

Міністерство освіти і науки України  
 Національний технічний університет  
 «Дніпровська політехніка»  
Механіко-машинобудівний факультет  
Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню магістра**

студента Кирилас Дмитро Русланович  
 академічної групи 131м-19н-1 ММФ  
 спеціальності 131 Прикладна механіка  
 за освітньо-науковою програмою « Наскрізний інжиніринг  
машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження методом імітаційно-статистичного моделювання  
 вимірювально-контрольної процедури зовнішньої поверхні та визначення  
 раціональних параметрів точності вимірювальних засобів»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Пацера С.Т.	85	добре	
розділів:				
Аналітичний	Пацера С.Т.	85	добре	
Технологічний	Пацера С.Т.	85	добре	
Спеціальний	Пацера С.Т.	85	добре	
Науково- дослідницький	Пацера С.Т.	85	добре	
Рецензент	Кривда В.В.	84	добре	
Нормоконтролер	Проців В.В.	84	добре	

захвально

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

технологій машинобудування та матеріалознавства

  
\_\_\_\_\_ (підпис)

В.В. Проців  
(прізвище, ініціали)

«02» 02 2021 року

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра

студенту Кирилашу Дмитру Руслановичу

академічної групи 131М-19Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

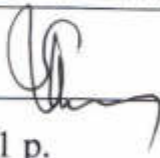
за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг  
машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження методом імітаційно-статистичного моделювання  
вимірювально-контрольної процедури зовнішньої поверхні та визначення  
раціональних параметрів точності вимірювальних засобів»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від  
14.03.21 за № 259-С

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз і характеристики матеріалу, умови експлуатації та оцінка технологічності деталі «Вал вторинний»	12.02.2021
Технологічний	Проектування та опрацювання детальної технології механічної обробки. Розробка комплекту документації	26.02.2021
Спеціальний	Використовувані обладнання базування та контролю розмірів для станку з ЧПК	19.03.2021
Науково-дослідницький	Методика імітаційно-статистичного моделювання вимірювально-контрольної процедури	30.04.2021

Завдання видано

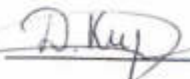
  
\_\_\_\_\_

С.Т. Пацера

Дата видачі 02 лютого 2021 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 7 травня 2021 р.

Прийнято до виконання

  
\_\_\_\_\_

Д.Р. Кирилаш

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 69 с., 14 рис., табл., 28 джерел посилань. Комплект технологічної документації на 29 аркушах в формі маршрутно-операційного технологічного процесу на деталь «Вал вторинний». Графічна частина проекту розташована на шести аркушах формату А1.

Об'єкт проектування: технологічна підготовка виробництва деталі «Вал вторинний» в організаційно-технічних умовах серійного виробництва.

Мета дипломного проекту: дослідження залежності відсотка неправильно забракованих деталей від точності вимірювань при розробці операційного технологічного процесу для виготовлення деталі «Вал вторинний».

Аналітичний розділ проекту містить характеристику об'єкта виробництва, обґрунтування застосованих матеріалів та вимог до точності поверхонь, а також якісний та кількісний аналізи технологічності конструкції деталі.

В технологічному розділі виконан комплекс робіт технологічного проектування, спрямованих на розробку маршрутно-операційного процесу механічної обробки та підготовлені данні для оформлення комплекту технологічної документації.

Об'єктом дослідження методом імітаційно-статистичного моделювання вимірювально-контрольної процедури зовнішньої поверхні деталі.

Практичне значення проекту полягає в використанні вітчизняного металорізального обладнання, що дозволяє забезпечити мінімальну технологічну собівартість виготовлення деталей з зубчастими поверхнями, а також в застосуванні комп'ютерних технологій для автоматизації технологічного проектування.

ВИМІРЮВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, МАШИНОБУДІВНІ МАТЕРІАЛИ, ЗАГОТОВКА, ОБРОБКА, ПРИПУСК, ОПЕРАЦІЯ, ВЕРСТАТ, ПРИСТРІЙ, РІЗУЧИЙ ІНСТРУМЕНТ, САПР.

## Зміст

1 Аналітичний розділ .....	5
1.1 Вступ.... ..	5
1.2 Характеристика об'єкта виробництва .....	6
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі. ....	7
2 Технологічний розділ .....	12
2.1 Встановлення виробничої програми випуску деталей .....	12
2.2 Вибір способу отримання заготовки .....	13
2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі. ....	16
2.4 Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів механічної обробки	19
2.5 Детальна розробка операцій механічної обробки. ....	23
3 Спеціальний розділ.....	34
3.1 Проектування верстатного пристрою .....	34
3.2 Проектування дискової фрези .....	40
3.3 Проектування контрольного пристосування .....	42
4 Науково-дослідницький розділ .....	45
Висновки .....	56
Список літератури .....	57
Додаток А Відомість матеріалів .....	59
Додаток Б Відгук керівника .....	60
Додаток В .....	61

# 1 Аналітичний розділ

## 1.1 Вступ

При проектуванні технологічних процесів механічної обробки в сучасних умовах на перше місце виступають питання оптимізації багато, часто суперечливих чинників. Об'єм виробництва виробів повинен строго відповідати потребам ринку. Робота «на склад» руйнівна, тому структура технологічного процесу в цілому і кожній операції окремо, а також організація виробництва, повинні забезпечувати оптимальну продуктивність і високу гнучкість виробництва.

Виходячи з цього, при проектуванні нових цехів необхідно забезпечити оптимальне співвідношення наявних універсальних верстатів напівавтоматів і верстатів ЧПУ, оснащуваних переналагоджуваним оснащенням. Економічно обгрунтоване завантаження устаткування повинне забезпечуватися відповідною організацією виробничого процесу в цеху, заснованою на прогнозуванні і оперативному управлінні з використанням обчислювальної техніки, що дозволяє скоротити час на технологічну підготовку і простої верстатів в наладці.

В даний час зберігається тенденція, коли в ціні виробу значну частину складає вартість матеріалу і енергії. Проте, зниження частки механічної обробки, дозволяє відчутно понизити технологічну собівартість виробів, якщо використовувати заготовки з високим ступенем готовності і устаткування з широкими технологічними можливостями.

Значний ефект можливий від використання сучасного універсального інструменту і інструментальних матеріалів, що забезпечують високу швидкість різання і стійкість, що скорочує машинний час на обробку і час простою верстата в налагодженні.

Такий підхід до проблеми технологічного проектування лежить в основі даного дипломного проекту. Використана мінімальна кількість вітчизняного металоріжучого устаткування і організаційна структура, що дозволяє організувати виробництво типових деталей дрібними партіями з високою продуктивністю і ступенем універсальності. Доведена економічна доцільність застосування заготовок високого ступеня готовності, що дозволило вивести заготовче виробництво за межі виробничого процесу. Компактне технологічне планування, дозволяє на виробничій площі організувати багатомоделне серійне виробництво.

## 1.2 Технологічний контроль робочого креслення і технічних вимог

Для розробки оптимального технологічного процесу виготовлення деталі, забезпечення раціональної концентрації технологічних операцій із застосуванням економічно обґрунтованих і технологічно необхідних методів обробки, необхідно проаналізувати призначення робочих поверхонь деталі, використовувані матеріали і технічні вимоги до них з погляду умов збірки і експлуатації.

Коробка передач призначена для зміни передавальних чисел трансмісії - здобуття різних швидкостей, а також зміни безпосередньо руху трактора. Крім того, коробка передач забезпечує можливість роботи дизеля при нерухомому тракторі і включеній муфті зчеплення.

Дані деталі є елементами - механічної, п'яти ступінчастої, безпрямой передачі, з трьома пересувними каретками і знижуючим редуктором, який подвоює число передач.

У передньому відсіку загального корпусу коробки передач і заднього моста встановлені первинний, вторинний і проміжний вали, а також вал редуктора.

Головна передача призначена для перетворення моменту, який крутить, і зміни безпосередньо обертання. Вона є парою конічних шестерень з круговими зубами. Провідна шестерня виконана як одне ціле з вторинним валом коробки передач. Деталь працює при ударних навантаженнях, тому необхідна висока поверхнева твердість. Головна передача встановлена в передній частині заднього відсіку корпусу коробки передач і заднього моста. Під час руху трактора, обертання провідної шестерні вторинного валу коробки передач передається веденій шестерні.

Вторинний вал виготовлений як одне ціле з провідною шестернею головної передачі. Ззаду вторинний вал спирається на роликотідшипник, встановлений в стакані. Стакан розміщений в розточуванні корпусу і зафіксований в нім настановним гвинтом з контргайкою.

На вторинному валу на його шліцах встановлено три пересувні каретки - шестерні, за допомогою яких включається та або інша передача.

Дані деталі є елементами диференціала, що сполучаються, в кінематичному ланцюзі приводу задніх коліс трактора ЮМЗ-6:КЛ. Диференціал забезпечує оптимальне співвідношення частоти обертання задніх коліс трактора при поворотах, а також розподіл моменту, що крутить, на піввісь залежно від стану і опору ґрунту. Умови роботи механізму характеризуються значними навантаженнями в зуб-

## 2 Технологічний розділ

### 2.1 Встановлення виробничої програми випуску деталей

Виробнича програма випуску деталей встановлюється залежно від річної потреби виробів і організаційно-технічних умов збірки. На початковому етапі проектування технологічних процесів виготовлення деталей, що входять у вироб, річна виробнича програма випуску визначається по формулі:

$$N = N_{\text{и}} \cdot q \cdot \left(1 + \frac{h}{100}\right), \text{ (шт/рік)} \quad (2.1)$$

де  $N_{\text{и}}$  – річна програма випуску виробів;

$q$  – кількість деталей даного найменування в одному виробі;

$h$  – відсоток деталей, призначених на запасні частини.

