

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 Буркацького Ярослава Олександровича  
академічної групи 131М-22Н-1 ММФ  
спеціальності 131 Прикладна механіка  
за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг  
машинобудівного виробництва»  
на тему: «Дослідження і розрахунок характеристик міцності деталі «Вал»  
методами комп'ютерного моделювання»  
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від  
\_\_\_\_\_ за № \_\_\_\_\_

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Алексєєнко С.В.			
розділів:				
Аналітичний	Алексєєнко С.В.			
Технологічний	Алексєєнко С.В.			
Спеціальний	Алексєєнко С.В.			
Науково- дослідницький	Алексєєнко С.В.			
Рецензент	Бас К.М.			
Нормоконтролер	Дербаба В.А.			

Встановлено, що матеріали даної кваліфікаційної роботи містять чутливу інформацію щодо реальних об'єктів критичної інфраструктури України, національної безпеки і оборони України, зокрема відомості про їх місце розташування, службове призначення, конструкторську і технологічну документацію, описи конструкторських матеріалів та їх властивості, іншу додаткову літературу та посилання. У зв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

технологій машинобудування та матеріалознавства

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

\_\_\_\_\_ В.А. Дербаб  
(підпис) (прізвище, ініціали)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ**

**кваліфікаційну роботу**

**ступеню магістра**

**студенту Буркацькому Ярославу Олександровичу**

**академічної групи 131М-22Н-1 ММФ**

**спеціальності 131 Прикладна механіка**

**за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва»**

**на тему: «Дослідження і розрахунок характеристик міцності деталі «Вал» методами комп'ютерного моделювання»**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ за № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз і характеристики матеріалу, умови експлуатації та оцінка технологічності деталі «Вал»	06.02.2024-28.02.2024
Технологічний	Проектування та опрацювання детальної технології механічної обробки. Розробка комплексу документації	01.03.2024-31.03.2024
Спеціальний	Використовувані обладнання базування та контролю розмірів деталі на верстаті з ЧПК	01.04.2024-30.04.2024
Науково-дослідницький	Дослідження і розробка методики оптимізованої технології обробки деталі та режимних параметрів на верстаті з ЧПК	01.05.2024-20.05.2024

**Завдання видано** \_\_\_\_\_ Алексєєнко С.В.

**Дата видачі** 15 січня 2024 р.

**Дата подання до екзаменаційної комісії** \_\_\_\_\_ 06.05.24

**Прийнято до виконання** \_\_\_\_\_ Я.О. Буркацького

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: \_\_\_ с, \_\_\_ рис, \_\_\_ табл., \_\_\_ додаток, \_\_\_ джерела.

Тема: «Дослідження і розрахунок характеристик міцності деталі «Вал» методами комп'ютерного моделювання».

ТЕХНОЛОГІЯ, ДЕТАЛЬ, ОПЕРАЦІЯ, ФОРМОУТВОРЕННЯ, ОБЛАДНАННЯ З ЧПК, САД, САМ.

Поєднання токарно-фрезерних робіт на верстатах з ЧПК набуло значного поширення в сучасному машинобудуванні. Тому визначення оптимальної технології та траєкторій руху керованих агрегатів має актуальне значення при металообробці. Також актуальною є проблема застосування оптимізованих режимних параметрів при механічній обробці деталі, в спеціалізованих САМ-системах, при складанні технології виготовлення виробу.

Об'єкт дослідження у кваліфікаційній роботі – процеси формоутворення поверхонь у деталі машинобудівного призначення.

Предмет дослідження – стратегії програмного формоутворення поверхонь на обладнанні з ЧПК.

Метою кваліфікаційної роботи є порівняння оптимальних рухів формоутворення при обробці деталі на обладнанні з програмним керуванням при різних траєкторіях інструменту.

Методика досліджень – комп'ютерне моделювання операцій формоутворення на основі САМ-програми.

