийнята вісь вала, яка матеріалізується з самого початку обробки у вигляді центрових отворів в торцях валу. Чистова і тонка токарна обробка може виконуватися з базуванням деталі в центрах з одного установка, що забезпечує мінімальні похибки співвісності посадочних поверхонь вала під підшипники.

Розроблюваний технологічний маршрут виготовлення деталі "Вал" наведено в табл.2.6.

Таблиця 2.6 – Технологічний маршрут обробки вала

№№ операцій	Найменування операції і модель верстата	Зміст операції	Спосіб встановлення бази	Технологічні бази
005	Заготівельна	Відрізання проката		
010	Токарна чорнова, Верстат токарний моделі 16Б16А	Підрізати торець у розмір $560_{-1,4}$ Центрувати $\varnothing 10$ на глибину $24 \pm 0,12$	Патрон трьохкулачковий	Циліндричні поверхні заготовки
015	Токарна чорнова, Верстат токарний моделі 16Б16А	Підрізати торець у розмір $555_{-1,4}$ Центрувати $\varnothing 10$ на глибину $24 \pm 0,12$	Патрон трьохкулачковий	Циліндричні поверхні заготовки
030	Токарна, Верстат токарний- моделі 16Б16А	Точити поверхню $\varnothing 111,2_{-0,35}$ , витримуючи розмір $306 \pm 0,65$ и R2; Точити поверхню $\varnothing 101,4_{-0,35}$ , витримуючи розмір $71 \pm 0,5$ и R2; Точити поверхню $\varnothing 101,4_{-0,35}$ , витримуючи розмір $144 \pm 0,5$ и R2;	Патрон повідковий	Центрові отвори $\varnothing 10$ ГОСТ 14734-74

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТММ.КВР.18.05. 00. 000. ПЗ

Лист

15



Продовження табл.2.6

№№ операцій	Найменування операції і модель верстата	Зміст операції	Спосіб встановлення	Технологічні бази
030	Токарна чистова, Верстат токарний-моделі 16Б16А	<p>Точити поверхню <math>\varnothing 91,4_{-0,35}</math>, витримуючи розмір <math>74 \pm 0,5</math> и R2;</p> <p>Точити поверхню <math>\varnothing 110_{-0,087}</math>, витримуючи розмір <math>307 \pm 0,65</math> и R2;</p> <p>Точити фаску <math>2 \times 45^\circ</math> і поверхню <math>\varnothing 100,3_{-0,087}</math>, витримуючи розмір <math>72 \pm 0,37</math> и R2, Точити фаску <math>2 \times 45^\circ</math>;</p> <p>Точити фаску <math>2 \times 45^\circ</math> і поверхню <math>\varnothing 100,3_{-0,087}</math>, витримуючи розмір <math>145 \pm 0,5</math> и R2;</p> <p>Точити фаску <math>2 \times 45^\circ</math> і поверхню <math>\varnothing 90,3_{-0,087}</math>, витримуючи розмір <math>75 \pm 0,5</math> и R2</p> <p>Точити поверхню <math>\varnothing 100,4</math> , витримуючи розмір <math>72 \pm 0,37</math> и R2;</p> <p>Точити <math>\varnothing 100,4</math> , витримуючи розмір <math>145 \pm 0,5</math> и R2;</p> <p>Точити поверхню <math>\varnothing 90,4</math>, витримуючи розмір <math>75 \pm 0,5</math> и R2</p>	Патрон повідковий	Центрові отвори $\varnothing 10$ ГОСТ 14734-74

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТММ.КВР.18.05. 00. 000. ПЗ

Лист

16

Продовження табл.2.6

№№ операцій	Найменування операції і модель верстата	Зміст операції	Спосіб встановлення	Технологічні бази
035	Фрезерна, Вертикально-фрезерний верстат моделі 6P13	<p>Фрезерувати закритий шпонковий пазковий 28N9<sub>(-0.052)</sub>, витримуючи R5,100<sub>-0.2</sub>, 5±1, 140<sup>+0.74</sup>;</p> <p>Фрезерувати відкритий шпонковий паз 25N9<sub>(-0.052)</sub>, витримуючи R5,81<sub>-0.2</sub>, 73<sup>+0.74</sup></p>	Патрон трьохкулач-Центр задній	Шийка вала Ø79 <sub>-0.3</sub> Поверхня центрального отвору
040	Свердлильна, Верстат радіально-свердлильний 2M57	<p>Свердлити три отвори у торці вала, витримуючи розміри Ø50, ∠120°, Ø17,5<sup>+0.33</sup> на глибину 40±0,8, обробити три фаски 2,5x45°</p> <p>Обробити нарізь М20-7Н в трьох отворах у торці вала на глибину 30±0,65</p> <p>Перевстановити деталь.</p>		

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Закінчення табл.2.6

№№ операцій	Найменування операції і модель верстата	Зміст операції	Спосіб встановлення	Технологічні бази
		Свердлити три отвори у торці вала, витримуючи розміри $\varnothing 50$ , $\angle 120^\circ$ , $\varnothing 17,5^{+0,33}$ на глибину $40 \pm 0,8$ , обробити три фаски $2,5 \times 45^\circ$ Обробити нарізь М20-7Н в трьох отворах у торці вала на глибину $30 \pm 0,65$		
045	Шліфувальна, Круглошліфувальний верстат моделі ЗУ131М	Шліфувати поверхні $\varnothing 100k6^{(+0,025}_{+0,003)}$ , $\varnothing 100k6^{(+0,025}_{+0,003)}$ , $\varnothing 90k6^{(+0,025}_{+0,003)}$		
050	Слюсарна	Зачистити задирки		
060	Слюсарна	Промити деталь	Машина миюча	
070	Контрольна	Контролювати розміри та якість поверхні		

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТММ.КвР.18.05. 00. 000. ПЗ

Лист

18

2.1.4 Детальна розробка технологічного процесу, проектування схем налагоджень, визначення режимів обробки, нормування операцій, заповнення технологічної документації

Таблиця 2.7 – Вибрані ріжучі та вимірювальні інструменти

Скорочений зміст переходу	Інструменти
Підрізати торець	Різець токарний прохідний відігнутий правий 2102-0505 T5K10 ГОСТ 18877-73, Штангенциркуль зі стрілочним відліком 0-500/0,1 ТУ 2-034-3011-83
Центрувати	Свердло центрувальне Ø10, P6M5 ГОСТ 14952-75 (Тип 2), Штангенциркуль ШЦ I 0-150, 0,1 ГОСТ 166-89
Свердли три отвори під нарізь M20-7H	Свердло 17,5 T15K6 2301-1710 ГОСТ 22736-77; Свердло 30 T15K6 2301-1756 ГОСТ 22736-77;
Обробити нарізь M20-7H в трьох отворах у торці вала	Мітчик M20 P6M5 ГОСТ 3266-71, Штангенциркуль ШЦ I ,0-150, 0,1 ГОСТ 166-89; Калібр-пробка нарізна M20-7H ПР, НЕ
Точити	Різець токарний збірний для контурного точіння правий 2101-0605 T15K6 ГОСТ 20872-80 Різець токарний збірний для контурного точіння лівий 2101-0606 T15K6 ГОСТ 20872-80 Різець токарний збірний для контурного точіння правий 2103-0731 T15K6

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТММ.КвР.18.05. 00. 000. ПЗ

Лист

19

Продовження таблиця 2.7

Точити	Різець токарний збірний для контурного точіння лівий 2103-0732 T15K6 Штангенциркуль зі стрілочним відліком 0-500/0,1 ТУ 2-034-3011-83
Фрезерувати шпонкові пази	Фреза шпонкова 28 T15K6 ГОСТ 6396-78 Калібр-пробка 28 N9 ПР, НЕ; Штангенциркуль 0-150 ГОСТ 166-89 Фреза шпонкова 25 P6M6 ГОСТ 9172-78 Калібр-пробка 25 N9 ПР, НЕ;
Шліфувати $\varnothing 100k6(^{+0,025}_{+0,003})$ , $\varnothing 90k6(^{+0,025}_{+0,003})$	Круг шліфувальний

На підставі розробленого маршруту обробки деталі з урахуванням обраного обладнання розроблений операційний технологічний процес механічної обробки деталі. Результати визначення режимів різання та нормування основного часу за переходами технологічного процесу наведені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Режими різання та норми основного часу за переходами технологічного процесу

Номер		Зміст операцій і переходів	Режими обробки						
операції	переходу		D, мм	L, мм	t, мм	i	So, мм/об	n, об/хв	V, м/хв і To, хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10		Фрезерно-центрувальна							
	2	Фрезерувати торці з двох сторін у розмір $555\pm 0,85$	120	240	5	2	1,4	250	157 1,37
		Свердлити центрові отвори	10	17	5	2	0,08	160	5 2,66

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Закінчення табл. 2.8

Номер		Зміст операцій і переходів	Режими обробки						
операції	переходу		D, мм	L, мм	t, мм	i	So, мм/об	n, об/хв	V, м/хв і To, хв
		Токарна чорнова							
015	2	Точити начорно $\varnothing 111,2_{-0,35}$ , витримуючи розмір $306 \pm 0,65$	111,2	308	3	2	0,8	200	70 3,85
	3	Точити начорно $\varnothing 101,4_{-0,35}$ , витримуючи розмір $71 \pm 0,5$ радіус 2 (інстр.)	101	73	3	2	0,8	200	64/ 0,91
020	2	Точити начорно $\varnothing 101,4_{-0,35}$ , витримуючи розмір $144 \pm 0,5$ і радіус 2 (інстр.)	101	146	3	3	0,8	200	64/ 2,74
	3	Точити начорно $\varnothing 91,4_{-0,35}$ , витримуючи розмір $74 \pm 0,5$ та радіус 2 (інстр.)	91	76	3	3	0,8	200	57/ 1,43

Наступні операції пронормовано аналогічним чином.

## 2.2 Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі "Вал» при використанні верстатів з ЧПК

### 2.2.1 Обґрунтування вбору верстата з ЧПК

Технологічний процес у варіанті застосування верстатів з ЧПК розроблено при наступних допущеннях:

- Заготовкою вибрано гарячекатаний прокат звичайної точності з такими же параметрами, як і в попередньому варіанті. При цьому коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) також має попереднє значення 0,53.
- Методи обробки поверхонь вибрані такими ж як і при обробці на універсальних верстатах (таблиця 2.5).