Річна потреба в даних деталях, які є елементами в коробці передач трактора ЮМЗ-6КМ становить 2000 штук. У коробці передач використовується один вторинний вал. Враховуючи умови роботи деталі, приймається  $q=2\%$ . Підставивши ці дані у формулу (2.1), отримаємо значення річної виробничої програми:

$$N_{\text{вал}} = 2000 \cdot 1 \cdot 1,02 = 2040 \text{ приймаємо } 2040 \text{ шт.}$$

Загальноприйнятим комплексним критерієм при розробці і аналізі технологічного процесу є така класифікаційна категорія, як тип виробництва. Попереднє визначення типу виробництва ґрунтується на взаємозв'язку між річною програмою випуску деталі і її масою. Виходячи з прийнятої річної виробничої програми випуску деталей і їх маси (2,95 і 6,8 кг) приймаємо середньосерійний тип виробництва. Одним з показників, що характеризують серійне виробництво, є величина партії деталей, що одночасно запускаються у виробництво.

Розмір партії деталей визначається за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi} = \frac{2040 \cdot 10}{250} = 81,6 \text{ шт.} \quad (2.2)$$

де  $N$  – річна програма випуску виробів у штуках;

$a$  – число днів, на які необхідно мати запас деталей на складі 10;

$\Phi$  – число робочих днів у році, 250.

Приймаємо партію запуску деталей в виробництво  $n = 85$  штук, що забезпечує 24 запуски на рік.

## 2.2 Вибір способу отримання заготовки

Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати призначення і конструкцію деталі, технічні вимоги, масштаб і серійність випуску, а також економічність виготовлення. Вибрати заготовку – означає встановити спосіб її отримання, призначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати вимоги до точності виготовлення. При виборі заготовки для знов проєктованого технологічного процесу розглянемо два способи отримання заготовки, які не викликають істотних змін в побудові і змісті процесу механічної обробки. В цьому випадку перевага віддається заготовці, що характеризується кращим використанням металу і меншою вартістю з урахуванням приведених витрат на одиницю продукції по статтях витрат, що відрізняються.

Умови роботи механізму характеризуються значними навантаженнями в зубчатому зачепленні при великому діапазоні зміни швидкостей обертання, і частим реверсуванням. Оскільки деталь розміщена в закритому корпусі з інтенсивним мастилом при температурі 60-80 С, то суттєвих акцентів на вибір способу отримання заготовки робити не варто. Розглянемо найбільш поширені в серійному виробництві види заготовок: прокат і штампування. Розміри заготовок із сортового прокату визначаються з урахуванням припуску на обробку ступені найбільшого діаметра і припуску на підрізання торців.

Приймаємо в якості заготовки прокат сталевий гарячекатаний круглий ГОСТ 2590-88 діаметром 115 мм. Вартість заготовки з прокату оцінюється витратами на матеріал, визначають за масою заготовки, що використовується на виготовлення деталі, і масі реалізованої стружки. Вартість однієї тони матеріалу заготовки відповідного виду за преїскурантом 10790 грн., вартість однієї тони відходів відповідного виду за преїскурантом 2000 грн. Технологічна собівартість операцій правки і різання прутків на штучні заготовки не враховується у вартості заготовки, так як перераховані витрати входять у собівартість технологічних операцій. Загальна вартість заготовки, що приймається для порівняльного аналізу, складає 258,87 грн. Альтернативним варіантом заготовки для виготовлення деталі «Вал вторинний» є штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах. Конфігурація заготовки наведена на рисунку. 2.1.



Таблиця 2.2

Розмір поверхні, мм	Параметр шорсткості Ra, мкм	Основний припуск на сторону, мм	Додатковий припуск, мм	Загальний припуск на сторону, мм		Розмір заготовки, мм	Позначення на рис.2.2
Зовнішні циліндричні поверхні							
40k6	0,8	2,5	0,8	3,3	z <sub>1</sub>	46,6 <sup>+2,1</sup> <sub>-1,1</sub>	d <sub>1</sub>
54h14	12,5	1,9		2,7	z <sub>2</sub>	59,4 <sup>+2,1</sup> <sub>-1,1</sub>	d <sub>2</sub>
60n6	0,8	2,5		3,3	z <sub>3</sub>	66,6 <sup>+2,4</sup> <sub>-1,2</sub>	d <sub>3</sub>
70h14	12,5	1,9		2,7	z <sub>4</sub>	75,4 <sup>+2,4</sup> <sub>-1,2</sub>	d <sub>4</sub>
103,54h14	12,5	2,0		2,8	z <sub>5</sub>	109,1 <sup>+2,7</sup> <sub>-1,3</sub>	d <sub>5</sub>
Торцеві поверхні							
400 <sub>-1,55</sub>	12,5	2,6	0,8	3,4	z <sub>6</sub>	406,8 <sup>+3,3</sup> <sub>-1,7</sub>	L
92	12,5	1,9		2,7	z <sub>7</sub>	98,1 <sup>+2,4</sup> <sub>-1,2</sub>	l <sub>1</sub>
48h14	0,8	2,5		3,3	z <sub>8</sub>	54,7 <sup>+2,1</sup> <sub>-1,1</sub>	l <sub>2</sub>
35	12,5	1,7		-	-	38,4 <sup>+1,8</sup> <sub>-1,0</sub>	l <sub>3</sub>
26	3,2	2,0		2,8	z <sub>9</sub>	26,6 <sup>+1,8</sup> <sub>-1,0</sub>	l <sub>4</sub>

Маса заготовки визначається з урахуванням номінальних виконавчих розмірів заготовки і штампувальних ухилів для зовнішніх поверхонь, рівних 5°, у відповідності з рис. 2.1.

$$Q = \rho \cdot \sum_{i=1}^n V_i = 7,85 \cdot 10^3 \cdot (45,3 + 786,6 + 170,6 + 35,7 + 49,0 + 281,8) \cdot 10^{-6} = 10,75 \text{ (кг)}$$

Узагальнені дані, наведені в таблиці 2.3, дозволяють зробити висновок, що для проєктованого технологічного процесу виготовлення валу - заготовка, вироблена штампуванням економічно вигідна, ніж заготовка з прокату, а коефіцієнт використання матеріалу на 42 % краще.

Таблиця 2.3

Показник	Метод отримання заготовки	
	Прокат	Штамповка
Маса заготовки, m <sub>з</sub> , кг	32,6	10,75
Коефіцієнт використання матеріалу, K <sub>вм</sub>	0,21	0,63

### 3 Конструкторський

#### 3.1 Проектування верстатного пристрою

Виконаємо обґрунтування конструкції й проектно-технологічні розрахунки, необхідні для розробки складального креслення пристрою на фрезерну операцію при виготовленні деталі «Вал вторинний». Ця операція виконується на горизонтально-фрезерному верстаті 6Р81, що має розміри стола 250x1000 мм і найбільшу відстань від осі шпинделя до поверхні стола 370 мм, а найменша відстань від задньої крайки стола до вертикальних напрямних станини 55 мм

Зміст операції полягає у фрезеруванні двох протилежних радіусних пазів шириною 8 мм. Приймається типова схема базування заготовки, з використанням двох настановних призм. На рисунку 3.1 наведена прийнята схема базування заготовки й схема прикладення основних складових сил різання при фрезеруванні дисковою фрезою.

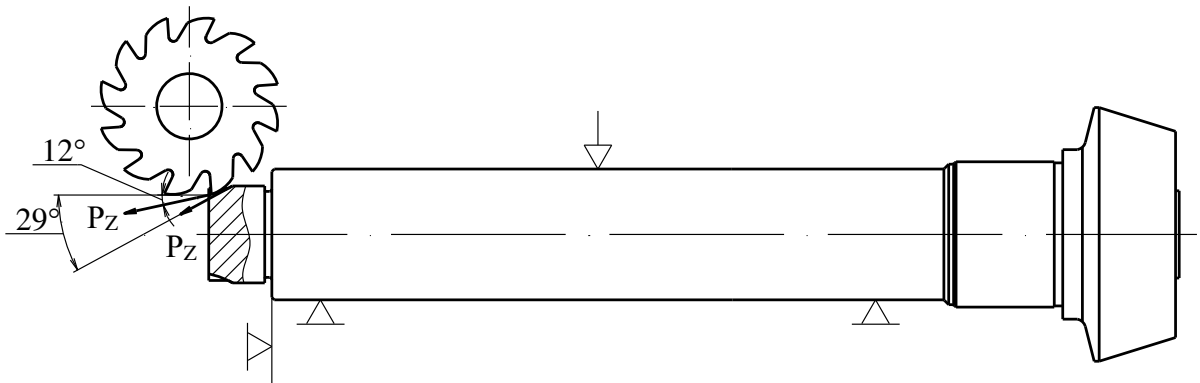


Рис. 3.1 – Схема базування заготовки

Аналіз даної схеми показує, що на точність положення оброблюваних поверхонь впливають коливання розмірів настановних баз, оскільки положення глибини паза задано від осі заготовки розміром 16<sub>-0,43</sub> мм. Тобто, є похибка базування, оскільки технологічні бази не збігаються з вимірювальними. Базування на призму гарантує суміщення осі призми з віссю настановної бази, тому п базування по цьому розмірі відсутній.

Оцінити ступінь впливу похибки базування на точність розміру 16<sub>-0,43</sub> мм можна на підставі рисунка 3.2, використовуючи формулу:

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot TD \frac{1}{\sin \alpha} = 0,5 \cdot 0,2 \frac{1}{0,707} = 0,14 \text{ мм} \quad (3.1)$$

где TD – поле допуска установочной базы, мм;

$\alpha$  - половина угла призмы, град.