Результат роботи – експериментальні дані щодо режимних параметрів обробки поверхонь за різними стратегіями формоутворення. Визначена оптимальна стратегія формоутворення за умови врахування закладених при моделюванні початкових даних.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи – визначення оптимальних режимних параметрів при точінні деталі вал на верстаті з ЧПК.

Практична цінність – рекомендації щодо застосування альтернативних технологічних методів виготовлення деталей на основі САМ-програм.

Робота пов'язана з науковим напрямом кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства та виконана відповідно договору про співпрацю та договором про нерозголошення конфіденційної інформації та комерційної таємниці з ТОВ «ІТЦ Технополіс».

## ЗМІСТ

Вступ . . . . .	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ . . . . .	7
1.1 Службове призначення деталі . . . . .	7
1.2 Фізико-механічні властивості матеріалу деталі. Хімічний склад . . . . .	7
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі. . . . .	8
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ . . . . .	9
2.1 Призначення річної програми випуску . . . . .	9
2.2 Вибір заготовки . . . . .	12
2.3 Розроблення маршруту виготовлення деталі . . . . .	14
2.4 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів механічної обробки .	17
2.5 Детальна розробка операції технологічного процесу . . . . .	21
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ . . . . .	25
3.1 Пристосування, оснащення та ріжучий інструмент для верстата з ЧПК...	25
3.2 Складання автоматизованої технології обробки деталі в обраній САМ-системі . . . . .	28
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ . . . . .	36
4.1 Дослідження конструкції та інженерний розрахунок деталі в SolidWorks Simulation . . . . .	36
Загальні висновки. . . . .	44
Перелік посилань. . . . .	45
Додатки	

## ВСТУП

Головне завдання машинобудування – забезпечити всі галузі промисловості високоефективними машинами та обладнанням. Машинобудування є основою індустріалізації.

Машинобудування часто розуміють як складову частину більш широкої виробничої групи – машинобудування і металообробка – в яку, окрім машинобудування входить обробка металів, виробництво металевих виробів, металоконструкцій, ремонт машин і устаткування.

Машинобудування займає провідне місце в промисловості за обсягом продукції, що випускається, вартості основних виробничих фондів і чисельності робітників, зайнятих у виробництві. У сучасному машинобудуванні більшість продукції випускається в серійному виробництві, для якого характерний безперервний процес виробництва. Велика номенклатура машин і устаткування, їх складність і можливість розчленування на окремі вузли і деталі обумовлюють широку спеціалізацію виробництва продукції машинобудування.

Виробництво машин та устаткування в розвинених країнах високо монополізовано. Найбільші монополії грають провідну роль у виробництві машинобудівної продукції.

Технологія машинобудування широко використовується практично у всіх галузях промисловості, в тому числі в авіаційній, автомобільній, верстатобудуванні у виробництві побутових приладів і машин, в інструментальній промисловості, приладобудуванні, радіопромисловості, в сільськогосподарському машинобудуванні, верстатобудуванні, судобудівництві, в тяжкому машинобудуванні, в електричній промисловості, енергетичному машинобудуванні.

Випускна кваліфікаційна робота магістра присвячена дослідженню конструкції та інженерному розрахунку деталі в SolidWorks Simulation на етапі розрахунку технології виготовлення деталі «Вал».

Робота пов'язана з науковим напрямом кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства та виконана відповідно договору про співпрацю та договором про нерозголошення конфіденційної інформації та комерційної таємниці з ТОВ «ІТЦ Технополіс».

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

### 1.3 Визначення типу виробництва

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

$$n_3 = \frac{2000}{250} \times 8 = 64 \text{ штук}$$

Приймаємо партію запуску деталей 65 штук

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технологічний контроль креслення деталі та аналіз її на технологічність

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

- 1) Коефіцієнт точності.
- 2) Коефіцієнт шорсткості.
- 3) Коефіцієнт уніфікації .