В якості основної технологічної бази прийнята вісь вала, яка матеріалізується з самого початку обробки у вигляді центрових отворів в торцях вала. Чистова і

										Лист
										21
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТММ.КвР.18.05. 00. 000. ПЗ					







Таблиця 2.9 – Технологічний маршрут обробки деталі "Вал" на верстатах з ЧПК

№ операції	Найменування операції і модель верстата [3 ]	Зміст операції	Спосіб встановлення	Технологічні бази
005	Заготівельна	Різання проката		
010	Токарна чорнова, верстат токарно-фрезерний обробний центр - моделі GMX 200S linear (ФРН)	Підрізати торець у розмір $560_{-1,4}$ Центрувати $\varnothing 10$ на глибину $24 \pm 0,12$ Свердлити по програмі три отвори у торці вала, витримуючи розміри $\varnothing 50$ , $\angle 120^\circ, \varnothing 17,5^{+0,33}$ на глибину $40 \pm 0,8$ , зняти три фаски $2,5 \times 45^\circ$ Обробити нарізь M20-7H у трьох отворах у торці вала на глибину $30 \pm 0,65$	Патрон трьохкулачковий	Циліндричні поверхні заготовки
015	Токарна чорнова, верстат токарно-фрезерний обробний центр - моделі GMX 200S linear	Підрізати торець у розмір $555_{-1,4}$ Центрувати $\varnothing 10$ на глибину $24 \pm 0,12$ Свердлити за програмою три отвори у торці вала, витримуючи розміри $\varnothing 50$ , $\angle 120^\circ, \varnothing 17,5^{+0,33}$ на глибину $40 \pm 0,8$ ,		

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТММ.КвР.18.05. 00. 000. ПЗ

Лист

24

Продовження табл.2.9

№ операції	Найменування операції і модель верстата [3 ]	Зміст операції	Спосіб встановлення	Технологічні бази
015, продовження	Токарна чорнова, верстат токарно-фрезерний обробний центр - моделі GMX 200S linear	обробити три фаски $2,5 \times 45^\circ$ Обробити нарізь M20-7H в трьох отворах у торці вала на глибину $30 \pm 0,65$	Патрон трьохкулачковий,	Циліндричні поверхні заготовки
020	Токарна чорнова, верстат токарно-фрезерний обробний центр - моделі GMX 200S linear	Точити за програмою поверхню $\varnothing 111,2_{-0,35}$ , витримуючи розмір $306 \pm 0,65$ и R1,2; Точити за програмою поверхню $\varnothing 101,2_{-0,35}$ , витримуючи розмір $71 \pm 0,5$ и R1,2;	Патрон трьохкулачковий Центр задній	
025	Токарна чорнова, верстат токарно-фрезерний обробний центр - моделі GMX 200S linear	Точити за програмою поверхню $\varnothing 101,4_{-0,35}$ , витримуючи розмір $144 \pm 0,5$ и R1,2; Точити за програмою поверхню $\varnothing 91,4_{-0,35}$ , витримуючи розмір $74 \pm 0,5$ и R1,22;	Патрон трьохкулачковий Центр задній	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Продовження табл.2.9

№ операції	Найменування операції і модель верстата [3 ]	Зміст операції	Спосіб встановлення	Техно-логічні бази
030	Токарна (багатоцільова) чистова, з ЧПК, Верстат токарно-фрезерний обробний центр - моделі GMX 200S linear (ФРГ)	<p>Точити за програмою поверхню <math>\varnothing 110_{-0,087}</math>, витримуючи розмір <math>307 \pm 0,65</math> і R2;</p> <p>Точити чисто за програмою фаску <math>2 \times 45^\circ</math> і поверхню <math>\varnothing 100,3_{-0,087}</math>, витримуючи розмір <math>72 \pm 0,37</math> і R2,</p> <p>Точити фаску <math>2 \times 45^\circ</math></p> <p>Точити чисто за програмою фаску <math>2 \times 45^\circ</math> и поверхню <math>\varnothing 100,3_{-0,087}</math>, витримуючи розмір <math>145 \pm 0,5</math> і R2;</p> <p>Точити чисто за програмою фаску <math>2 \times 45^\circ</math> і поверхню <math>\varnothing 90,3_{-0,087}</math>, витримуючи розмір <math>75 \pm 0,5</math> и R2;</p>	Патрон повідковий	Центрові отвори $\varnothing 10$ ГОСТ 14734-74

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТММ.КвР.18.05. 00. 000. ПЗ

Лист

26

Продовження табл.2.9

№ операції	Найменування операції і модель верстата [3 ]	Зміст операції	Спосіб встановлення	Технологічні бази
030 закінчення	Токарна (багатоцільова ) чистова, з ЧПК, Верстат токарно-фрезерний обробний центр - моделі GMX 200S linear (ФРГ)	<p>Фрезерувати закритий шпонковий паз 28N9<sub>(-0.052)</sub>, витримуючи R5,100<sub>-0.2</sub>, 5±1, 140<sup>+0,74</sup>;</p> <p>Фрезерувати відкритий шпонковий паз 25N9<sub>(-0.052)</sub>, витримуючи R5,81<sub>-0.2</sub>, , 73<sup>+0,74</sup></p> <p>Точити тонко за програмою поверхню Ø100k6<sup>(+0.025 +0.003)</sup>, витримуючи розмір 72±0,37 і R2;</p> <p>Точити тонко за програмою поверхню Ø100k6<sup>(+0.025 +0.003)</sup>, витримуючи розмір 145±0,5 і R2;</p> <p>Точити тонко за програмою поверхню Ø90k6<sup>(+0.025 +0.003)</sup>,</p>	Патрон трьохкулачковий Задній центр, що обертається	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТММ.КвР.18.05. 00. 000. ПЗ

Лист

27

Закінчення табл.2.9

№ операції	Найменування операції і модель верстата [3 ]	Зміст операції	Спосіб встановлення	Технологічні бази
040	Слюсарна	Зачистити задирки		
060	Слюсарна	Промити деталь	Машина миюча	
070	Контрольна	Контролювати розміри і якість поверхонь		

### 2.2.2 Проектування схем налагоджень

Для розробки схеми налагоджень токарних операцій застосовано САМ-систему, що входить до складу САД-системи Компас-3D V16. САМ-система має назву «Модуль ЧПУ – обробка» Схема налагоджень для операцій чорнового точіння наведена в графічній частині кваліфікаційної роботи.

На підставі розробленого маршруту обробки деталі з урахуванням обраного обладнання розроблено операційний технологічний процес механічної обробки деталі (наведено у Додатках до пояснювальної записки).

Режими різання призначені за даними, що рекомендовані постачальниками імпортного ріжучого інструменту.

Процес тонкого точіння, характеризується застосуванням високих швидкостей різання (від 120-200 до 1000 м / хв і вище), подачами від 0,02 до 0,12 мм / об і глибинами різання порядку 0,05 -0,3 мм.

Висота нерівностей поверхні при тонкому точінні знаходиться в межах від 1 до 6 мкм, і таким чином шорсткість поверхні може бути менше, ніж після шліфування, розгортання і протягування.

Внаслідок малих перетинів стружки і невеликих величин контакту різця з

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ТММ.КвР.18.05. 00. 000. ПЗ

Лист

28

виробом зусилля різання і нагрівання деталі при тонкому точінні виявляються досить незначними. Невеликі сили різання при тонкому точінні дозволяють обмежуватися вельми незначними зусиллями при затиску деталей. Внаслідок малих величин тих і інших зусиль відповідні деформації при установці і обробці деталей виявляються також вельми незначними, що забезпечує високу точність і правильну макрогеометрію при тонкому точінні.

### 2.2.3. Нормування операцій технологічного процесу

Норма штучного часу визначена за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс} + T_{відп} \text{ [хв]}, \text{ де} \quad (5)$$

$T_{шт}$  – норма штучного часу;

$T_o$  – основний (технологічний) час;

$T_d$  – допоміжний час;

$T_{обс}$  – час обслуговування робочого місця;

$T_{физ}$  – час на фізичні потреби.

Основний чи технологічний час – час, протягом якого виконується зняття стружки. До нього входить час на врізання і перебіг (підхід і відхід) ріжучого інструменту.

Основний час  $T_o$  визначено по формулі

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{s_o \times n} \quad (6)$$

де  $l$  – довжина оброблюваної поверхні;

$l_1$  – довжина врізання (прийнято 1 мм);

$l_2$  – довжина перебігу (прийнято 0 мм);

$$L = l + l_1 + l_2$$

$T_d$  – допоміжний час, що містить:

- час  $T_{дпер}$  на переміщення інструменту і час управління верстатом,
- час  $T_{двст}$  на встановлення і зняття деталі, пристосування, інструменту,

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------



Таблиця 2.10 – Нормування операцій технологічного процесу обробки на верстатах з ЧПК, хв.

№№	Найменування операцій	$T_0$	$T_d$			$T_{оп}$	$T_{обс} (\approx 0)$	$T_{від}$	$T_{шт}$	$T_{п.з}$	$T_{шт.к}$
			$T_{двст}$	$T_{дпер} (\approx 0)$	$T_{двим} (\approx 0)$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
010	Токарна чорнова з ЧПК	4,0	0,14			4,14	0	0,17	4,31	1,67	5,97
015	Токарна чорнова з ЧПК	4,0	0,14			4,14	0	0,17	4,31	1,67	5,97
020	Токарна чорнова з ЧПК	0,07	0,1			0,17	0	0,01	0,18	1,67	1,84
025	Токарна чорнова з ЧПК	0,08	0,1			0,18	0	0,01	0,18	1,67	1,84
030	Токарно-Фрезерна з ЧПК	0,56	0,1			0,66	0	0,03	0,69	1,67	2,35

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------



### 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### Проектування повідкового патрону для тонкої токарної обробки валу

Проектування повідкового патрону для тонкої токарної обробки валу виконано з урахуванням загальних вимог до патронів токарної групи. Були враховані наступні вимоги;

1) скорочення часу, що витрачається на зміну (установку і знімання) заготовок, на переналагодження або заміну кулачків при перевстановленні заготовок або зміні об'єкта обробки, на зміну патронів, а також на переналагодження верстата з патронних на центрові роботи ;

2) співвісність осі заготовки щодо осі шпінделя верстата в процесі обробки, що пред'являє до патронів вимоги стабільної точності центрування заготовок, а також жорсткості вузлів патронів;

3) силу затиску, що гарантує в процесі обробки незмінне положення заготовки, досягнуте при базуванні, тобто патрон повинен перешкоджати повороту і зсуву заготовки під дією моментів і сил різання;

4) зниження або навіть виключення впливу відцентрових сил на силу затиску заготовок кулачками;

Патрони повідкові дозволяють проводити обробку заготовок за один установ. Заготовка при цьому встановлюється в центрах: передньому плаваючому і в задньому центрі, що обертається. Крутний момент передається заготовці штирями. Аналогом проекту є патрон конструкції НІПТМАШ (м. Краматорськ), призначений для установки заготовок типу валів діаметром 80-240 мм. Відрізняється конструкція меншими габаритами та масою.