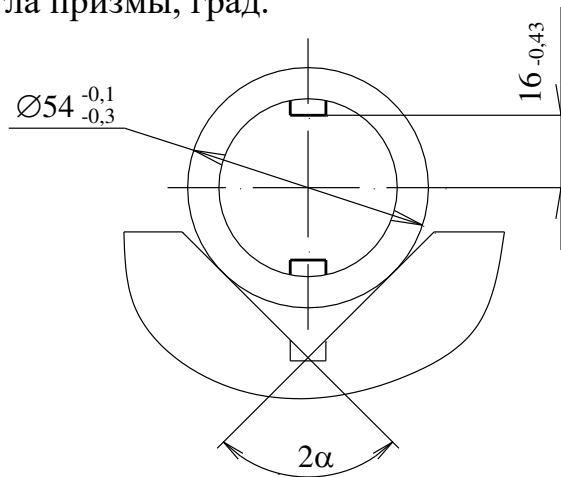


Рис. 3.2 – Схема розрахунку похибки базування

Відповідно до правила, обробка з необхідною точністю можлива, якщо похибка базування не перевищує половини допуску на контрольований розмір. У цьому випадку умова виконується, оскільки:

$$0,14 < 0,5 \cdot 0,43$$

Крім того, на сумарну похибку обробки в проектованому пристрої буде впливати точність виготовлення елементів пристрою і його налагодження. При оцінці цих похибок використовується формула:

$$\varepsilon = \varepsilon_n + \varepsilon_i, \quad (3.2)$$

де  $\varepsilon_n$  – похибка настроювання призми;

$\varepsilon_i$  – похибка зношування настановного елемента.

Похибка настроювання оцінюється по формулі:

$$\varepsilon_n = k_n \cdot \varepsilon_{\text{вим}} = 1 \cdot 200 = 200 \text{ (мкм)},$$

де  $\varepsilon_{\text{вим}}$  – припустима похибка виміру лінійного розміру 14 квалітету;

$k_n$  – коефіцієнт, що враховує відхилення параметра від закону нормального розподілу.

Похибка зношування робочої поверхні упору визначаємо по формулі:

$$\varepsilon_n = \beta \sqrt{N} = 0,3 \cdot \sqrt{4000} = 19 \text{ (мкм)} \quad (3.3)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт, що характеризує вид опори (для плоскої опори 0,3);

$N$  - кількість контактів настановних елементів з деталлю за рік.

Підставивши отримані значення у формулу (3.2), визначимо значення сумарної похибки обробки - 0,219 мм. Це значення повинне бути допустимого, котре визначається по формулі:

## 4 Автоматизація розрахунку режимів круглого шліфування

### 4.1 Методика розрахунку режимів різання

Схему алгоритму для автоматизованого розрахунку режимів різання для круглого шліфування розробляємо на базі прикладу, наведеного на сторінках 388 - 391 і методики розрахунку на с.342-348 довідника «Прогресивні ріжучі інструменти та режими різання» під загальною редакцією Баранчикова В.І.

Кругле зовнішнє шліфування залежно від довжини оброблюваної циліндричної поверхні деталі здійснюють з поздовжніми подачами напрохід або методом врізання. Шліфування з поздовжніми подачами необхідно застосовувати при обробці поверхні значної довжини і використовувати при цьому кола з більшою шириною і діаметром. Урізне шліфування застосовують при достатній жорсткості деталі і невеликій довжині оброблюваної поверхні, при цьому необхідно обирати кола шириною, що не перевищує довжину оброблюваної поверхні. Шліфування отворів здійснюється з поздовжніми і круговими подачами. При шліфуванні отворів з поздовжніми подачами коло не має виходити з отвору в обидві сторони більше, ніж на половину його товщини, так як в протилежному випадку діаметр отвору по кінцях збільшиться.

За обраному діаметру кола і паспортним даним верстата визначають швидкість обертання кола, використовуючи формулу:

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} \text{ (м/с)}, \quad (1)$$

де  $D_k$  - зовнішній діаметр шліфувального круга, мм;

$n_k$  - частота обертання шпинделя шліфувальної бабки, хв-1.

Припуск на обробку при шліфуванні циліндричних поверхонь призначається по таблиці 159, 160 с. 342, 343 для зовнішнього шліфування і таблицями 166, 167 с. 349 для внутрішнього шліфування, в залежності від виду обробки і геометричних параметрів оброблюваної поверхні.

Послідовність розрахунку режиму різання:

1. Здається характеристика шліфувального круга (марка абразивного матеріалу, зернистість, твердість, зв'язка), в залежності від групи оброблюваного матеріалу і його механічної характеристики, необхідного параметра шорстк-ватості і виду обробки. Для цього керуються даними таблиці, наведеними в таблиці 158 на с. 340.

2. Призначається швидкість деталі ( $V$ ) за таблицями 161 (с. 343). Даний параметр залежить від групи матеріалу і діаметра заготовки. Визначається чистота обертання деталі для забезпечення заданої швидкості:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_d}, \quad (2)$$

де  $V$  – рекомендована швидкість деталі;

$D_d$  - діаметр оброблюваної поверхні, мм.

3. Визначається табличне значення радіальної подачі в залежності від способу шліфуван:

- при шліфуванні циліндричних поверхонь «напроход» використовують дані таблиці 162, причому поздовжня подача на оборот призначається залежно від ширини круга і не може бути більше  $2/3$  його ширини;

- при врізному шліфуванні радіальна подача призначається по таблиці 163, в залежності від ширини круга, діаметра шліфування і прийнятої окружної швидкості заготовки; 4. Табличне значення подачі уточнюється з використанням поправочних коефіцієнтів з таблиці 165 (с. 348) по формулам:

$$S_r = S_{r0} \cdot K_{S1}; \quad K_{S1} = K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{V_k} \cdot K_T \cdot K_{I_r} \cdot K_h, \quad (3)$$

де  $S_{r0}$  - матричне значення радіальної подачі;

$K_M$  - коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу;

$K_R$  - коефіцієнт, що враховує радіус галтелі;

$K_D$  - коефіцієнт, що враховує діаметр шліфувального круга;

$K_{V_k}$  - коефіцієнт, що враховує швидкість кола;

$K_T$  - коефіцієнт, що враховує стійкість кола;

$K_{I_r}$  - коефіцієнт, що враховує точність обробки;

$K_h$  - коефіцієнт, що враховує припуск на обробку.

5. Розрахункове значення подачі уточнюється за паспортом верстата. При цьому, при шліфуванні «напроход» подача задається дискретною величиною, а для врізного шліфування є безперервною величиною. Тому на основі дійсного значення частоти обертання виробу і розрахункової подачі визначається хвилинна подача, яка і узгоджується з паспортними даними верстата. На основі приведенної послідовальності расчета режимов резания составлена схема автоматизованого розрахунку, яка відображає взаємозв'язки вихідних даних і зазначених розрахункових процедур і представлена на малюнку ..

32

1

НТУ «ДП»

02070743.  
01140.00709

Вал вторинний

«Затверджую»

Головний інженер

( )

« » \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС**

МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

**Вал вторинний**

УЗГОДЖЕНО:

Метрол. контроль \_\_\_\_\_ ( )

Вед. технолог \_\_\_\_\_ ( )

Н. контроль \_\_\_\_\_ ( )

Акт № \_\_\_\_ від «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 р.

Розпис \_\_\_\_\_

Гл. спеціаліст \_\_\_\_\_ ( )

Нач. техбюро \_\_\_\_\_ ( )

Розробник \_\_\_\_\_ (Кирилаш)

02070743.01140.00709	3	1
----------------------	---	---

Разраб	Кирилаш				НТУ «ДП»				02070743.10140.00041								
Норм																	
Вал вторичний																	
M01	Сталь 30ХГТ ГОСТ 4543-71																
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры			КД	МЗ					
	-	кг	6,8	1	2,15	0,76	Штамповка	Ø103,54 x 400			1	8,95					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции				Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.
А 01	20	2	20	05	4269, Програмна				02070743.60146.00001; ИОТ 1-5								
Б 02	041231, ВСМ-206ВМ-13СNC2						-	18632	3	-	1	1	1	100	1	20	3,87
03																	
А 04	20	1	5	10	4233, Токарна с ЧПК				02070743.60140.00002; ИОТ 1-5								
Б 05	041170, NEF400						-	15292	4	-	1	1	1	100	1	21	5,2
06																	
А 07	20	1	18	15	4233, Токарна с ЧПК				02070743.60140.00003; ИОТ 1-5								
Б 08	041170, NEF400						-	15292	5	-	1	1	1	100	1	18	0,45
09																	
А 10	20	2	31	20	4271, Фрезерувальна				02070743.60140.00004; ТТИ102.25240.00099; ТБ-ХХ								
Б 11	041600, 6P81						-	18632	3	-	1	1	1	100	1	17	0,6
12																	
А 13	20	4	92	25	4141, Шліцефрезерувальна				02070743.60140.00005; ТТИ102.25240.00105; ИОТ 5-9								
Б 14	041530, 5350						-	12290	5	-	1	1	1	100	1	34	27,7

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------	------	------	----------	---------	------