Для визначення цих коефіцієнтів складаємо таблицю 2.1

Таблиця 2.1 – Точність розмірів та шорсткості поверхонь деталі

№ Пов.	Найменування та розміри поверхні	Квалітет точності	Граничні відхилення	Шорсткість, Ra, мм.
1	Діаметри Ø495	h12	(-0,25)	6,3
2	Ø480	r6	(+0,172) (+0,132)	3,2

№ Пов.	Найменування та розміри поверхні	Квалітет точності	Граничні відхилення	Шорсткість, Ra, мм.
3	Ø460	m6	(+0,063 +0,023)	1,6
4	Ø460	m6	(+0,063 +0,023)	1,6
5	Ø350	H9	(+0,14)	1,6
6	Ø336	H14	(+1,4)	6,3
7	Ø320	H7	(+0,057)	1,6
8	Ø310	H12	(+0,52)	6,3
9	Ø310	H9	(+0,13)	3,2
10	<u>Довжини</u> 750	h14	(-2)	6,3
11	330	h14	(-1,4)	
12	280	h14	(-1,3)	
13	205	h14	(-1,15)	
14	170	h14	(-1)	
15	150	h14	(-1)	
16	93	h14	(-0,87)	
17	71	h14	(-0,74)	
18	50	h14	(-0,62)	

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,39} = 0,92 > 0,8$$

0,912 > 0,8 – тобто за точністю деталь технологічна

2) Визначаємо коефіцієнт шорсткості

Деталь вважається технологічною за шорсткістю, якщо виконується умова:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}} \leq 0,32 \quad (2.3)$$

де  $Ш_{ср}$  – середня шорсткість

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_{ср} \times ni}{\sum ni} \quad (2.4)$$

$$Ш_{ср} = \frac{6,3 \times 14 + 3,2 \times 5 + 1,6 \times 4}{23} = 4,8$$
$$K_{ш} = \frac{1}{4,8} = 0,2 < 0,32$$

0,2 < 0,32 – тобто за шорсткістю деталь технологічна

3) Визначаємо коефіцієнт уніфікації

За коефіцієнтом уніфікації деталь вважається технологічною, якщо виконується умова:

$$K_y = \frac{Q_y}{Q_e} \geq 0,6 \quad (2.5)$$

де  $Q_y = 25$  - число уніфікованих елементів

$Q_e = 25$  - число конструкційних елементів

$$K_y = \frac{23}{23} = 1 > 0,6$$

1 > 0,6 – тобто за коефіцієнтом уніфікації деталь технологічна

За всіма коефіцієнтами деталь вважається технологічною.

## 2.2 Вибір виду, методу отримання заготовки та його обґрунтування

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Де,  $V_{\text{заг}}$  - загальний об'єм заготовки, см<sup>3</sup>

$\gamma = 7,8$  – питома вага матеріалу для сталі 45, г/см<sup>3</sup>

Розраховуємо об'єму заготовки

$$V_{\text{заг}} = \frac{\pi D_1^2}{4} \times l_1 + \frac{\pi D_2^2}{4} \times l_2 + \frac{\pi D_3^2}{4} \times l_3 + \frac{\pi D_4^2}{4} \times l_4 - \frac{\pi D_5^2}{4} \times l_5 \quad (2.8)$$

$$V_{\text{заг}} = \frac{3,14 \times 46,6^2}{4} \cdot 15,26 + \frac{3,14 \cdot 48,6^2}{4} \cdot 28,22 + \frac{3,14 \cdot 50,1^2}{4} \cdot 17,4 \\ + \frac{3,14 \cdot 46,6^2}{4} \cdot 15,26 - \frac{3,14 \cdot 30,4^2}{4} \cdot 75,5 = 84224,7 \text{ см}^3$$