Патрон встановлюють на шпинделі верстата допомогою фланця 4 і закріплюють шпильками 1 і гайками 2. Гострі штирі 9 можуть переустановлюватися в корпусі 8 по різним колам в залежності від діаметра заготовок. Змінні кришки 10, що закріплюються на корпусі 8, мають відповідні овальні отвори, що входять в лиски штирів, для запобігання їхнього повороту.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ТММ.КвР.18.05. 00. 000. ПЗ

Лист

32

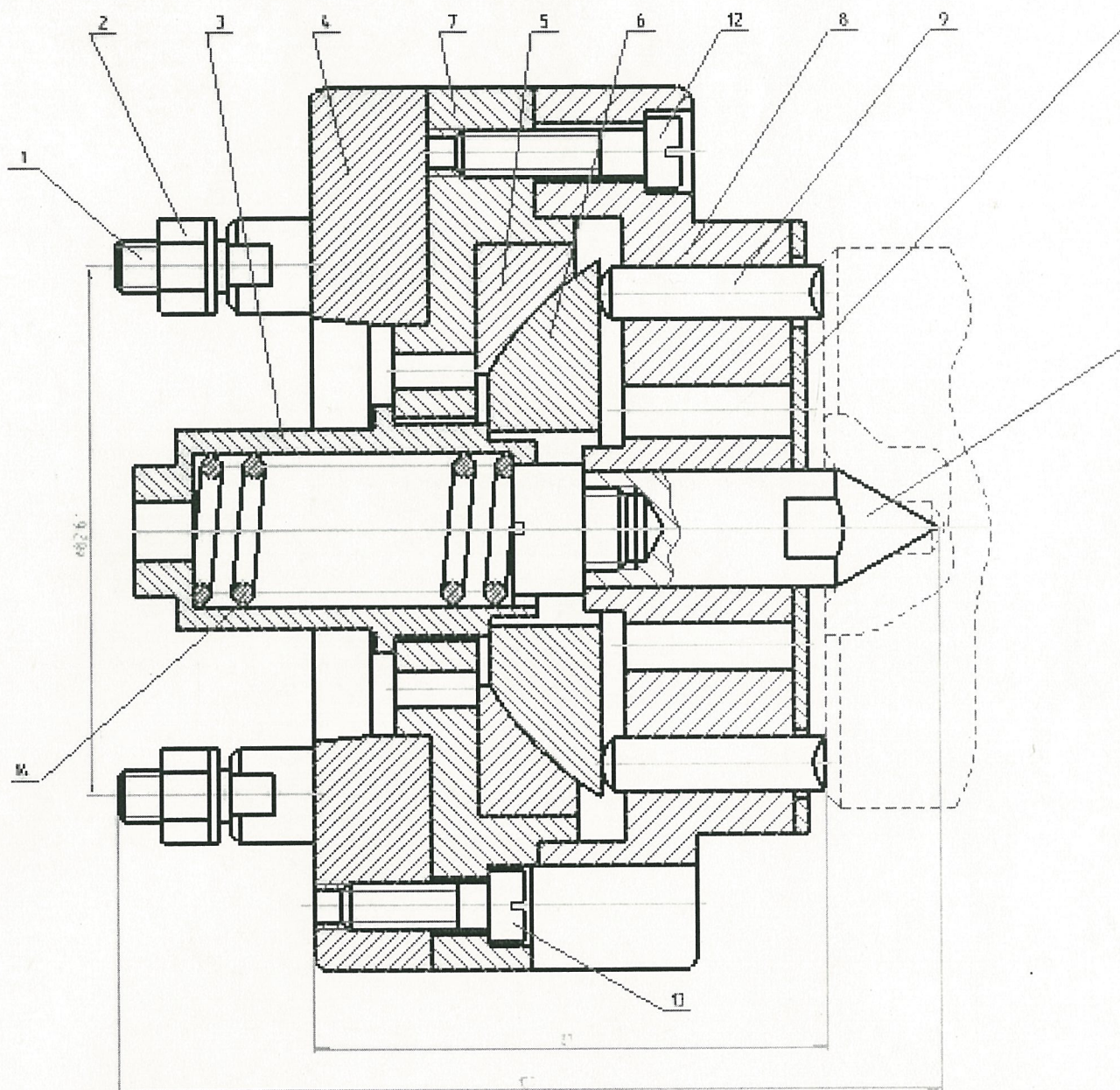


Рисунок 3.1 – Повідковий патрон для тонкої токарної обробки валу

Штирі спираються сферичними кінцями на сферичну п'яту 6, встановлену на підп'ятнику 5, що забезпечує самовстановлення штирів по торцю заготовки. Виліт плаваючого центру 11 і регулювання сили пружини здійснюється обертанням стакану 3 за передбачені для цієї мети лиски. При установці заготовки в центрах центр задньої бабки підтискає заготовку в осьовому напрямку і штирі врізаються в торець заготовки на однакову глибину незалежно від неперпендикулярності торця заготовки щодо її осі.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

#### 4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.

##### Моделювання вимірювально-контрольних операцій геометричних параметрів

Основні принципи вибору точності засобів вимірювань і контролю вивчені, описані й обґрунтовані в науковій літературі і обумовлені в міждержавних стандартах. При цьому ймовірність приймання бракованих деталей або бракування придатних деталей обчислюється за допомогою інтегралів типу [ ]:

$$m = 2 \int_x^{x=\infty} \frac{1}{\sigma_{\text{тех}} \sqrt{2\pi}} \exp\left(-(\delta_{\text{из}} + x)^2 / (2\sigma_{\text{тех}}^2)\right) \times \\ \times \left( \int_{-\infty}^{-x} \frac{1}{\sigma_{\text{тех}} \sqrt{2\pi}} \exp\left(-x^2 / (2\sigma_{\text{тех}}^2)\right) dx \right) dx.$$

Спроби відтворити обчислення і викласти суть зазначеної залежності для широкого інженерного застосування являє певні труднощі. Потрібна методика, що дозволяє спростити опис ймовірнісно-статистичних процесів виготовлення і контролю виробів без шкоди у точності розрахунків.

Поставлена мета досягається застосуванням моделювання методом «Монте Карло» і програми Microsoft Excel. Електронна таблиця включає імітаційну складову, а саме рядки (в кожній з них записані номери деталей і результати з виготовлення, вимірювань і контролю), та статистичну складову – стовпці, в які заносяться результати статистичного моделювання.

Фрагмент таблиці показаний нижче (табл. 1). Кількість виробів при моделювання може бути вибрана будь-якою. Для попереднього розрахунку, або цілей навчання найбільш прийнятно від 50 до 100 виробів. Але для наукових цілей, коли потрібно підвищити точність моделювання, кількість виробів потрібно збільшити до 5000.

Таблиця 4.1 – Фрагменти електронної таблиці імітаційного моделювання процесу виготовлення і контролю валів Ø100к6 (Ряд рядків не показано для скорочення обсягу таблиці)

Номери стовпців для імітаційного моделювання									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер виробу	Істинне відхилення від номінального розміру, мкм	Оцінювання придатності виробу	Випадкова похибка засобу вимірювання, мкм	Дійсне відхилення від номінального розміру, мкм	Оцінювання придатності виробу по дійсному відхиленню, мкм	Сортування по групам			
						ПЗ	НЗ	ПП	НП
Вал1	15	1	2	18	1	0	0	1	0
Вал2	23	1	4	27	0	0	1	0	0
Вал3	7	1	-4	4	1	0	0	1	0
Вал4	19	1	-1	19	1	0	0	1	0
Вал5	8	1	-6	2	0	0	1	0	0
Вал 65	28	0	8	36	0	1	0	0	0
Вал 66	14	1	4	19	1	0	0	1	0
Вал 67	16	1	7	23	1	0	0	1	0
Вал 68	20	1	5	25	1	0	0	1	0
Вал 69	2	0	-2	0	0	1	0	0	0
Вал 70	9	1	3	12	1	0	0	1	0
Вал 95	16	1	-8	8	1	0	0	1	0
Вал 96	14	1	7	21	1	0	0	1	0
Вал 97	14	1	10	24	1	0	0	1	0
Вал 98	16	1	-10	6	1	0	0	1	0
Вал 99	26	0	-7	19	1	0	0	0	1
Вал 100	16	1	-3	13	1	0	0	1	0
Всього		96	Всього		82	2	16	80	2

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТММ.КВР.18.05. 00. 000. ПЗ

Лист

35







Для здійснення комп'ютерного моделювання необхідно заповнити вікна діалогового вікна: «від» і «до». По суті тут використовується розширена

Рисунок 4.2 – Діалогове вікно для генерації випадкових похибок вимірювання за рівномірним законом розподілу

невизначеність  $U$  [ ] типу  $B$ , як інтервальна міра невизначеності, взята з паспорта мікрометра (в нашому прикладі  $U \pm 10$  мкм).

У колонці 5 імітується сумарний результат виготовлення і вимірювання, тобто дійсне відхилення від номінального значення. Для цього проводимо по рядкам підсумовування відповідних елементів таблиці.

У стовпці 6 проводиться оцінка придатності виробу після вимірювання за двобальною шкалою: придатним виробам присвоюється бал  $\beta_d = \langle 1 \rangle$ , а бракованим відповідно бал  $\beta_d = \langle 0 \rangle$ . Придатними є вироби, у яких дійсне відхилення лежить в полі допуску, бал визначається також, як і вище, за формулою:

$$\text{ЕСЛИ}(\text{И}(\text{e}_d \geq [\text{ei}]; \text{e}_d \leq [\text{es}]); 1; 0),$$

де  $e_d$  – дійсне відхилення від номінального положення.