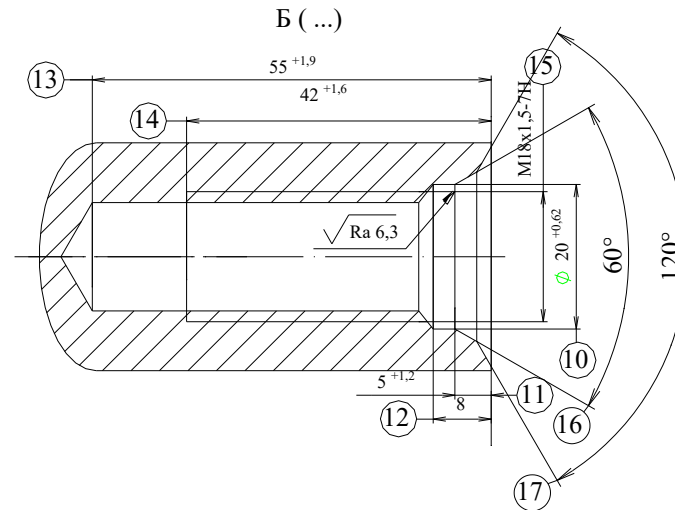
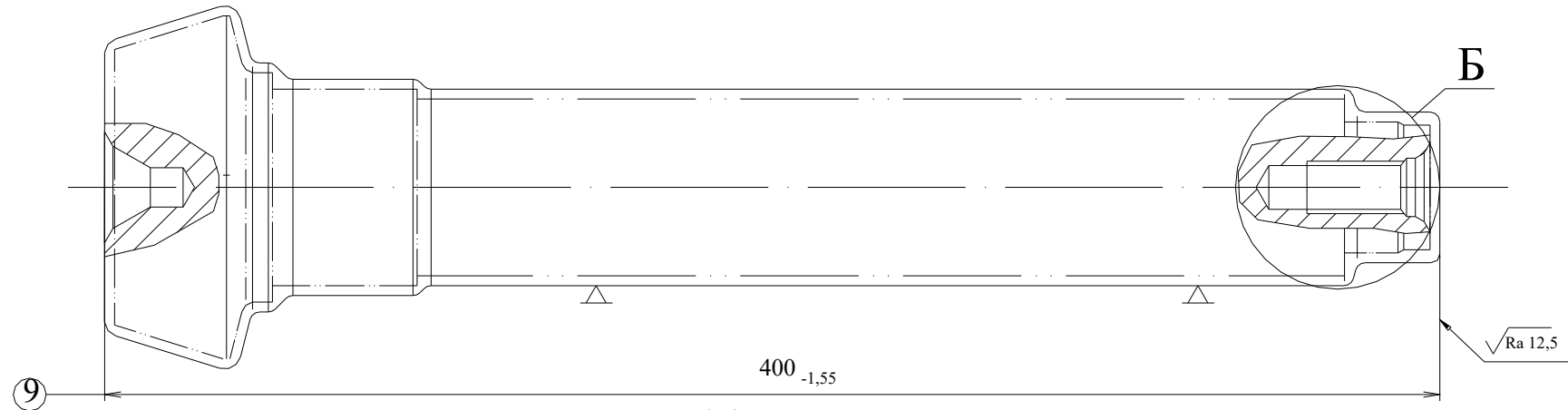
02070743.60140.0410

2

02070743.  
20140. 04102

05

Позиція 2





## Список літератури

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсове проектування по технології машинобудування. - Мінськ .: Вишэйшая школа, 1983.
2. Горошкин А.К. Пристосування для металорізальних верстатів: Довідник. - 7-е вид. перераб. і доп. - М .: Машинобудування, 1979, 303 с.
3. ГОСТ 7505-89 Поковки сталеві штамповані «Допуски раз-мерів і припуски на механічну обробку».
4. ГОСТ 8560-78 Сталь шестигранна калибрована «Сортамент»
5. Єгоров М.Є. Основи проектування машинобудівних завод.- М .: Вища школа, 1969.
6. Кашук В.А., Верещагін А.Б. Довідник шлифовщика. - М .: Машинобудування, 1988, 480 с.
7. Кодування технологічної інформації: Довідковий посібник / Упоряд. С.Г.Піньковській, В.Г.Олейніченко - Дніпропетровськ: НГУ, 2003.-24с.
8. Комплектність і правила заповнення бланків технологічних до-тів: Методичний посібник для самостійної роботи / Упоряд. С.Г.Піньковській, В.І.Холоша, Ю.Г.Кравченко - Дніпропетровськ: НГУ, 2004.-34с.
9. Кузнєцов В.І., Маслов А.Р., Байков О.М. Оснащення для верстатів з ЧПУ Довідник. - М .: Машинобудування, 1983, 359 с.
10. Марочник сталей і сплавів / Под ред. В.Г.Сорокіна - М .: Машинобудування, 1989 -638с.
11. Металообробний твердосплавний інструмент: Довідник / В.С.Самойлов, Е.Ф.Ейхманс, В.А.Фальковській і ін. - М .: Машинобудування, 368 с.
12. Металорізальні інструменти / Г.Н.Сахаров, О.Б.Арбузов, Ю.Л.Боровой і ін., - М.: Машинобудування, 1989, 326 с.
13. Обробка металів різанням. Довідник технолога / Под ред. А.А.Панова. - М .: Машинобудування, 1988, 736 с.
14. Устаткування й нормативи часу котельноного, на обслуговування робочого місця і підготовчо-заклюве для технічного нормування верстатних работ.- М .: Машинобудування. 1974.
15. Устаткування й нормативи часу і режими на роботи, що виконуються на металорізальних верстатах з ПУ.- М: НІПТруда. 1986.
16. Прогресивні ріжучі інструменти та режими різання металів. Довідник / За ред. В.І.Баранчікова. - М .: Машинобудування, 1990, 399 с.
17. Руденко П.А., Харламов Ю.О. Проектування і виробництво заготовок в машинобудуванні. Київ .: Вища школа, 1991
18. Савицька Г.В. Аналіз господарської діяльності підприємства вид. друге. - Мінськ Москва.: ІП «Екоперспектіва», 1998..
19. Семенченко І.І., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. Проектування металорізальних інструментів / Под ред. І.І.Семенченко - М.: Машгиз, 1962, 952 с.
20. Довідник нормувальника / А.В.Ахумов, Б.М.Генкін, Н.Ю.Іванов і ін .; За заг. ред. А.В.Ахумова. - Л .: Машинобудування, 1986, 458 с.
21. Довідник технолога-машинобудівника 4-е изд. / Под ред. А.Г.Косілової і Р.К.Мещерякова. - М .: Машинобудування, 1985. Т.1.

22. Довідник технолога-машинобудівника 4-е изд. / Под ред. А.Г.Косілової і Р.К.Мещерякова. М.: - Машинобудування, 1985. Т.2.
23. Довідкове посібник за призначенням операційних припусків на механічну обробку табличних методом / Упоряд .: С.Г. Пінковський, Ю.Г.Кравченко, В.Г.Олейніченко - Дніпропетровськ: МДАУ, 2002.-15с.
24. Стандартне правило ВИЩОГО навчального закладу. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи спеціаліста - дипломного проекту - Дніпропет-ровськ, 2000..
25. Технологія машинобудування (спеціальна частина): Підручник для машинобудівних спеціальностей вузів / А.А.Гусев, Е.Р.Ковальчук, І.М.Колесов и др М .: Машинобудування, 1986, 480 с.
26. Шарин Ю.С. Технологічне забезпечення верстатів з ЧПУ. - М .: Машинобудування, 1986, 178 с.

## 4 Науково-дослідницький розділ

### ІМІТАЦІЙНО-СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ ВИМІРЮВАЛЬНО-КОНТРОЛЬНИХ ПРОЦЕДУР СТОСОВНО ЗОВНІШНІХ РОЗМІРІВ ДЕТАЛІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ NI LABVIEW

4.1 Розробка програмного коду моделювання вимірювально-контрольних процедур

Геометричне програмування основного рівняння метрології.

Основне рівняння метрології пов'язує результат вимірювання з істинним значенням та похибкою вимірювання:

$$d_{pv} = d_{tr} + \Delta \quad (4.1)$$

де  $d_{pv}$  – результат вимірювання;

$d_{tr}$  – істинне значення;

$\Delta$  – похибка вимірювання.

Якщо об'єктом вимірювання є відхилення геометричного параметра від номінального значення, то замість позначення  $d$  будемо використовувати позначення  $e$ . Тоді рівняння буде мати вигляд

$$e_{pv} = e_{tr} + \Delta \quad (4.2)$$

Для геометричного програмування використаємо програмне забезпечення LabVIEW 7.1 (Рис. 4.1)



Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд бренда програмного забезпечення LabVIEW 7.1

У програмі LabVIEW 7.1 значення початкових даних та результат розрахунків показані на фронтальній панелі (рис. 4.2)

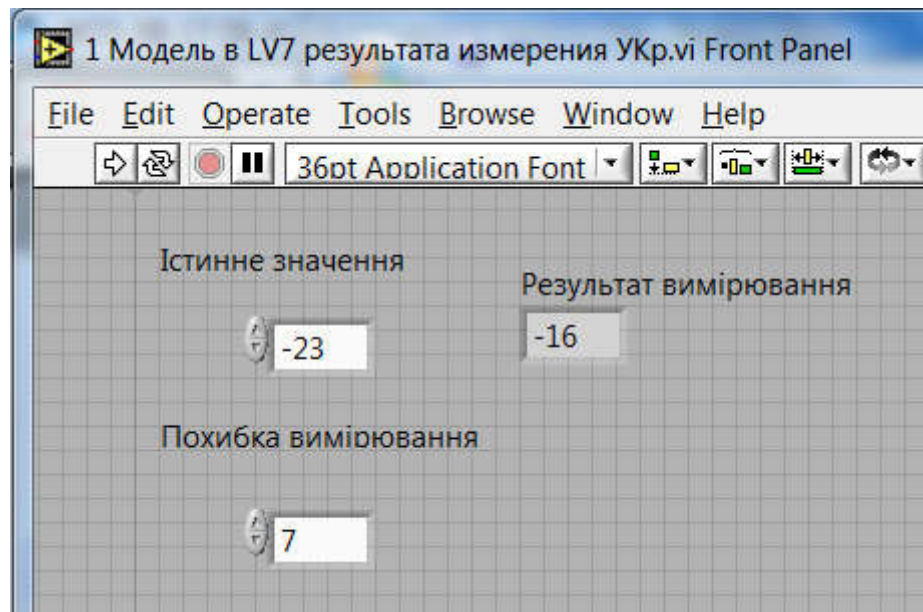


Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд фронтальної панелі у програмі LabVIEW 7.1