$$m_{\text{заг}} = 84224,7 \cdot 7,8 = 656952,66 \text{ гр} = 656,9 \text{ кг}$$

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

## 2.4 Встановлення операційних припусків, розмірів та допусків

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

	Операційні переходи	припуски, мм	розміри, мм	точності	відхилення
1	Зовнішня поверхня обертання Ø460m6, Ra 1,6				
	1. Заготовка	6	Ø466	-	+3,0 -1,5
	2. Точіння попер.	4,1	Ø461,9	h12	-0,63
	3. Точіння кінц.	1,1	Ø460,8	h10	-0,25
	4. Шліфування	0,8	Ø460	m6	+0,063 +0,023
2	Зовнішня поверхня обертання Ø480r6, Ra 3,2				
	1. Заготовка	6	Ø486	-	+3,0 -1,5
	2. Точіння попер.	4,9	Ø481,1	h10	-0,25
	3. Точіння кінц.	1,1	Ø480	r6	+0,172 +0,132

№	Операційні переходи	Операційні припуски, мм	Операційні розміри, мм	Квалітет точності	Допустимі відхилення
3	Зовнішня поверхня обертання Ø495h12, Ra 6,3				
	1. Заготовка	6	Ø501	-	+3,0 -1,5
	2. Точіння попер.	4,9	Ø496,1	h14	-1,55
	3. Точіння кінцеве	1,1	Ø495	h12	-0,63
4	Зовнішня поверхня обертання Ø460m6, Ra 1,6				
	1. Заготовка	6	Ø466	-	+3,0 -1,5
	2. Точіння попереднє	4,1	Ø461,9	h14	-1,55
	3. Точіння кінцеве	1,1	Ø460,8	h10	-0,25
	4. Шліфування	0,8	Ø460	m6	+0,063 +0,023

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

№	Операційні переходи	Операційні припуски, мм	Операційні розміри, мм	Квалітет точності	Допустимі відхилення
8	Внутрішня поверхня обертання Ø350H9, Ra 1,6				
	1. Заготовка	6	Ø344	-	-2,7 +1,3
	2. Точіння попереднє	4,1	Ø348,1	H12	+0,57
	3. Точіння кінцеве	1,1	Ø349,2	H11	+0,36
	4. Шліфування	0,8	Ø350	H9	+0,14
9	Торці 750h14, Ra 6,3				
	1. Заготовка	5,2	755,2	-	+3,3 -1,7
	2. Точити	5,2	750	h14	-2

На зовнішню поверхню обертання Ø460m6 будуємо схему розташування припусків, для чого визначаємо найбільший та найменший розміри заготовки та припуски.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Шліфування попереднє

$$Z_{3 \max} = D_{2 \max} - D_{3 \min} = 460,8 - 460,023 = 0,77 \text{ мм}$$

$$Z_{3 \min} = D_{2 \min} - D_{3 \max} = 460,55 - 460,063 = 0,48 \text{ мм}$$

Розташування полів припусків та міжопераційних допусків для найбільш точної поверхні наведено на схемі.

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

Рисунок 2.2 – Схема розташування операційних припусків

## 2.5 Докладна розробка одної операцій технологічного процесу

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Інструмент: фреза шпонкова ДСТУ 9140-78. Матеріал інструменту - Р6М5. Матеріал деталі Сталь 40Х, глибина паза  $t = 24\text{мм}$

Визначаємо розрахункову величину швидкості різання:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (2.6)$$

Де  $K_v$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

$K_v$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

$$K_v = K_{Mv} * K_{Nv} * K_{Uv}, \text{ где} \quad (2.7)$$

$K_{Mv}$  - коеф., що враховує якість оброблюваного матеріалу ( $K_{Mv} = 0.57$ )

$K_{Nv}$  - коеф., що враховує стан поверхні заготовки ( $K_{Nv} = 0.8$ )

$K_{U_v}$  - коеф., що враховує стан поверхні інструмента ( $K_{U_v} = 1$ )

Приймаємо по таблиці [Зс.286т.29]: значення стійкості інструменту і значення коефіцієнтів входять в формулу:  $T=80$  мин;  $C_v=46,7$ ;  $q=0,45$ ;  $x=0,5$ ;  $y=0,5$ ;  $u=p=0,1$ ;  $m=0,33$ ; при  $t=24$  мм;  $B=32$  мм;  $S_z=0,04$  мм/зуб.