Сума балів (83) в стовпці 6 відображає відсоток придатних деталей при даній точності технології з урахуванням впливу розширеної невизначеності вимірювання типу *B*.

Зіставлення суми балів у стовпцях 2 і 6 наочно демонструє, що похибка вимірювань істотно знизила відсоток придатних деталей (в розглянутій реалізації на 13%).

Далі проведено аналіз для виявлення відсотків правильно і неправильно забракованих та відсотків правильно і неправильно прийнятих деталей.

Правильно забраковані деталі повинні мати

«0» – бал як в стовпці 3, так і в стовпці 6. Для їх ідентифікації у стовпці 7 застосована формула

$$\text{ЕСЛИ}(\text{И}(\beta_i = 0; \beta_d = 0); 1; 0).$$

Неправильно забраковані деталі повинні мати

«1» – бал в стовпці 3, «0» – бал в стовпці 6. Для їх ідентифікації у стовпці 8 застосована формула

$$\text{ЕСЛИ}(\text{И}(\beta_i = 1; \beta_d = 0); 1; 0).$$

Правильно прийняті деталі повинні мати

«1» – бал як в стовпці 3, так і в стовпці 6. Для їх ідентифікації у стовпці 9 застосована формула

$$\text{ЕСЛИ}(\text{И}(\beta_i = 1; \beta_d = 1); 1; 0).$$

Неправильно прийняті деталі повинні мати

«0» – бал в стовпці 3, «1» – бал в стовпці 6. Для їх ідентифікації у стовпці 10 застосована формула

$$\text{ЕСЛИ}(\text{И}(\beta_i = 0; \beta_d = 1); 1; 0).$$

Сума балів (2, 16, 80, 2) в стовпцях 7, 8, 9, 10 відображає відповідно відсоток правильно забракованих (ПЗ), неправильно забракованих (НЗ), правильно прийнятих (ПП) і неправильно прийнятих (НП) деталей.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Зіставлення суми балів в зазначених шпальтах наочно демонструє, що похибка вимірювання істотно впливає на кількість неправильно забракованих деталей (рис. 4.1).

Відсоток неправильно забракованих деталей поїязано з ризиком виробника, а відсоток неправильно прийнятих деталей - з ризиком замовника. З наведеного прикладу випливає, що в даному конкретному випадку виробник повинен бути зацікавлений застосувати вимірювальний прилад з меншою розширеної невизначеністю другого роду, наприклад, індикаторну скобу з ціною поділки 2 мкм.



Рисунок 4.3 – Залежність відсотку неправильно забракованих деталей від точності вимірювального засобу

Повторне комп'ютерне моделювання при новому значенні ( $U = \pm 2$  мкм) розширеної невизначеності типу  $B$  показало зниження кількості неправильно забракованих деталей до 1%. Пропонована методика пройшла багаторічне

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

апробацію при виконанні індивідуальних завдань студентами технологічних і метрологічних спеціальностей і підтвердила досить високий рівень розуміння і засвоєння впливу вибору точності засобів вимірювань на ефективність виробництва.

У перспективі можливе застосування розглянутого методу при техніко-економічних обґрунтуваннях або в бізнес-планах створення сучасних вимірювально-контрольних систем.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ТММ.КвР.18.05. 00. 000. ПЗ

Лист

42

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В аналітичному розділі встановлено, що конструкція деталі «Вал» є технологічною. Основними конструкторськими базами служать циліндричні поверхні  $\varnothing 100k6$  під підшипники. До перелічених поверхонь пред'являються підвищені вимоги. Посадочні ділянки «Валу» під кільця підшипників повинні бути оброблені до шорсткості  $Ra$  1,6 мкм. На ці поверхні задані допуски на радіальне биття в межах 0,016 мм.

2. В технологічному розділі обґрунтовано для заготовки застосування в умовах дрібносерійного виробництва гарячекатаного прокату  $\varnothing 120$  мм нормальної точності. Коефіцієнт використання матеріалу при цьому складає 0,53.

Вибрано верстат з ЧПК моделі *GMX 200s linear* з новою системою управління *Siemens Solution Line-Steuerung*, що має вбудовану систему програмування *Shopturn-Programmiersystem*. Токарний шпіндель забезпечує 12 000 обертів/хв, що при одночасному застосуванні прогресивного твердосплавного ріжучого інструменту фірми *TaeguTec* дозволило обробляти поверхні  $\varnothing 100k6$  тонким високо обертовим точінням замість шліфування.

Оскільки верстат з ЧПК моделі *GMX 200s linear* є токарно-фрезерним центром, то обробка шпонкових пазів запроектована безпосередньо на даному верстаті замість використання фрезерно-шпонкового обладнання.

Вказані особливості маршрутної технології дозволили скоротити номенклатуру верстатів на 2 одиниці при одночасному підвищенні точності обробки.

У порівнянні з застосуванням універсальних верстатів основний час обробки скорочено більше ніж у 2 рази, а допоміжний час не менше ніж на порядок.

3. В конструкторському розділі для підвищення співвісності шийок валу  $\varnothing 100k6$  запроектовано повідковий штирьковий токарний патрон.

4. В спеціальному розділі виконано моделювання вимірювально-контрольних операцій геометричних параметрів та одержана залежність рівня бездефектності продукції від граничної похибки вимірювального засобу.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Закон 1556-18. Про вищу освіту (редакція від 05.03.2017 . (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 37-38, ст.2004)
2. Освітньо-професійна програма підготовки магістра за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ : НГУ, 2016. – 44 с.
3. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. : Інформація та документація / – К. : ДП "УкрНДНЦ", 2016. – 31 с. – (Національний стандарт України).
4. Проців В.В. Методичні рекомендації до виконання та захисту кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 131 «Прикладна механіка».. [Електронний ресурс] навч. посіб / В.В. Проців, С.Г. Пінковський, С.Т. Пацера, В.А. Дербаба; Електрон. текст. дані. – Д.: 2017. – 57 с. – Режим доступу: <http://do.nmu.org.ua/mod/resource/view.php?id=34301> - Назва з екрану
5. ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання. – К.: Держстандарт України, 2007. – 64 с. – (Міждержавний стандарт).
6. Проектування двоступеневих редукторів з використанням САПР КОМПАС [Текст]: навч. посібник / В.В. Проців, К.А. Зіборов, К.М. Бас – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 222 с. іл. Електронний ресурс [okmm.nmu.org.ua/ua/nmubook.php#.WP3UdUXyit8](http://okmm.nmu.org.ua/ua/nmubook.php#.WP3UdUXyit8)
- 7 ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 ЄСКД. Основні написи.: Міждержавний стандарт , 2006. – 25 с.
8. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. – К.: Мінекономрозвитку України, 2014. – 18 с. – (Національний стандарт).
9. Ловыгин А.А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система /

										Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						44



		1	
НТУ «Дніпровська політехніка»	КВР.ТММ.131-17-1з.05.000ПЗ	ПШВ-6.01.003.Б	
Вал			
		КВР	1

«Затверджено»

Головний інженер ( )  
 « » 2018 р.

# ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

ДОДАТОК А

МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

УЗГОДЖЕНО:

Метрол. контроль \_\_\_\_\_ ( )  
 Вед. технолог \_\_\_\_\_ ( )  
 Н. контроль \_\_\_\_\_ ( )  
 Гол. спеціаліст \_\_\_\_\_ ( )  
 Нач. техбюро \_\_\_\_\_ ( )  
 Розробник. БП (Борулько А.С.)

Акт № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

Підпис \_\_\_\_\_





													3								
Розроб	Борулько			НТУ «Дніпровська політехніка»			КВР.ТММ.131-17-13.05.000ПЗ			ПШВ-6.001.003.Б											
Норм																					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, найменування операції			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КООД	ЕН	ОП	Кшт.	Т <sub>п.з.</sub>	Т <sub>шт.</sub>			
Б	Код, найменування устаткування																				
А 03	6	5	11	025	4110, Токарна чорнова	ПШВ-6.001.003.Б.000005; ТТИ102.35230.00104															
Б 04	041120, GMX 200S linear (ФРГ)										-	15292	4	1	1	1	1	1	-	1,67	0,18
05																					
А 06	6	5	11	030	4110, Токарно-фрезерна	ПШВ-6.001.003.Б.000006; ТТИ102.35230.00104															
Б 07	041120, GMX 200S linear (ФРГ)										-	15292	4	1	1	1	1	1	-	1,67	0,69
08																					
А 09	6	7	2	040	0260, Слюсарна	ПШВ-6.001.003.Б.000007; ТТИ102.35230.00105															
Б 10																					
11																					
А 12																					
Б 13																					
14																					
А 15																					
Б 16																					
17																					
А 18																					
Б 19																					
20																					
													4								