Генерація масиву випадкових чисел на основі функції For loop

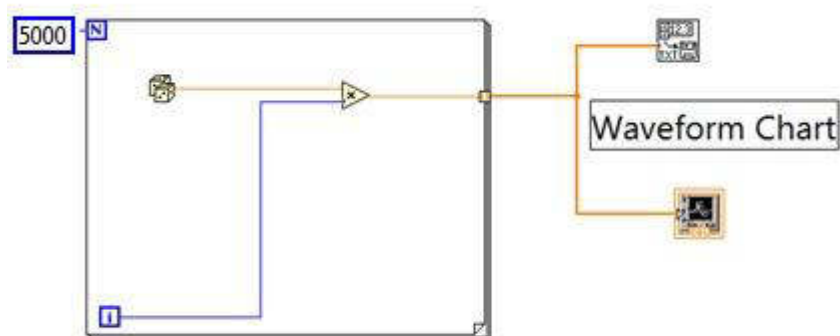


Рисунок 4.3 – Програмний код генерації масиву випадкових чисел при рівномірному розподілі в межах від 0 до 1

Генерація масиву відхилень від номінального розміру при нульовій похибці вимірювання.

Програмування масиву випадкових чисел від 0 до 1, що мають рівномірний закон розподілу виконується в наступній послідовності:

1) Функція *For Loop* заноситься на блок діаграм так, як показано на рис. 4.4:

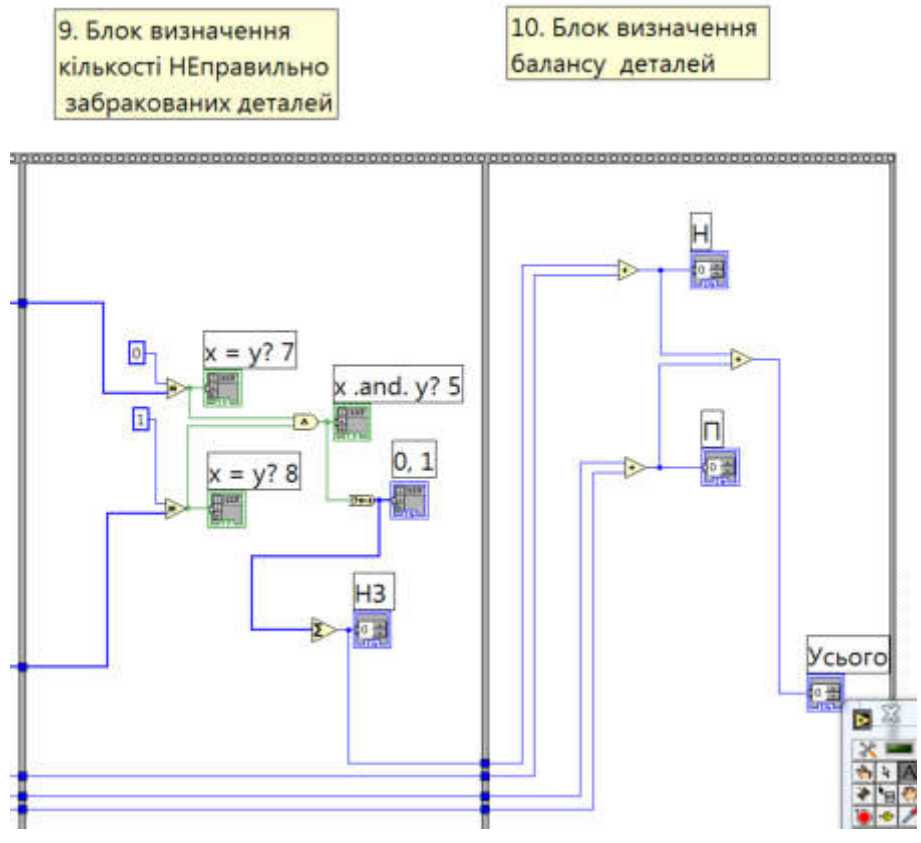


Рисунок 4.22 – долі деталей, що забраковані неправильно (НЗ) та визначення балансу

Наступним кроком буде введення в готовий програмний код таких даних і отримання результатів, як показано на рисунку 4.23.

Верхнє відхилення ES, мкм	35	ПП	844	
Нижнє відхилення EI, мкм	0	НП	28	
Верхнє відхилення вимірювання, мкм	100	ПЗ	119	Усього
Нижнє відхилення вимірювання, мкм	-100	НЗ	4009	5000