$$V_p = \frac{46,7 \cdot 32^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 24^{0,5} \cdot 0,31^{0,5} \cdot 32^{0,1} \cdot 20^{0,1}} \cdot 0,57 \cdot 0,8 \cdot 1 = 19,07 \text{ м/хв} \quad (2.8)$$

Визначимо число оборотів шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.9)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 19,07}{3,14 \cdot 20} = 303 \text{ об/хв.}$$

У нашому випадку застосовується верстат з безступінчатим регулюванням, тоді приймаємо число оборотів, рівне:  **$n=320$  об/мин**;

Тоді швидкість різання дорівнює:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 320}{1000} = 20,09 \frac{\text{м}}{\text{хв}} \quad (2.10)$$

Подача:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n = 0,04 \cdot 2 \cdot 320 = 25,6 \text{ мм/хв} \quad (2.11)$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_t^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (2.12)$$

По табл. [Зс.291т.41] де,  $C_p=68,2$ ,  $x=0,86$ ,  $y=0,72$ ,  $u=1,0$ ,  $q=0,86$ ,  $w=0$ ,

Поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу :

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{590}{750}\right)^{0,3} = 0,92 \quad (2.13)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 24^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 32^1 \cdot 2}{32^{0,86}} \cdot 0,92 = 2821,5$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}; \quad N_e = \frac{2821,5 \cdot 20,09}{1020 \cdot 60} = 0,92 \text{ (кВт)}. \quad (2.14)$$

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

інструмента, мм;  $i$  - число робочих ходів;  $n$  - частота обертання шпинделя, об / хв;  $S$  - подача, мм / об.

$$t_o = \frac{260 \cdot 1}{320 \cdot 0,08} = 10,1 \text{ хв.}$$

$$t_b = t_{b,y} + t_{m,b} \quad (2.18)$$

$t_{b,y}$  = установка і зняття заготовки - 0,4 хв.

$t_{m,b}$  = час на перехід, установку фрези - 0,38 хв.

$$t_b = 0,4 + 0,38 = 0,78 \text{ хв.}$$

Часи  $t_{обс}$  і  $t_{п}$  приймаються в процентному відношенні від оперативного часу ( $t_{оп}$ ):

$$t_{оп} = 3,79 + 0,78 = 4,57 \text{ хв.}$$

$$(t_{обс} + t_{п}) = 0,12 \cdot 4,07 = 0,49 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 10,1 + 0,78 + 0,49 = 11,37 \text{ хв.}$$

Підготовчо - заключний час включає в себе:

$$T_{п-з} = T_{п-31} + T_{п-32} + T_{п-33}, \quad (2.19)$$

де  $T_{п-31}$  - час на прийоми увійшли до комплекс,  $T_{п-31} = 12$  хв;  $T_{п-32}$  - час додаткових робіт,  $T_{п-32} = 7$  хв;  $T_{п-33}$  - час на пробну обробку деталі,  $T_{п-33} = 5$  хв.

$$T_{п-з} = 12 + 7 + 5 = 24 \text{ хв.}$$

Штучно - калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_{шт} + T_{п-з} / n_з, \quad (2.20)$$

де  $T_{п-з}$  - підготовчо-заключний час на партію, хв;  $N_з$  - розмір партії деталей, що запускаються у виробництво.

Розмір партії визначається по фактичним даними або розрахунком (при оцінці економічної ефективності):

$$N_з = P / S_n, \quad (2.21)$$

де  $P$  - річний випуск деталей, шт .;

$S_n$  - число запусків на рік.

Для среднесерійного виробництва можна прийняти  $S_n = 12$ .

$$n_з = \frac{2000}{12} = 166$$

$$T_{ш-к} = 11,37 + \frac{24}{166} = 11,51 \text{ хв.}$$

## **3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ**

### **3.1 Пристосування, оснащення та ріжучий інструмент для верстата з ЧПК**

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Час зміни інструменту (1-1-1): 2 сек.