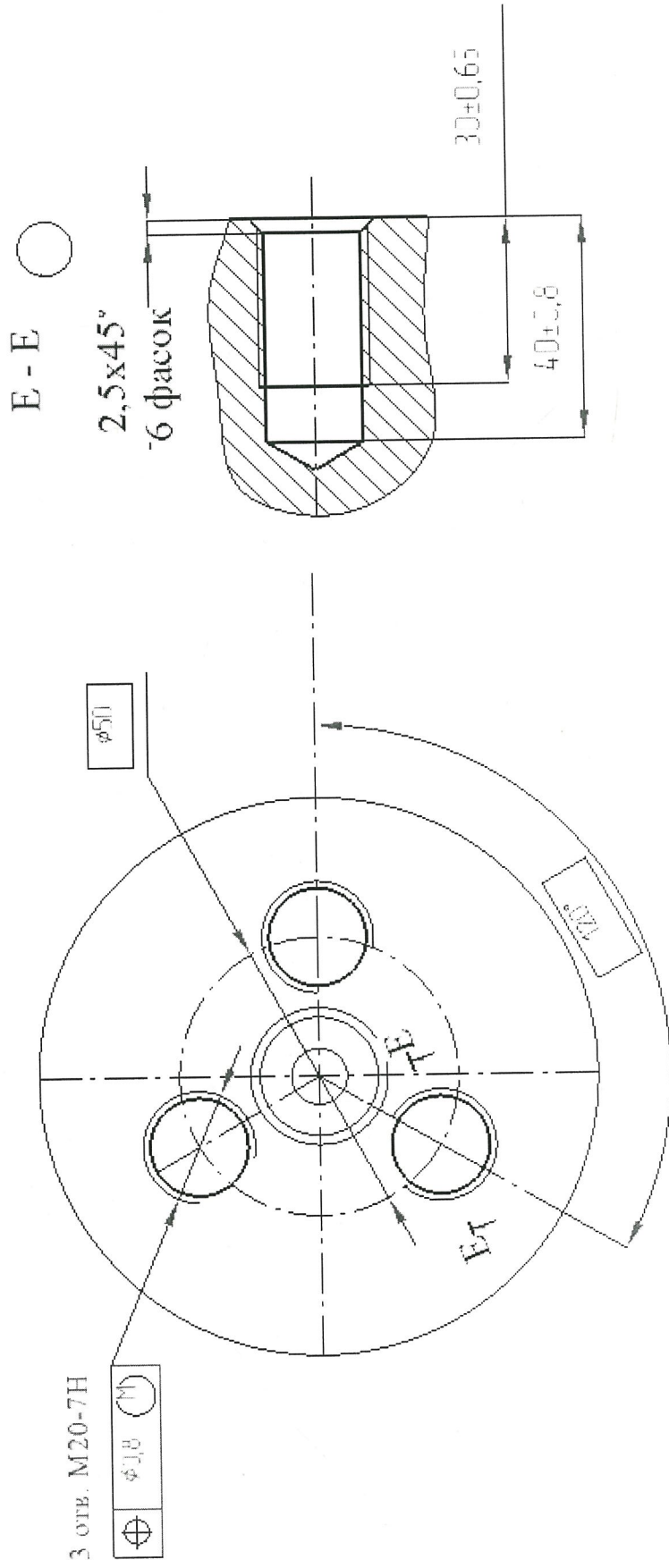
Розроб		Борулько		НТУ «Дніпровська політехніка»		КВР.ТММ.131-17-13.05.000ПЗ		ПШВ-6.001.003.Б		4	
Норм										7 4 10 010	
										Вал	
Найменування операції		Матеріал		Твердість		ЕВ		МД		Профіль и розміри	
Токарна чорнова		Сталь 45 ГОСТ 1050-88		197-220НВ		кг		26,2		Ø120x575	
Устаткування, система ЧПК		Позначення програми		Т <sub>о</sub>		Т <sub>д</sub>		Т <sub>пз</sub>		Т <sub>шк</sub>	
Верстат токарно-фрезерний обробний центр - моделі GMX 200S linear (ФРГ)				4,0		0,14		1,67		5,97	
		ПИ		Д чи В, мм		L, мм		t		i	
Р 01		1. Встановити, затиснути заготовку								S, мм/об	
Т 02		396181, Патрон трьохкулачковий								п, об/хв	
03										V, м/хв	
О 04		2. Торцювати з правої сторони деталі у розмір 556±0,85									
Т 05		Державка: SECO MCLNR/L2525M16, пластина: CNMA160608									
Р 06											
07											
08											
О 09		3. Свердлити центровий отвір									
Т 10		282410 Свердло 10 центрове комбіноване SECO									
11											
Р 12											
13											

										5					
										10					
КВР.ГММ.131-17-13.05.000ПЗ										ПШВ-6.001.003.Б					
Р	ПИ	Д	чи	В,	мм	L,	мм	t	i	S	мм/об	п	об/хв	V	м/хв
Р 01															
02															
О 03															
Т 04															
Р 05															
06															
О 07	4. Свердли по програмі 3 отвори, витримуючи розмір 15														
Т 08	Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком DIN 6537A SECO Ø15,25														
Р 09															
10															
О 11	5. Обробити по програмі нарізь М16-7Н ГОСТ 17756-72, витримуючи розмір 15														
Т 12	283230, Мітчик М16-7Н ГОСТ1604-60, калібр-пробки для нарізі М16-7Н ГОСТ 17756-72пр														
Р 13															
14															
О 15															
Т 16	6. Відкріпити і зняти деталь														
Р 17															
О 19															

OK

50

Розроб		Борулько		НТУ «Дніпровська політехніка»		КВР.ТММ.131-17-13.05.000ПЗ		ПШВ-6.001.003.Б		6	
Норм										010	
Вал											



1. Поверхня фаски  
2. Поверхня фаски



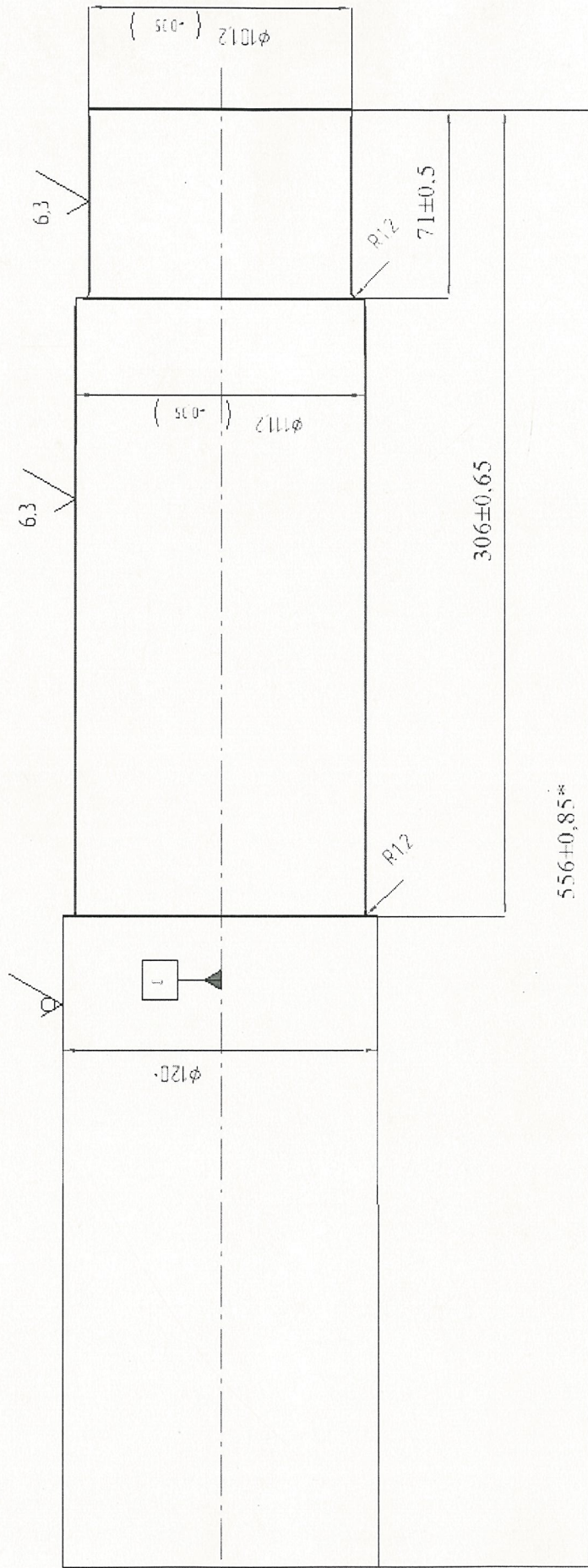
										8
										ПШВ-6.001.003.Б
КВР.ГММ.131-17-13.05.000ПЗ										15
Р	ПИ	Д чи В, мм	L, мм	t	i	S мм/об	п об/хв	Vм/хв		
Р 01										
02										
О 03										
Т 04										
Р 05										
06										
О 07									4. Свердлиги по програмі 3 отвори, витримуючи розмір 15	
Т 08									Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком DIN 6537A SECO Ø15,25	
Р 09										
10										
О 11									5. Обробити по програмі нарізь М16-7Н ГОСТ 17756-72, витримуючи розмір 15	
Т 12									283230, Мітчик М16-7Н ГОСТ1604-60, калібр-пробки для нарізі М16-7Н ГОСТ 17756-72пр	
Р 13										
14										
О 15										
Т 16									6. Відкріпити і зняти деталь	
Р 17										
О 19										







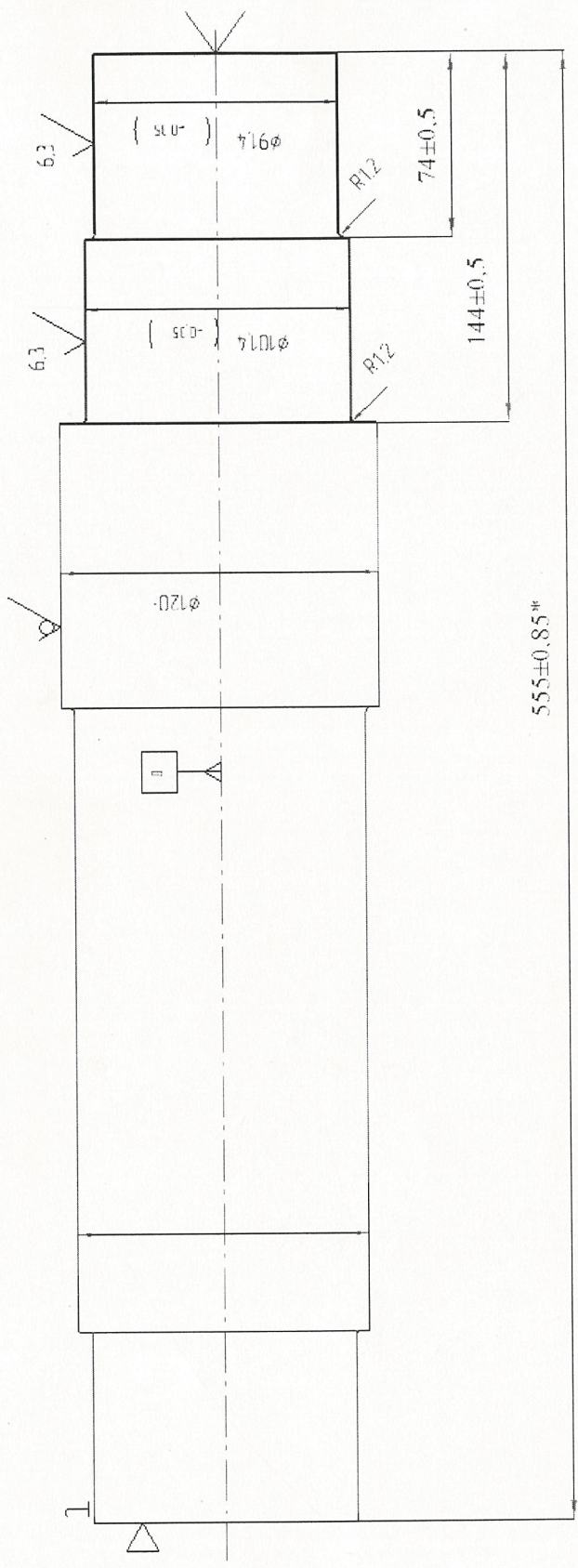
Розроб	Борулько	НТУ «Дніпровська політехніка»		КВР.ТММ.131-17-13.05.000ПЗ	ГПШВ-6.001.003.Б	11
Норм		Вал				020