Рисунок 4.23 – Введення і отримання даних моделювання

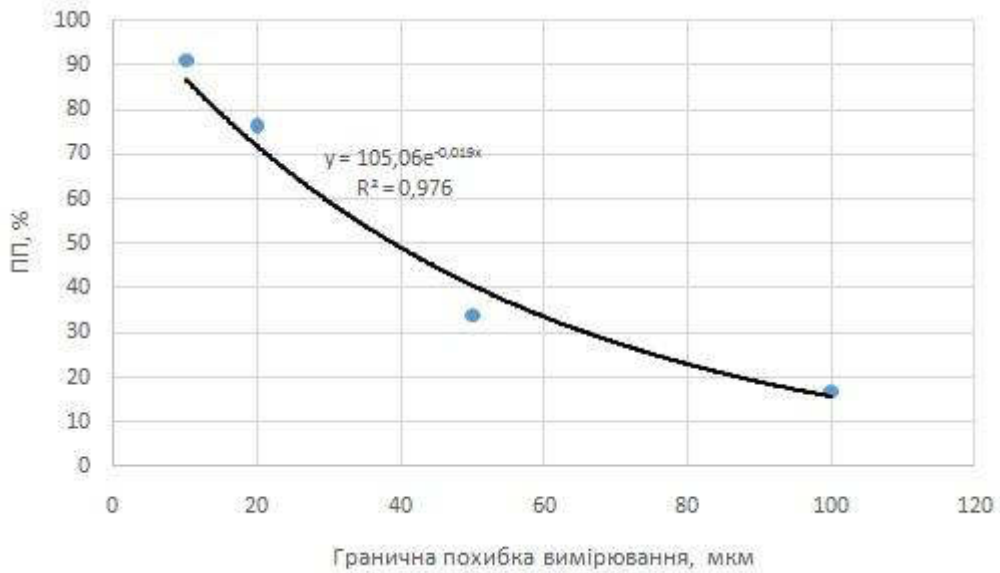


Рисунок 4.24 – Графік ПП

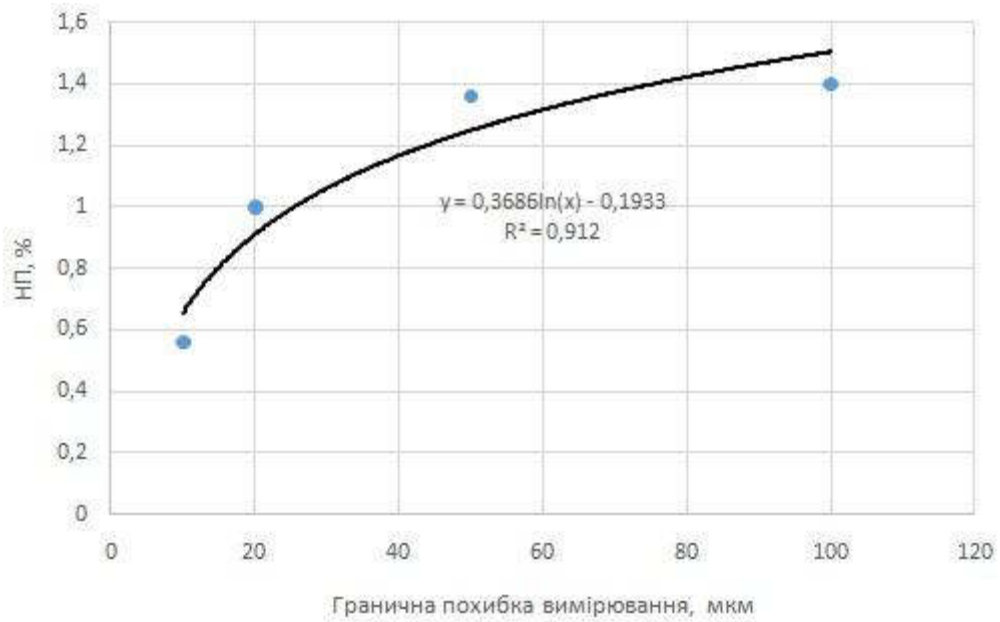


Рисунок 4.25 – Графік НП

## Загальні висновки

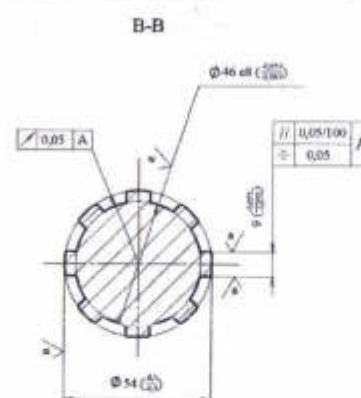
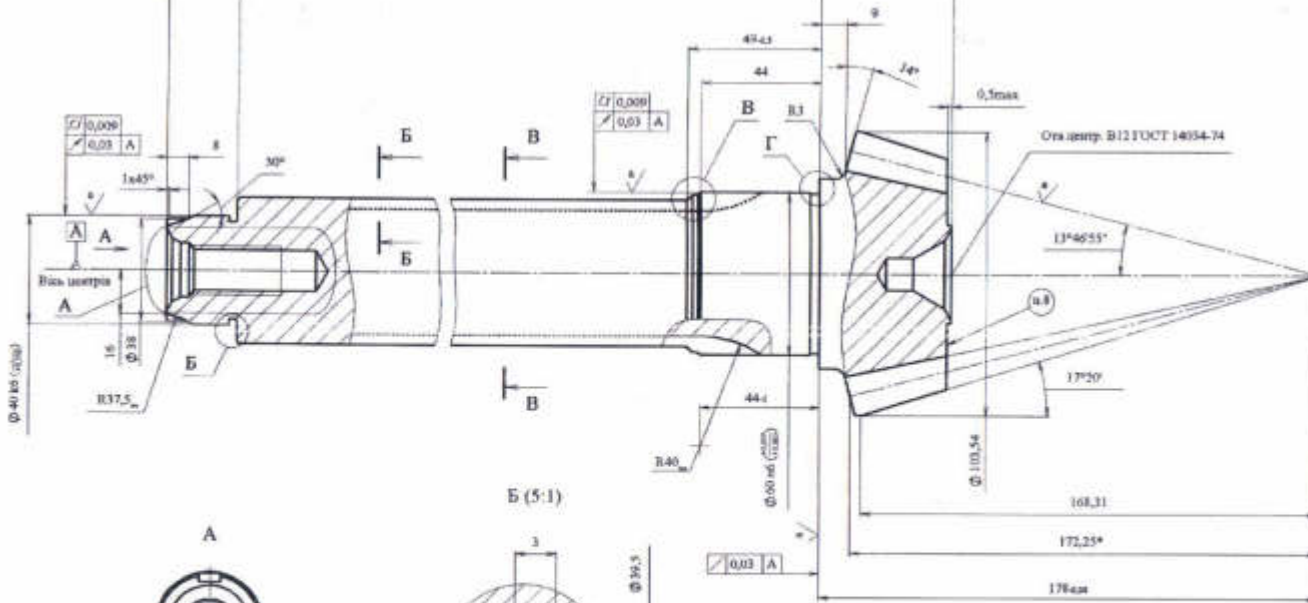
У кваліфікаційній роботі: проведено аналіз технологічності деталі; обґрунтовано вимоги до точності розмірів, форми, взаємного розташування і шорсткості її поверхонь; запроєктована заготівка; розроблені детально технологічні операції; запроєктовано спеціальний верстатний пристрій; здійснено вибір металорізального верстату і універсальних пристроїв. Інноваційність технології забезпечується характеристиками п'яти осьового оброблювального центру *Vcenter AX800*: шпиндель ВВТ-40 зі швидкістю обертання до 15000 об/хв (22 кВт); високий крутний момент 3433 Нм для важких умов роботи. Верстат дозволяє вести обробку корпусної деталі з п'яти сторін без переустановлення, а також застосувати прогресивний різальний інструмент фірми *Garant*.

За допомогою сучасних комп'ютерних програм *PowerMILL* пропонується раціональна автоматизована технологія механічної обробки деталі.

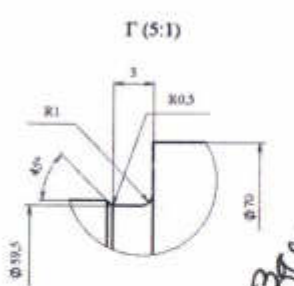
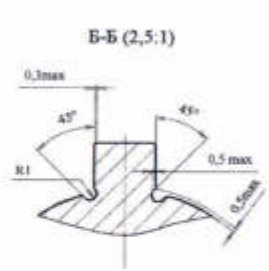
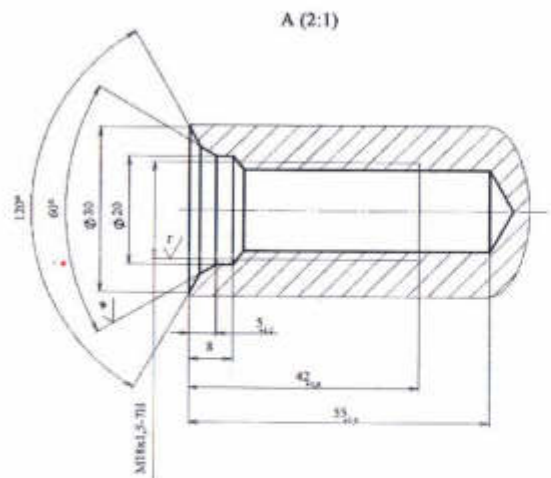
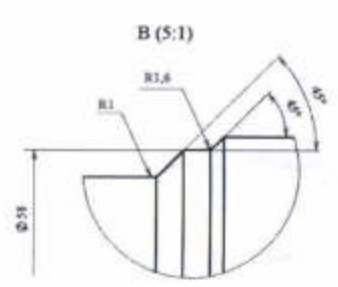
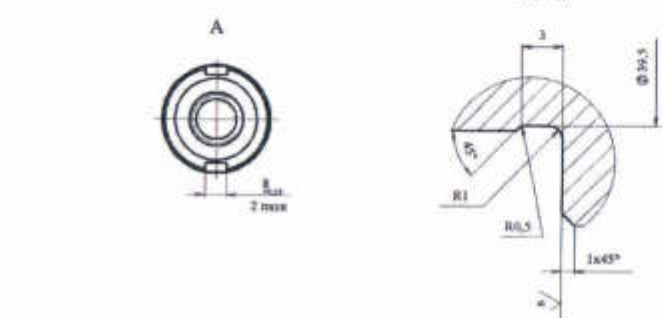
Наукова новизна кваліфікаційної роботи – імітаційно-статистична модель вимірювально-контрольних процедур із застосуванням датчиків типу *ReniShaw*.

Практична цінність – рекомендації щодо застосування інноваційної технології обробки деталі із застосуванням п'яти осьового оброблювального центру *Vcenter AX800*, що забезпечує мінімум затрат штучного часу, високий рівень якості та конкурентноздатності виробництва.

					ТММ.ОППМ.19.03.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Средний нормальный модуль	$m_n$	6,5
Число зубья	$z$	13
Тип зуба		круговой
Средний угол наклона зуба	$\beta$	$0^{\circ}$
Направление зуба		двой
Осьевая форма зуба за ГОСТ 19325-73		-
Входной контур за ГОСТ 16202-70		-
Коэффициент зацепления	$\lambda_a$	0,55
Коэффициент зацепления зуба	$\lambda_b$	0,06
Угол дильного конуса	$\delta$	$13^{\circ}46'55''$
Нормальный диаметр зуберной головки	$d_n$	304,8
Степень точности за ГОСТ 1758-81		- 8-C
Гарантированный боковой зазор в паре	$\lambda_{min}$	0,200
Делитель на увеличение бокового зазора	$\Gamma_{01}$	0,09
Минимальный угол передачи	$\Sigma$	$90^{\circ}$
Теоретическая толщина зуба по номинальному кону	$S_{th}$	12,53
Зависимая высота зуба	$h_a$	14,9
Полюсина парного зубчатого колеса		- 40-340302



- \* Размеры для диаметра  
 \*\* Размер обеспечивается инструментом
1. Цементуйте  $h 0,9 \dots 1,5$  мм; 57...64 HRC с серией зуба 36...47 HRC. Твердость шлица 31 HRC не менее.
  2. Работайте МНН 1,5 вх цементации опорными
  3.  $\sqrt{Ra} = \sqrt{Ra 0.8}$ ;  $\sqrt{Rz} = \sqrt{Rz 1.6}$ ;  $\sqrt{Ry} = \sqrt{Ry 3.2}$ ;  $\sqrt{Rz} = \sqrt{Rz 6.3}$
  4. H14h14; IT1/5/2
  5. Диаметр заготовки одного из шлиц не доминирует 15 мм от края глубины 3 мм по длине для проверки глубины цементации и твердости серией.
  6. После термообработки материал шлифовать за 0,1мм зазором от шлица контакту с шлицом.
  7. Выбейте, при сверлении зуба на фрезе с шарнир колесом, шлицем изготовленным из стали, не менее 7 мм от торца шлицевого модуля.
  8. Маркировка шлицевого детали та шарнир колеса ударным способом за ГОСТ 3281-81