#### **Можливості обробки**

Максимальний діаметр обробки: 760 мм

Максимальна довжина обробки: 1540 мм

Рекомендований діаметр повороту: 255 мм

Максимальний діаметр обробки над станиною: 1000 мм

Максимальний діаметр обробки над супортом: 700 мм

Робочий діаметр стержня: 76 мм

#### **Револьверна головка**

Розміри інструменту для зовнішньої обробки: 25x25 мм

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

- PDJNR2020K15\_DNMG150604MP
- A50U TCLNR12\_CNMG120408EM
- S32T SVQBR16\_VBMT160404FA
- TTIR50-6C-T14\_TDC8

Фрези:

- Garant HSS-PM\_22 ISO191250

Свердла:

- TCD140-144-16T3-5D
- TCD170-179-20T3-5D
- Garant HSS-E\_12.5 ISO 112103

Мітчики:

- MTECB12118D39\_2.0ISO

- MTECD1615E48\_2.5ISO

### 3.2 Складання автоматизованої технології обробки деталі в обраній САМ-системі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

програмування механообробки виробів серійного виробництва. Також можлива настройка САМ-системи шляхом завдання призначених для користувача оброблюваних елементів.

**Токарна-фрезерна обробка.** Модуль FeatureTURN / MILL дозволяє розробляти УП для обробки деталей за одну установку на токарних верстатах з приводним інструментом і токарно-фрезерних обробних центрах. Він включає всі можливості модулів FeatureTURN і FeatureMILLZED2.5D і може використовуватися для програмування позиційної обробки на токарних верстатах, оснащених приводним інструментом і / або С-і У-осями. Також підтримуються верстати с полярної інтерполяцією.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

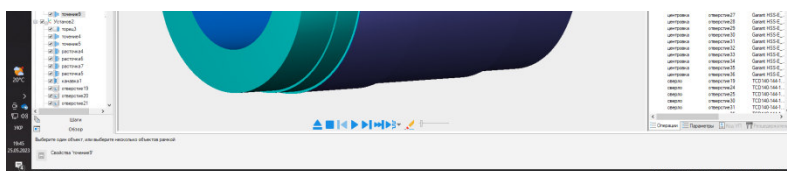
Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

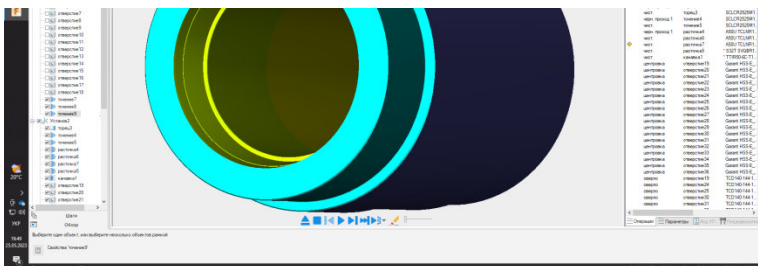
Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.



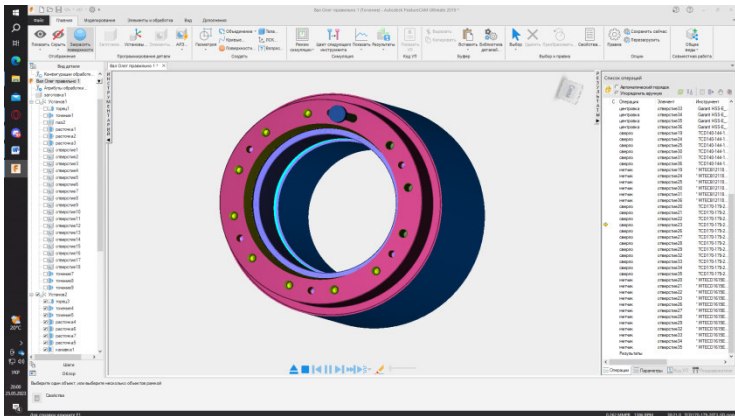
Оп.: 38 точіння 4 (чорн. ), Кріплення 2  
П/С: 365 м/хв ЧС, 0.381 мм/об  
Інстр:#1 (SCLCR2525M12\_CCMT1204MT)  
Час: 7:07.2

Оп.: 39 точіння 5 (чист. ), Кріплення 2  
П/С: 487 м/хв ЧС, 0.152 мм/об  
Інстр:#1 (SCLCR2525M12\_CCMT1204MT)  
Час: 3:28.4

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.



Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.



Оп.: 76 отвір 19 (центрівка), Кріплення 2  
П/С: 1497 об/хв, 0.243 мм/об  
Інстр:#5 (Garant HSS-E\_12.5 ISO 112103-повор. Z, 16.200 мм)  
Центр: -200.000 мм 0.000 мм -1.500 мм  
Глибина: 15.704 мм  
Час: 0:19.5

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Дослідження конструкції та інженерний розрахунок деталі в SolidWorks Simulation

В даному розділі ми досліджуємо статичний розрахунок деталі «Вал», для шийки валу розміром  $\text{Ø}460\text{m}6 \times 150\text{мм}$ , оскільки дана деталь працює на згин та кручення.

Дослідження проводимо в програмі Solid Works за допомогою модуля Solid Works Simulation

**Інформація про модель. Вихідні данні:**

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

### Властивості дослідження

Ім'я дослідження	Статистичний 1
Тип аналізу	Статистичний
Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Тепловий ефект:	Вкл
Термічний параметр	Включити теплові навантаження
Температура при нульовій напрузі	298 Kelvin
Включити ефекти тиску рідини із SOLIDWORKS Flow Simulation	Вимк
Тип вирішальної програми	FFEPlus
Вплив навантажень на власні частоти:	Вимк
М'яка пружина:	Вимк
Інерційне розвантаження:	Вимк
Несумісні параметри зв'язку	Авто
Великі переміщення	Вимк
Обчислити сили вільних тіл	Вкл
Тертя	Вимк
Використовувати адаптивний	Вимк

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

## Результати дослідження

Ім'я	Тип	Мін	Макс
<b>Напруга1</b>	VON: Напруга Von Mises	4,838e+01N/m <sup>2</sup> Вузол: 32489	5,625e+04N/m <sup>2</sup> Вузол: 50113

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

Ім'я	Тип	Мін	Макс
<b>Переміщення1</b>	URES: Результативне переміщення	0,000e+00mm Вузол: 217	5,367e-05mm Вузол: 874

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Деформація1	ESTRN: Еквівалентна деформація	9,053e <sup>-10</sup> Елемент: 6743	2,354e <sup>-7</sup> Елемент: 16755

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Отже, виконавши статичний розрахунок деталі «Вал» для шийки валу розміром  $\text{Ø}460\text{т}6 \times 150\text{мм}$ , можна бути впевненим, що деталі жорстка і міцна, щоб витримати достатній крутний момент і не деформуватися.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Після викладу розділів випускної кваліфікаційної роботи бакалавра зробимо висновки про виконану роботу в наступному:

- в аналітичному розділі проведено опис конструкції та службове призначення деталі, проведено аналіз креслень конструкцій деталі «Вал» метою визначення якісної оцінки технологічності конструкцій та визначення коефіцієнта уніфікації деталі, що представляє собою кількісну оцінку технологічності конструкцій деталі;

- в технологічному розділі визначається тип виробництва і форма організації технологічного процесу виробництва деталі, вибирається і економічно обґрунтовується спосіб отримання заготовок, розробляється маршрут обробки деталей, визначаються режими різання. У розробленому маршруті обробки деталей досягли вищої точності і зниження основного технологічного часу за рахунок раціональної послідовності обробки деталі на верстаті з ЧПК;

- в спеціальному розділі виконано вибір пристосування, оснащення та ріжучий інструмент для верстата з ЧПК та програмування технології автоматизованої обробки деталі у FeatureCAM системі з отриманням керуючого коду для верстата з ЧПК.