\* Поверхня для ступиць

Розроб		Борулько		НТУ «Дніпровська політехніка»		КВР.ТММ.131-17-13.05.000ПЗ		ІПШВ-6.001.003.Б		12	
Норм								7		4 10 025	
										Вал	
		Найменування операції		Матеріал		Твердість		ЕВ		МД	
		Токарна чорнова з ЧПК		Сталь 45 ГОСТ 1050-88		197-220НВ		кг		26,2	
		Устаткування, система ЧПК		Позначення програми		Т <sub>о</sub>		Т <sub>д</sub>		Т <sub>пв</sub>	
		Верстат токарно-фрезерний обробний центр - моделі GMX 200S linear (ФРГ)				0,07		0,1		1,67	
		Р		ПИ		Д чи В, мм		L, мм		t	
О 01		1. Встановити, затиснути заготовку								Т <sub>шк</sub>	
Т 02		396181, Патрон трьохкулачковий; Центр задній.								СОЖ	
03											
О 04		2. Точити по програмі з лівої сторони деталі: поверхню Ø101,2 <sub>-0.35</sub> , поверхню Ø91,2 <sub>-0.35</sub> ,								5% Укрінол-1 ТУ38-101197-76	
Т 05		Державка: SECO MCLNR/L2525M16, пластина: CNMA160608								S, мм/об	
Р 06										n, об/хв	
07										V, м/хв	
08											
О 09		3. Відкріпити і зняти деталь									
Т 10											
11											
Р 12											
13											

						13	
Розроб	Борулько	НТУ «Дніпровська політехніка»		КВР.ТММ.131-17-13.05.000ПЗ		ПШВ-6.001.003.Б	
Норм						025	
Вал							

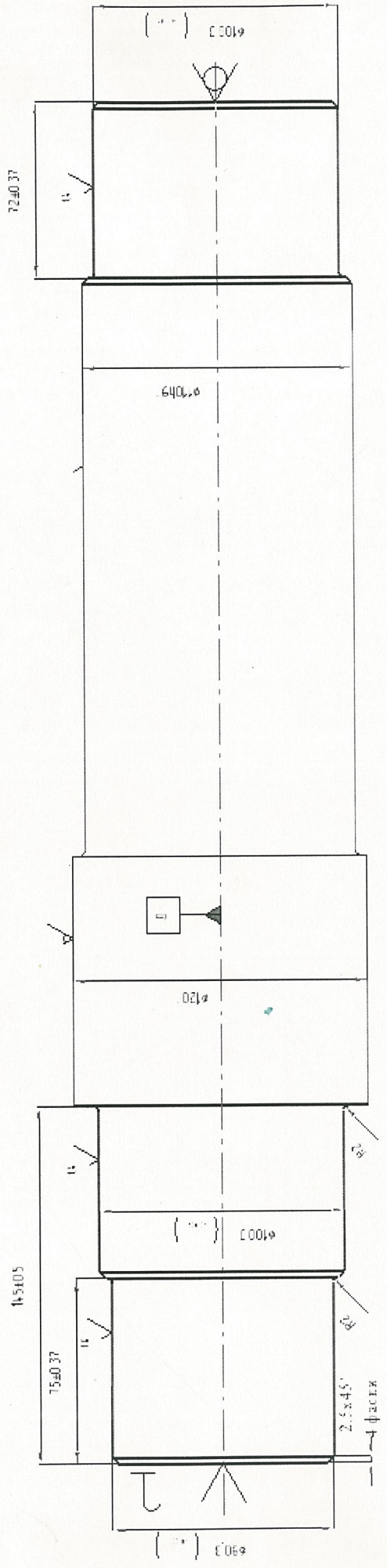


1:1



										15	
КВР.ТММ.131-17-13.05.000ПЗ										ПШВ-6.001.003.Б	030
Р	Д	П	Д	Л	і	т	і	і	і	і	і
Р 01											
02											
О 03	4. Фрезерувати пази по програмі, витримуючи розмір 25N9 та 28N9										
Т 04	Фреза SECO R220.69-0050-12-5AN										
Р 05											
06											
О 07	5. Точити тонко по програмі поверхні $\varnothing 100k6^{+0,025}_{+0,003}$ , $\varnothing 90k6^{+0,025}_{+0,003}$										
Т 08	Свердло спіральне з циліндричним хвостовиком DIN 6537A SECO $\varnothing 15,25$										
Р 09											
10											
О 11											
Т 12											
Р 13											
14											
О 15											
Т 16	6. Відкріпити і зняти деталь										
Р 17											
О 19											

Розроб	Борулько	НТУ «Дніпровська політехніка»	КВР.ТММ.131-17-13.05.000ПЗ	ПШВ-6.001.003.Б	16
Норм					030
		Вал			



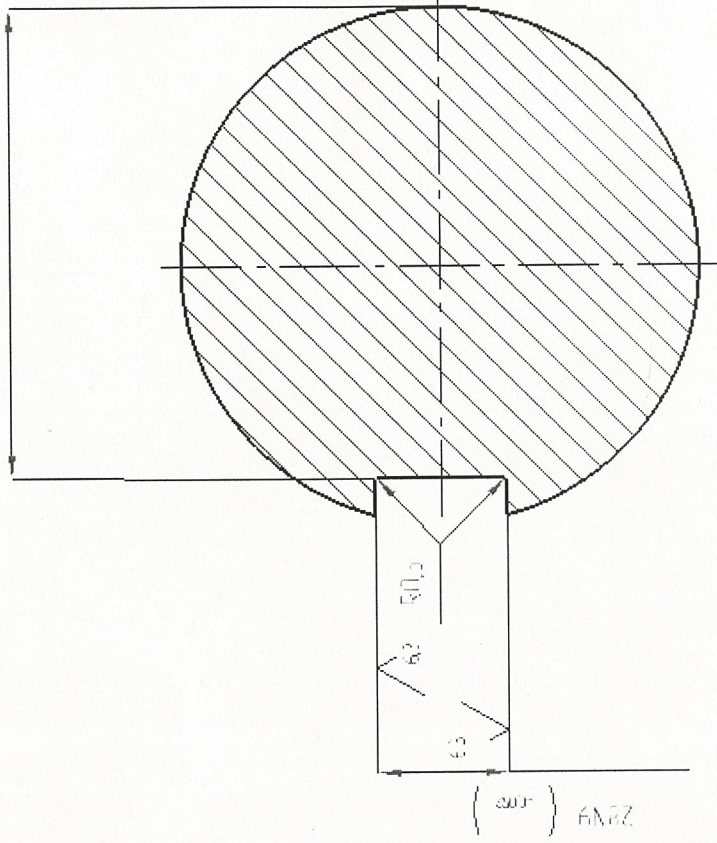
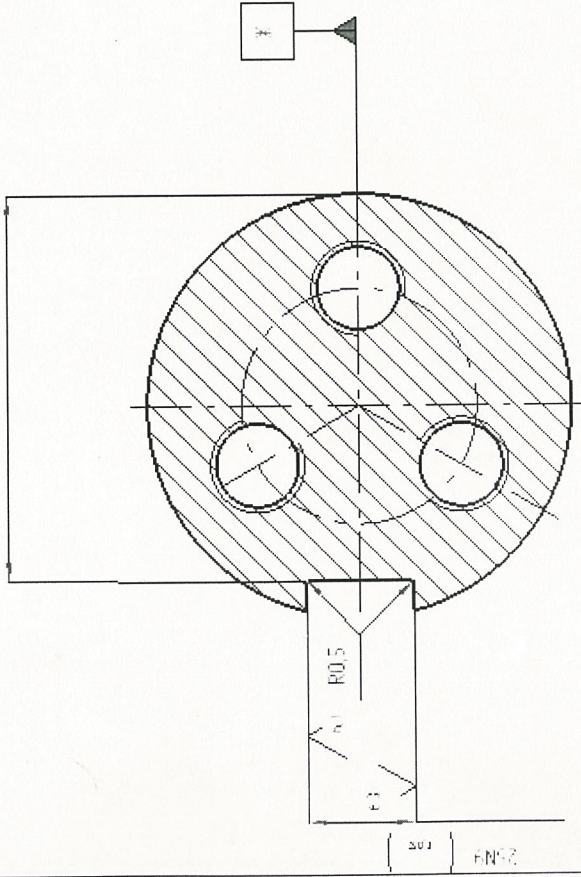
1 - Розроб, Бюро зробки

Розроб	Борулько	НТУ «Дніпровська політехніка»		КВР.ТММ.131-17-13.05.000ПЗ	ПШВ-6.001.003.Б	17
Норм						030

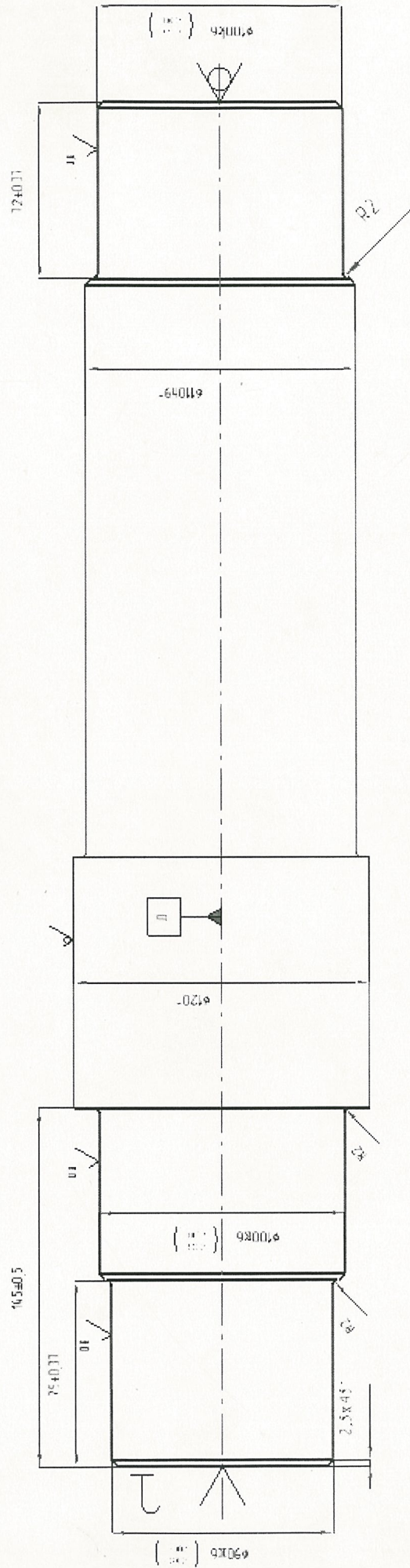
Вал

100 ±0.2

8 ±0.2



Розроб	Борулько	НТУ «Дніпровська політехніка»		КВР.ТММ.131-17-13.05.000ПЗ	ГПШВ-6.001.003.Б	18
Норм		Вал				030



1 - Форма для обработки



Додаток Б.