*Закончен*

*[Signature]*

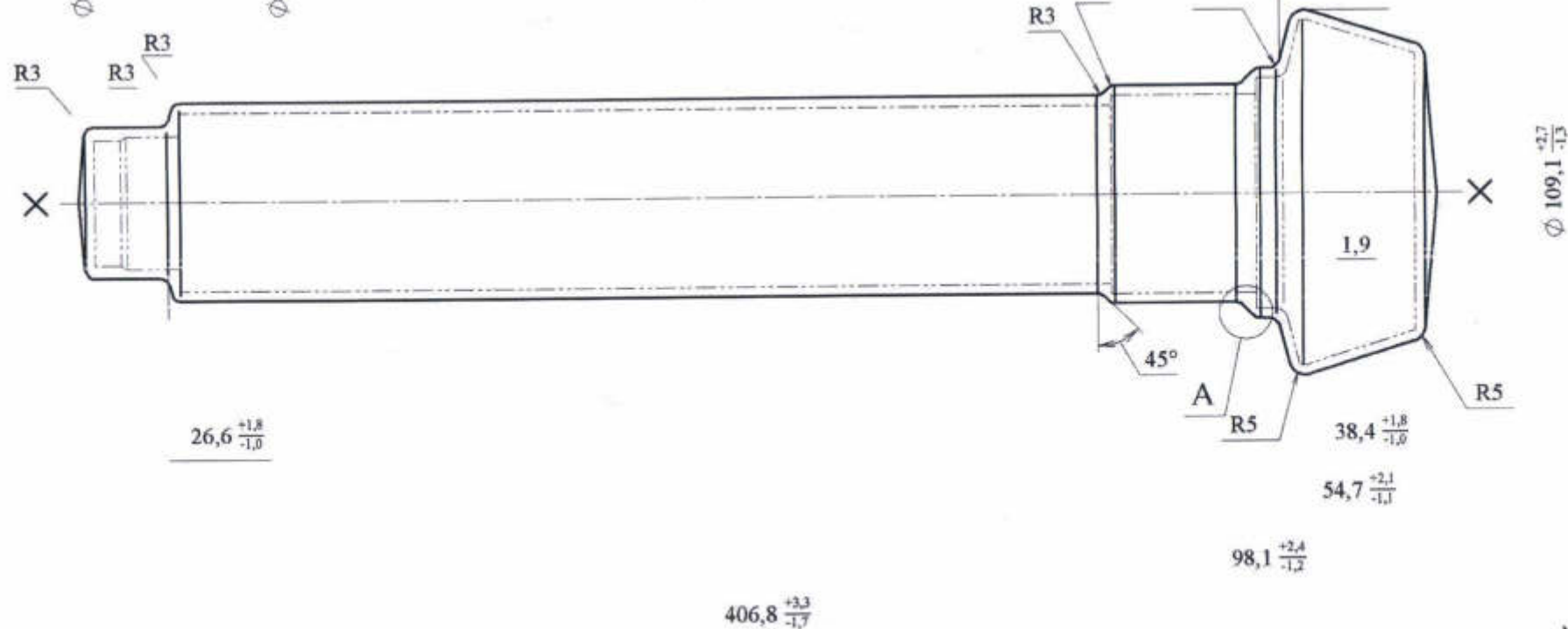
ТМН-151 ОННМ-21 01 01			
№ Делов.	№ Делов.	№ Делов.	№ Делов.
Рисун.	Контурный	Деталь	Монтаж
Проект	Получил		
Т.контр.			
Исполн.	Провер.	Специал.	
Инж.	Инж.	Инж.	

Вал вторичный

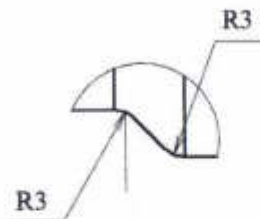
3001 Т ГОСТ 4543-71

ИПУ "ДП"





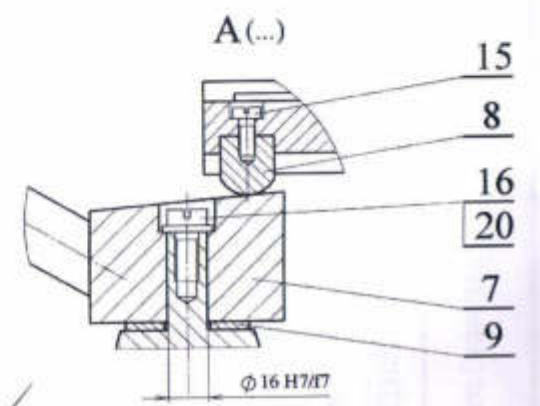
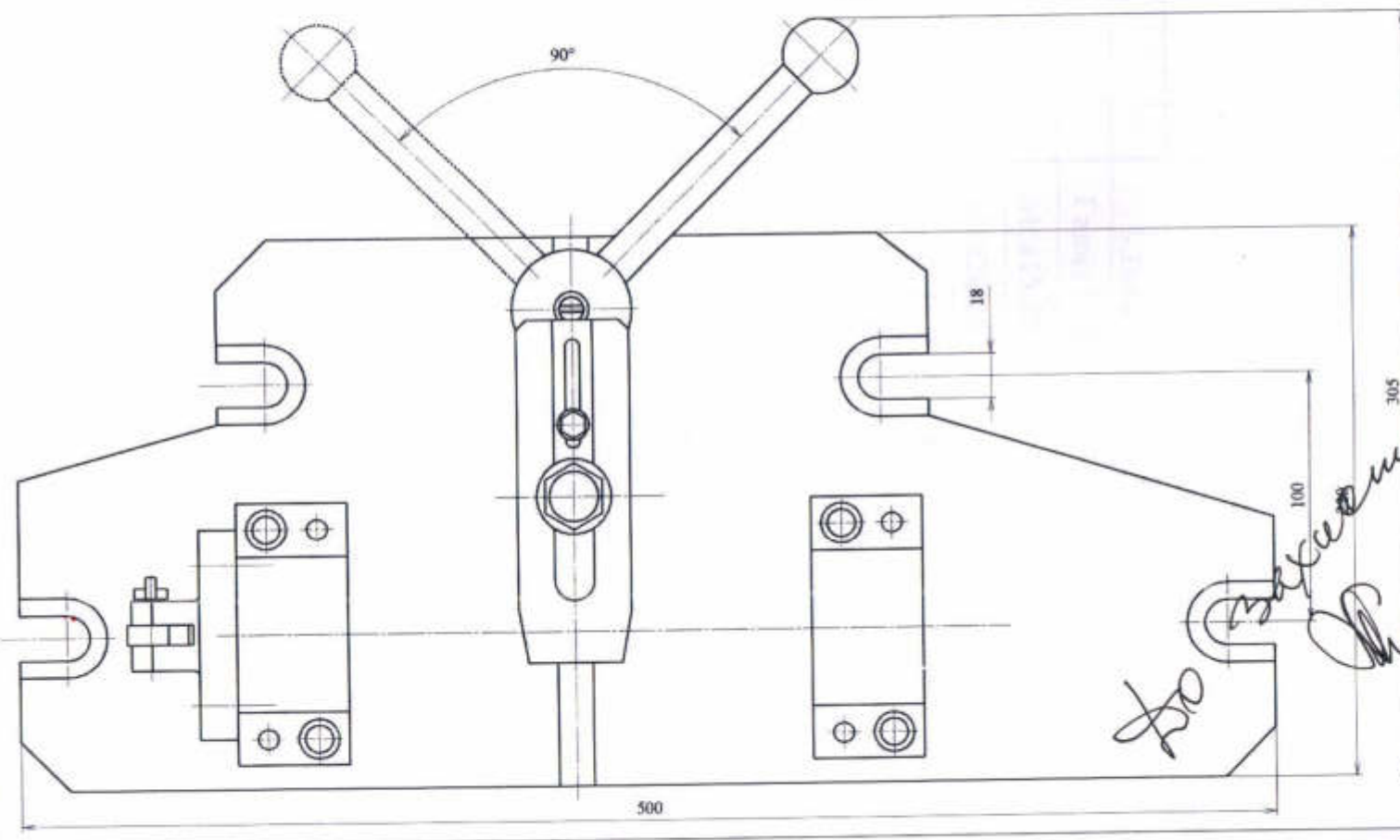
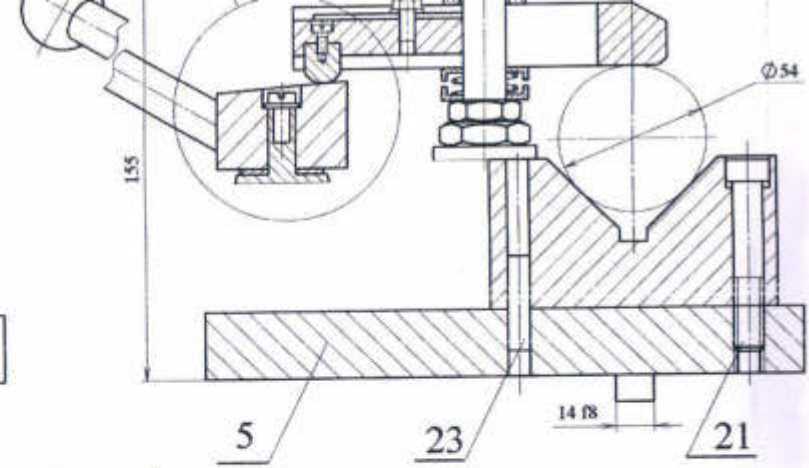
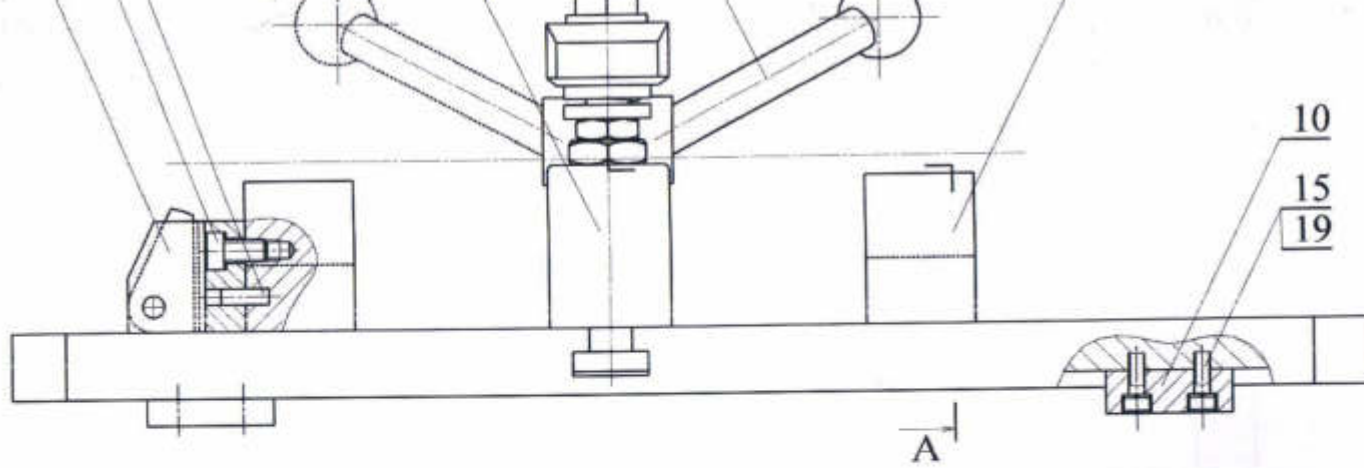
A (2,5:1)



5. Допустима величина зміщення по поверхні рознімання штампу 0,8 мм
6. Допустима величина залишкового облою 1 мм
7. На куванні допускається слід у вигляді впадини або виступа, які утворюються від виштовувателя або від затискних елементів штампу. Глибина впадини повинна бути не більше 0,5 величини фактичного припуску. Висота виступу на поверхні, яка підлягає механічній обробці допускається до 3 мм.
8. Допустимі відхилення штампувальних ухилів на куваннях встановлюються в межах  $\pm 0,25$  від номінальної величини.
9. Інші технічні вимоги за ГОСТ 8479-70.