- в науково-дослідницькому розділі виконано статичний розрахунок деталі у SolidWorks Simulation з отриманням даних про деформації, надані практичні рекомендації щодо поліпшення конструкції деталі та зміни геометрії, які потрібно відобразити на робочому кресленіку.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання.
2. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання.
3. ДСТУ 3.1105-2011. Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення (3.1105-2011, IDT).
4. ДСТУ 2.104-2006 Єдина система конструкторської документації. Основні написи (2.104-2006, IDT).
5. ДСТУ 3.1103:2014 Єдина система технологічної документації. Основні написи. Загальні положення (3.1103-2011, IDT).
6. ДСТУ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення (3.1102-2011, IDT).
7. Освітньо-професійна програма вищої освіти для бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка / В.В. Проців, С.Т. Пацера, В.В. Зіль; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2019. – 22 с.
8. Закон України «Про вищу освіту» [Електронний ресурс]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
9. Національна рамка кваліфікацій. [Електронний ресурс]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-п>.
10. Стандарт вищої освіти України бакалаврського рівня. Галузь знань 13 Механічна інженерія. Спеціальність 131 Прикладна механіка. [Електронний ресурс]. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishchaosvita/zatverdzeni%20standarty/2019/06/25/131-prikladna-mekhanika-bakalavr.pdf>.
11. Дербаба В.А. Алгоритм імітаційно-статистичного моделювання вимірювально-контрольної системи геометричних параметрів зубчастих коліс // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2017 - №50. - С.179-185
12. Дербаба В.А. Невизначеність вимірювань при контролі геометричних параметрів зубчастих коліс // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2018–№55. – С.194 – 204.

13. Zhuravel, O . Yu , Derbaba, V.A., Protsiv, V.V., & Patsera, S.T. (2019). Interrelation between Shearing Angles of External and Internal Friction During Chip Formation. *Solid State Phenomena. Materials Properties and Technologies of Processing*, (291) , 193-203. - 2019. doi.org/10.4028/[www.scientific.net/SSP.291.193](http://www.scientific.net/SSP.291.193)
14. Ружин П.О. Вплив невизначеності вимірювань на відсотки неправильно забракованих деталей при двохфакторному контролі / П.О. Ружин, С.Т. Пацера, В.А. Дербаб, В.І. Корсун // Системи обробки інформації. – Харків. – 2018. – Вип.4 (155) . – С.140 – 149. DOI: 10.30748/soi.2018.155.20
15. Дербаб В.А. Дослідження і удосконалення методики випробувань верстата на геометричну і кінематичну точність / В.А. Дербаб, В.С. Носачов, З.М. Різо // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2021 – № 64. С.198-212 <https://doi.org/10.33271/crpnmu/64.198>
16. Проців В.В. Сучасні полімерні матеріали та технології в 3D-прінтингу / В.В. Проців, В.А. Козечко, В.А. Дербаб, О.О. Богданов// Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2021 – № 65 – С.107-117. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/65.107>
17. Щербина Є.Ю. Критерії стійкості ріжучого інструменту для висошвидкісної обробки / Є.Ю. Щербина, В.А. Дербаб, В.А. Козечко // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2022 – № 67 – С.77-95 <https://doi.org/10.33271/crpnmu/67.077>
18. Дербаб, В.А., Пацера, С.Т. & Григоренко, В.У. (2022). Особливості механічної обробки зносостійких чавунів. *Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», (71), 217-230. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/71.217>*
19. V. Ruban, V., Derbaba, O., Bohdanov, & Y. Shcherbyna. (2023). OPTIMIZATION OF PRODUCT PROCESSING MODES IN MODELING AND PROGRAMMING OF MACHINING ON MACHINE TOOLS WITH PROGRAM CONTROL. *Collection of Research Papers of the National Mining University*, (72), 222-238. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/72.222>