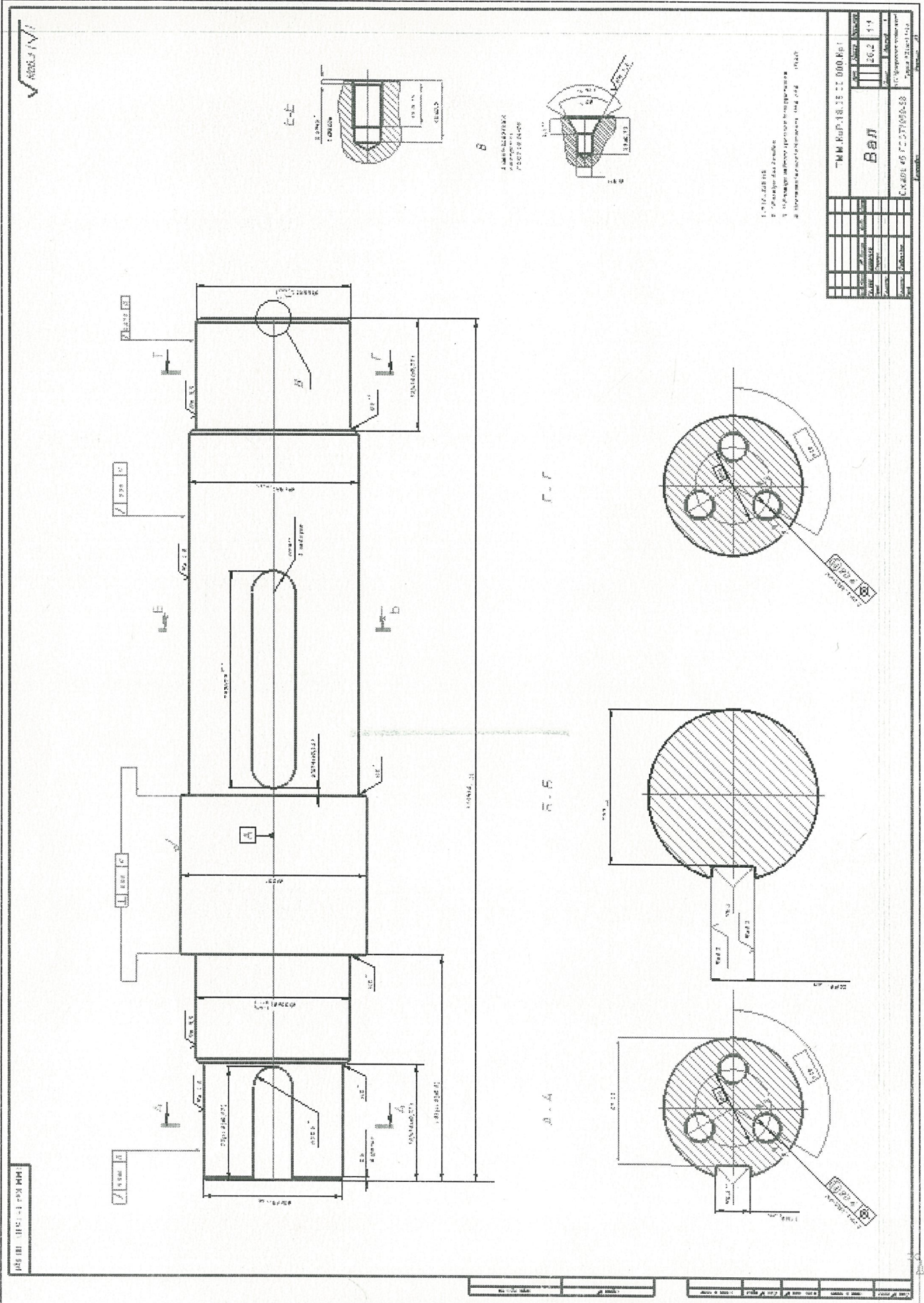
Фрагмент програми механічної обробки деталі Вал на верстаті з ЧПК

Програма обробки  
лівої сторони валу

	8 O0001 N2 G90 Розмір абсолютний N3 G40 Без корекції N4 S200 F4.0 Режими N5 M04 Напрямок обертів N6 G00 X300.0 Z0.0 N7 T001 Функція інструменту
Перший прохід	N8 G00 X120.0 Z0.0 N9 G00 X117.12 N10 G01 Z-143.0 N11 G01 X120.12
Другий прохід	N12 G00 Z0.0 N13 G00 X114.24 N14 G01 Z-143.0 N15 G01 X117.24 Z-141.5
Третій прохід	N16 G00 Z0.0 N17 G00 X111.37 N18 G01 Z-143.0 N19 G01 X114.37 Z-141.5
Четвертий прохід	N20 G00 Z0.0 N21 G00 X108.49 N22 G01 Z-143.0 N23 G01 X111.49 Z-141.5
П'ятий прохід	N24 G00 Z0.0 N25 G00 X105.61 N26 G01 Z-143.0 N27 G01 X108.61 Z-141.5

Шостий прохід	N28 G00 Z0.0 N29 G00 X102.73 N30 G01 Z-143.0 N31 G01 X105.73 Z-141.5
Сьомий прохід	N32 G00 Z0.0 N33 G00 X99.85 N34 G01 Z-73.0 N35 G01 X102.85
Восьмий прохід	N36 G00 Z0.0 N37 G00 X96.98 N38 G01 Z-73.0 N39 G01 X99.98 Z-71.5
Дев'ятий прохід	N40 G00 Z0.0 N41 G00 X94.10 N42 G01 Z-73.0 N43 G01 X97.10 Z-71.5
Десятий прохід	N44 G00 Z0.0 N45 G00 X91.22 N46 G01 Z-73.0 N47 G01 X94.22 Z-71.5
	N48 G00 X120.0 Z0.0 N49 G00 X300.0 N50 M05 Зупинка шпінделя N51 M30 Виключення
	%

# ДОДАТОК В

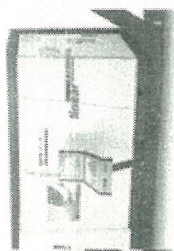


# ТЕХНОЛОГІЧНІ НАЛАГОДЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ САМ-МОДУЛЯ

## Точарна обробка на верстаті з ЧПК

### САМ-модуль: Програма КОМПАС-3D V16 +SNC\_Turn

Точарно-фрезерний верстат з ЧПК моделі GМХ 200s linear



Система ЧПК  
Steinberg Soliton Line-Steigung  
Програми забезпечення  
Shopturn-Programmiersystem

Траєкторія обробки у G-кодах лівої сторони валу

Патрон самоцентруючий  
ГРiСТ 2875-80

Центр токарний упорний  
ГОСТ 13214-79

Різець ГОСТ 24996-81 тип 9

Схема траєкторії інструменту при багатопроходному точінні зовнішніх поверхонь правої сторони валу

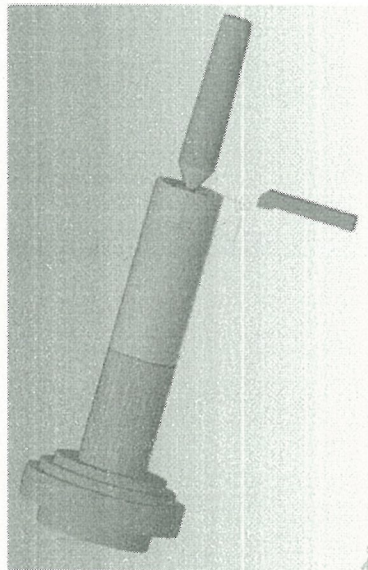
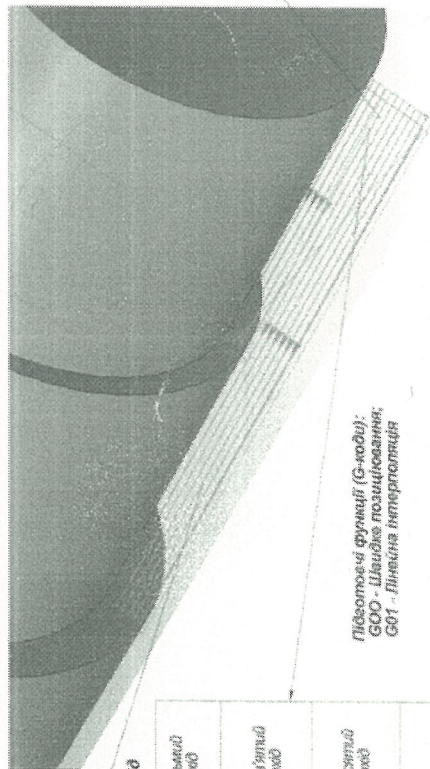


Схема траєкторії інструменту при багатопроходному точінні зовнішніх поверхонь лівої сторони валу



Підсотові форми (G-коди):  
G00 - Швидке позиціонування;  
G01 - Лінійна інтерполяція