1. 210...229 НВ.
2. Кування точності Т3, ступені складності С3 за ГОСТ 7505-89
3. Невказані граничні відхилення розмірів за ГОСТ 7505-89.
4. Допустима величина задирки, що утворюється по контуру пуансона при безоблойній штамповці 5 мм.

				ТМБ-131.ОНПМ.21.01.02			
Зм. Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата	Вал вторинний Заготовка	Шт.	Маса	Масштаб
Резуб.	Киримаш	А.М.					10,75
Прок.	Павлюк				Аркус	Аркуша 1	
Т.кооп.							
Н.кооп.	Против			30ХГТ ГОСТ 4543-71	НТУ "ДП"		
Знак.	Против						



Технічна характеристика


1. Зусилля затиску 3540 Н
2. Зусилля на рукоятці 83 Н
3. Призначено для використання на верстаті 6Р81

Технічні вимоги

1. Розміри для довідок.
2. Непаралельність спільної вісі призм опорній площині не більше 0,1 мм на довжині 100 мм.
3. Вільне переміщення рукоятки ексцентрика в секторі 90° забезпечити шляхом підбору товщини шайби поз. 7.
4. Поверхні тертя покриті ЦІАТИМ-203 ГОСТ 8773-73.

				УММ.131-ОНПМ.21.03.03 СК	
				Пристрій спеціальний	
№ документа	№ документа	Підпис	Дата	№	Масштаб
Склад	Екземпляр				1:1
Стор.	Повтор			Лист	Листів
Всього	Принт				1/1
Тис.	Принт				НТУ '20'

Формат	Поз.	Зона	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A3			TMM-131.ОНПМ.21.01.03 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
	1		И 1714.000	Затискач	1	
	2			Фіксатор	1	
	3			Важіль	1	
				<u>Деталі</u>		
	5			Плита	1	
	6			Призма	2	
	7			Кулачок торцевий	1	
	8			Опора	1	
	9			Шайба	1	
	10			Шпонка	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Гвинт ГОСТ 1491-		
	15			M6x15.58	5	
	16			M8x20.58	1	
				Гвинт ГОСТ 11738-72		
	17			M8x15.88	2	
	18			M10x60.88	4	
				Шайба ГОСТ 6402-70		
	19			6 65Г	5	
	20			8 65Г	1	
	21			10 65Г	4	
				Штифт ГОСТ 3128-70		
	22			6f9x15	2	
	23			8f9x30	4	

					TMM-131.ОНПМ.21.01.03 СК			
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата	Пристрій спеціальний	Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Кириш						1	1
Керів.	Пацера							
Н.контр.						НТУ «ДП»		
Затв.	Проців							



## ДОДАТОК

### ВІДГУК

#### керівника кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота Кирилаша Дмитра Руслановича виконана на актуальну тему «Дослідження методом імітаційно-статистичного моделювання вимірювально-контрольної процедури зовнішньої поверхні та визначення раціональних параметрів точності вимірювальних засобів».

Завдання на кваліфікаційну роботу пов'язано з об'єктом діяльності магістра, а саме з наскрізним інжинірингом машинобудівного виробництва.

Виконана Кирилашем Д.Р. кваліфікаційна робота може бути оцінена по розділам на відповідність вимогам стандартам вищої освіти та складовим опису кваліфікаційного рівня наступним чином:

1) 85 балів за аналітичний розділ, що містить якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції вал-шестерні 8С ступені точності, і де здобувач показав фахові компетентності щодо здатності до аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

2) 85 балів за технологічний розділ, в якому виконано проект технології обробки деталі, і де здобувач показав предметні компетентності щодо здатності здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технологічної системи.

3) 85 балів заслуговує спеціальний розділ, в якому виконано проект спеціального верстатного пристрою для фрезерування деталі та проект дискової фрези, і де показана компетентність щодо здатності використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки.

4) 85 балів заслуговує науково-дослідницький розділ, в якому розроблено алгоритм створення імітаційно-статистичної моделі вимірювально-контрольних процедур стосовно зовнішніх розмірів деталі із застосуванням NI LabVIEW.

5) На 83 бали оцінені ступень самостійності виконання, комплексність роботи.

Основними недоліками кваліфікаційної роботи - це відсутність чіткості доповіді та подекуди неправильне форматування пояснювальної записки.

У цілому оцінюю кваліфікаційну роботу на 85 балів (добре).

Керівник кваліфікаційної роботи  
канд. техн. наук, професор кафедри ТММ



С.Т. Пацера

## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

студента гр. 131м-19н-1

**Кирилаш Дмитро Русланович**

НТУ «Дніпровська політехніка»

на тему:

«Дослідження методом імітаційно-статистичного моделювання вимірювально-контрольної процедури зовнішньої поверхні та визначення раціональних параметрів точності вимірювальних засобів»

Кваліфікаційна робота Дмитра Руслановича виконана в повному обсязі та згідно з завданням керівника. В науково-дослідній роботі магістра висвітлені наукові проблеми і практичні питання вибору необхідної точності вимірювальних приладів та раціоналізація процесу технології механічної обробки деталі «Вал вторинний».

Кирилаш Д.Р. достатньо повно змоделював предмет, об'єкт розроблення випускної роботи як раціональний технологічний процес виготовлення деталі з застосуванням універсальних верстатів та досліджень методом імітаційно-статистичного моделювання вимірювально-контрольної процедури.

Метою кваліфікаційної роботи є розрахунок оптимальної технології токарної обробки для універсальних верстатів та дослідження залежності відсотка неправильно забракованих деталей від точності вимірювань.

Наукова частина дипломної роботи полягає у моделюванні контрольно-вимірювальної процедури та дослідження залежності кількості правильно та не правильно забракованих деталей до точності вимірювального приладу.

Практична цінність полягає в складеній методиці визначення залежності точності приладів вимірювань до кількості деталей правильно та не правильно забракованих деталей.

Роботі можна висловити декілька зауважень. Авторіві варто було б приділити більше уваги до коректного оформлення конструкторської та технологічної документації та ескізів науково-дослідницького розділу. Також рекомендовано застосовувати більш сучасні верстати, інструменти та оснащення у своїй дослідницькій роботі.

Виявлені зауваження частково знижують вагу здійснених автором розробок. Кваліфікаційна робота варта оцінки «добре» (84-86 балів), а Кирилаш Д.Р. заслуговує здобуття кваліфікації магістра зі спеціальності 131 Прикладна механіка за ОНП «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва».

**Рецензент к.т.н, доцент  
кафедри автомобілів та  
автомобільного господарства  
НТУ «Дніпровська політехніка»**



**В.В. Кривда**

24 травня 2021р.

# Результат перевірки унікальності тексту

випускної кваліфікаційної роботи магістра Кирилаш Д.Р.

**Advego Plagiat** <https://advego.com/antiplagiat/>

Дата перевірки: 10 травня 2021 року;  
Інструмент перевірки: ADVEGO Plagiat 3.0.16 for Windows 10 x64 bit  
Пошукові системи: Google, DuckDuckGo  
Зміст перевірки: пояснювальна записка та додатки роботи  
Кількість перевірених символів: 58204  
Унікальність за фразами, %: 79  
Унікальність за словами, %: 58  
Збіги, %: 21  
Рейт, %: 42

The screenshot shows the Advego Plagiat 3.0.16 interface. At the top, there are tabs for 'Текст перевірки', 'Журнал перевірки', and 'Результат перевірки'. Below the tabs, there is a large text area containing search results. A table below the text area shows the 'Общий результат' (Overall result) with the following data:

URL	Similarity	Score
1. tgm.nmu.org.us	12%	21%
2. www.haps.mil.gov.us	3%	18%
3. core.ac.uk	3%	3%
4. nmv.nmu.org.us	2%	16%
5. www.frbf-nbu.gov.us	2%	13%

At the bottom of the interface, there are buttons for 'Редактировать текст' and 'Перепроверить'. A status bar at the very bottom indicates 'Проверка завершена' (Check completed).

Проверка завершена: **100%**

Унікальність: по фразам **79%** / по словам **58%**

Виконавець кваліфікаційної роботи

Д.Р. Кирилаш

Керівник кваліфікаційної роботи

С.Т. Пацера

Перевірив текст

В.А. Дербаба

Завідувач кафедри

В.В. Проців