Перший перехід	Другий перехід
T001	G00 X99.38
G00 X122.4 Z2.7	G01 Z-71.80
G00 X119.52	G01 X102.38 Z-70.38
G01 Z-141.80	G00 Z2.7
G01 X122.52	G00 X96.50
G00 Z2.7	G01 Z-71.80
G00 X116.64	G01 X99.50 Z-70.30
G01 Z-141.80	G00 Z2.7
G01 X119.64 Z-140.30	G00 X93.62
G00 Z2.7	G01 Z-71.80
G00 X113.77	G01 X96.62 Z-70.30
G01 Z-141.80	G00 X100.20
G01 X116.77 Z-140.30	
G00 Z2.7	
G00 X110.89	
G01 Z-141.80	
G01 X113.89 Z-140.30	
G00 Z2.7	
G00 X106.01	
G01 Z-141.80	
G01 X111.01 Z-140.30	
G00 Z2.7	
G00 X105.13	
G01 Z-141.80	
G01 X108.13 Z-140.30	
G00 Z2.7	
G00 X102.25	
G01 Z-71.80	
G01 X105.25	
G00 Z2.7	

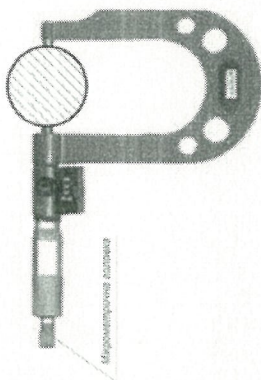
Програма обробки лівої сторони валу

	G0001
	N2 G90 Розмір абсолютний
	N3 G40 Без корекції
	N4 S200 F4.0 Різками
	N5 M04 Направляє обертів
	N6 G00 X300.0 Z0.0
	N7 T001 Фунція інструменту
Перший прохід	N8 G00 X120.0 Z0.0
	N9 G00 X117.12
	N10 G01 Z-143.0
	N11 G01 X120.12
Другий прохід	N12 G00 Z0.0
	N13 G00 X114.24
	N14 G01 Z-143.0
	N15 G01 X117.24 Z-141.5
Третій прохід	N16 G00 Z0.0
	N17 G00 X111.37
	N18 G01 Z-143.0
	N19 G01 X114.37 Z-141.5
Четвертий прохід	N20 G00 Z0.0
	N21 G00 X108.49
	N22 G01 Z-143.0
	N23 G01 X111.49 Z-141.5
П'ятий прохід	N24 G00 Z0.0
	N25 G00 X105.61
	N26 G01 Z-143.0
	N27 G01 X108.61 Z-141.5
Шостий прохід	N28 G00 Z0.0
	N29 G00 X102.73
	N30 G01 Z-143.0
	N31 G01 X105.73 Z-141.5
Сьомий прохід	N32 G00 Z0.0
	N33 G00 X99.85
	N34 G01 Z-73.0
	N35 G01 X102.85
Восьмий прохід	N36 G00 Z0.0
	N37 G00 X96.98
	N38 G01 Z-73.0
	N39 G01 X99.98 Z-71.5
Десятий прохід	N40 G00 Z0.0
	N41 G00 X94.10
	N42 G01 Z-73.0
	N43 G01 X97.10 Z-71.5
Дванадцятий прохід	N44 G00 Z0.0
	N45 G00 X91.22
	N46 G01 Z-73.0
	N47 G01 X94.22 Z-71.5
	N48 G00 X120.0 Z0.0
	N49 G00 X300.0
	N50 M05 Зупинка шпинделя
	N51 M30 Включення
	%

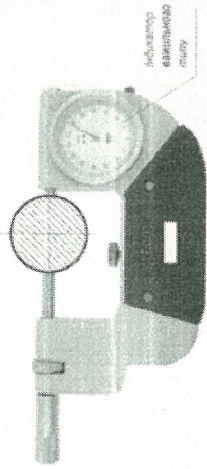


# Спеціальний розділ Моделювання вимірювально-контрольних операцій геометричних параметрів

Мікрометр



Сюба індикаторна



ПОЧАТКОВІ ДАНІ

$$\varnothing 100k6(^{+0,025}_{-0,003})$$

$$eS = 25 \text{ МКМ} \quad ei = 3 \text{ МКМ} \quad IT = 22 \text{ МКМ}$$

ДОПУЩЕННЯ

Нормальний закон розподілу для відхилень діаметру валу  
Рівномірний закон розподілу для вигадкових інструментальних похибок вимірювань

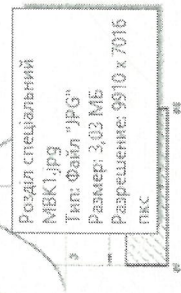
фрагменти електронної таблиці імітаційного моделювання процесу виготовлення і контролю валів діаметром 100к6 (Ряд рядків не показано для скорочення обсягу таблиці)

Нормальний закон розподілу відхилень

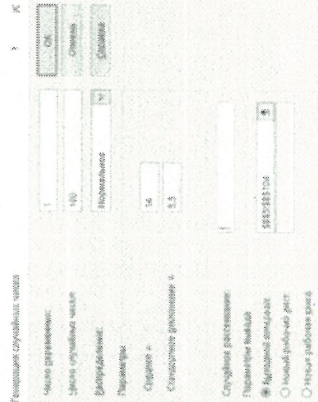
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Грива Гаусса

Рівномірний закон розподілу вигадкових вимірювань



Діалогове вікно для генерації вигадкових відхилень за нормальним законом розподілу



$$e_{\text{ср}} = \frac{eS + ei}{2} = \frac{25 + 3}{2} = 14 \text{ МКМ}$$

$$T_H/4 = 22/4 = 5,5 \text{ МКМ}$$

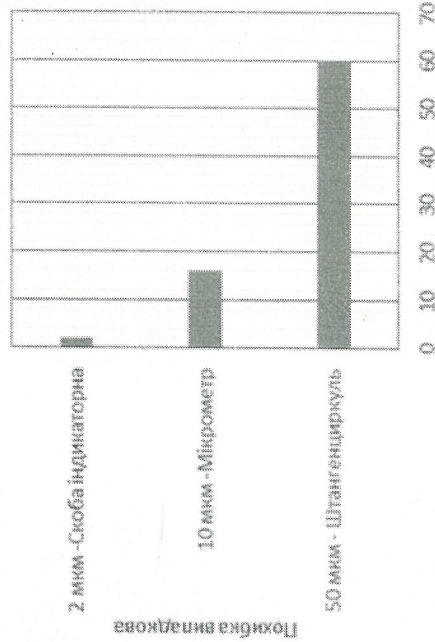
Номери операцій для імітаційного моделювання									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер вводу	Початкове відхилення розміру, мм	Відхилення припусків	Відхилення припусків заводу	Відхилення припусків виробника	Відхилення припусків виробника	Відхилення припусків виробника	Відхилення припусків виробника	Відхилення припусків виробника	Сортування по групам
Вал 1	15	1	2	17	1	0	0	1	0
Вал 2	23	1	4	27	0	0	1	0	0
Вал 3	7	1	-4	3	1	0	0	1	0
Вал 4	19	1	-3	18	1	0	0	1	0
Вал 5	8	1	-6	2	0	0	1	0	0

Вал 65	28	0	8	36	0	1	0	0	0
Вал 66	14	1	4	18	1	0	0	1	0
Вал 67	16	1	7	23	1	0	0	1	0
Вал 68	20	1	5	1	1	0	0	1	0
Вал 69	2	0	-2	0	0	1	0	0	0
Вал 70	9	1	3	12	1	0	0	1	0

Вал 85	16	1	-8	8	1	0	0	1	0
Вал 86	14	1	7	21	1	0	0	1	0
Вал 87	14	1	10	24	1	0	0	1	0
Вал 88	16	1	-10	6	1	0	0	1	0
Вал 89	26	0	-7	19	1	0	0	0	1
Вал 100	16	1	-3	13	1	0	0	1	0
Всього		96		Всього	82	2	16	80	2

ЕСЛИ(И(e<sub>i</sub> ≥ [ci]; e<sub>i</sub> ≤ [es]); 1; 0)

Порівняльна діаграма впливу точності інструменту на відсоток неправильно забракованих деталей



Відсоток неправильно забракованих деталей

## ДОДАТОК Д

Формат	Поз.	Зона	Позначення			Найменування			Кіл	Примітки
						<u>Документація</u>				
A4			ТММ.КвР.18.05.00.000.ПЗ			Записка пояснювальна				
						<u>Кресленики і графічні матеріали</u>				
A1			ТММ.КвР.18.05.00.000.Кр1			Вал			1	
A1			ТММ.КвР.18.05.00.000.Гм 1			Налагодження			1	
A1			ТММ.КвР.18.05.00.000.Кр2			Патрон повідковий			1	
A1			ТММ.КвР.18.05.00.000.Гм 1			Спеціальний розділ			1	
						ТММ.КвР.18.05.00.000.ПЗ				
Зм	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата	Відомість кваліфікаційної роботи			Літ	Лист	Листів
Розроб.	Борулько									
Керівник	Пацера									
Н.контр.	Федоскіна									
Утв.								НТУ «Дніпровська політехніка»		

## Відгук керівника кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота Борулько Андрія Сергійовича виконана на актуальну тему: Моделювання операцій механічної обробки валу та контрольно-вимірювальних операцій геометричних параметрів.

Тема кваліфікаційної роботи розкрита в чотирьох розділах: аналітичному, технологічному, конструкторському, спеціальному. В аналітичному розділі показано, що конструкція деталі є технологічною.

В технологічному розділі виконано розроблено два варіанти технологічного процесу: на універсальних верстатах та на верстатах з ЧПК. Методом моделювання показано, що застосування верстатів з ЧПК основний час обробки скорочено більше ніж у 2 рази, а допоміжний час не менше ніж на порядок.

У конструкторському розділі було запроектовано повідковий штирьковий патрон.

У спеціальному розділі виконано дослідження методом статистичного моделювання (Монто-Карло) вимірювально-контрольних операцій. Доказано, що при точності циліндричної поверхні валу по 6 квалітету необхідно застосовувати вимірювальні пристрої з граничною похибкою порядку 2мкм.

Кваліфікаційній роботі притаманні органічний зв'язок змісту пояснювальної записки з графічною частиною та наявність посилань на джерела інформації, логічна послідовність викладу матеріалу. Кваліфікаційна робота заслуговує оцінки «добре».

Керівник кваліфікаційної роботи

професор



Пацера С.Т.