

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

Механіко-машинобудівний факультет  
Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства

*Заказнику*

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеня магістра

Здобувача вищої освіти Андреевої Вікторії Дмитрівни  
(ПІБ)


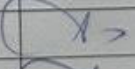

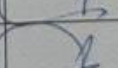
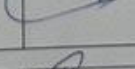
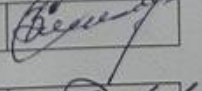
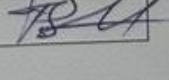
академічної групи 131М-23зн-1 ММФ  
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг  
машинобудівного виробництва»

на тему: «Аналіз і корекція конструкції деталі «Вал-шестерня» за рахунок  
комірчастої структури виготовленої методом 3D друку та подальшої механічної  
обробки»

Наказ ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 28.04.25 №317-с

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Алексеєнко С.В.	89	добре	
розділів:				
Аналітичний	Алексеєнко С.В.	89	добре	
Технологічний	Алексеєнко С.В.	89	добре	
Спеціальний	Алексеєнко С.В.	89	добре	
Науково- дослідницький	Алексеєнко С.В.	89	добре	
Рецензент	Сазанішвілі З.В.	89	добре	
Нормоконтролер	Рубан В.М.	89	добре	

Дніпро - 2025

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри

технологій машинобудування та матеріалознавства  
(повна назва)

  
(підпис)

В.А. Дербаб  
(ініціали та прізвище)

«15» січня 2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу ступеня магістра

здобувачу вищої освіти Андрєєвій Вікторії Дмитрівні  
(прізвище та ініціали)

академічної групи 131М-23зн-1 ММФ  
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка  
спеціалізації за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг  
машинобудівного виробництва»

**1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ**

Наказ ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 28.04.25 №317-с

**2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ**

Об'єкт досліджень – процес створення полегшеної модифікованої деталі  
методом зменшення об'єму деталі за рахунок комірчастої структури.

Предмет досліджень – принцип створення полегшеної модифікованої  
деталі.

Мета – створення полегшеної модифікованої деталі.

Вихідні дані для проведення роботи – 1) конструкторська документація на  
деталь "Вал-шестерня"; 2) умови виготовлення: дрібносерійне виробництво з  
річною програмою 2000 штук на рік, використання обладнання з ЧПК для  
механічної обробки, застосування сучасного CAD/CAM-програмного  
забезпечення; 3) зменшення маси деталі шляхом розробки заготовки з  
інтегрованою комірчастою структурою з використанням адитивних технологій,  
із забезпеченням збереження експлуатаційних характеристик виробу.

**3 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ**

Новизна – створення принципу модифікації типових деталей для

зменшення об'єму виробу на  $\approx 30\%$ .

Практична цінність – рекомендується застосовувати для облегшення маси та об'єму деталей виготовляємих технологіями адитивного виробництва.

#### 4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Розробити конструкцію заготовки деталі "Вал-шестерня" з інтегрованою комірчастою структурою, яка забезпечує зменшення маси не менше ніж на 20% без втрати функціональних і міцнісних характеристик.

#### 5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Аналітичний розділ	29.01.2025-25.02.2025
Технологічний розділ	26.02.2025-24.03.2025
Спеціальний розділ	25.03.2025-21.04.2025
Науково-дослідницький розділ	22.04.2025-19.05.2025

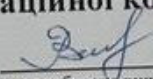
Завдання видано

  
(підпис керівника)

С.В. Алексеєнко  
(ініціали та прізвище)

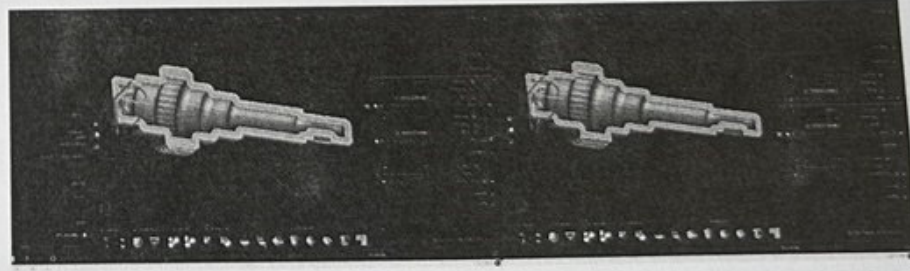
Дата видачі 15 січня 2025 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 9 травня 2025 р.

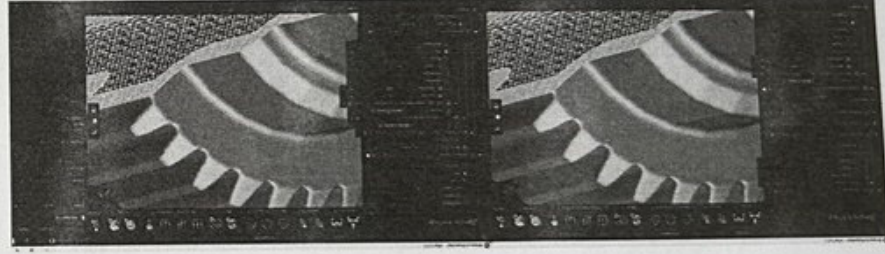
Прийнято до виконання   
(підпис здобувача вищої освіти)

В.Д. Андреева  
(ініціали та прізвище)

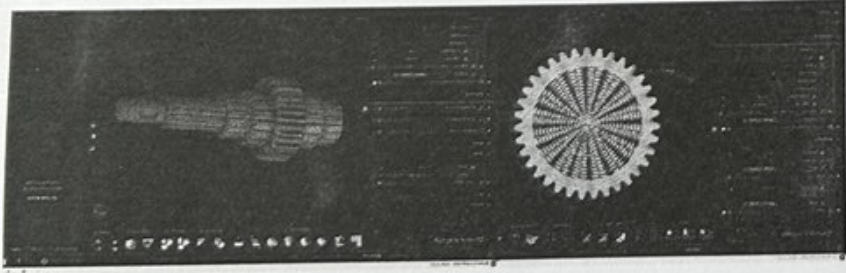
НАЧКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ  
 Модифікація деталей для одноступеневого вузла



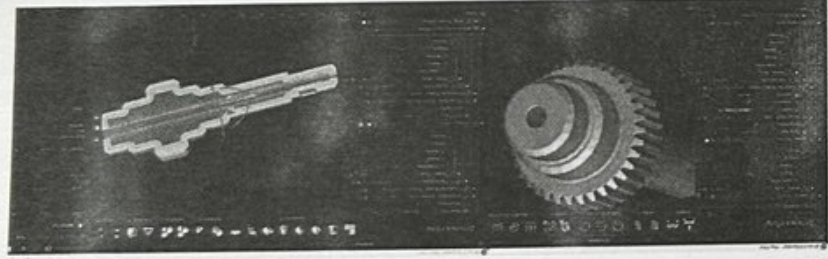
Створення оболонки по деталі та з прунуском 0,75мм



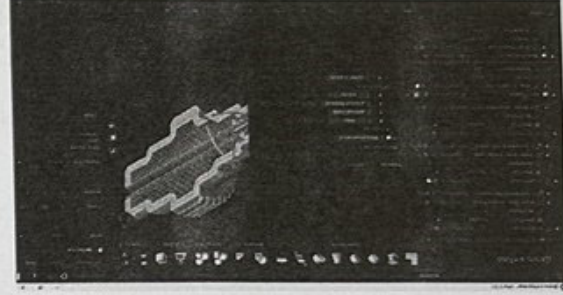
Видання орфактів на поверхні деталі



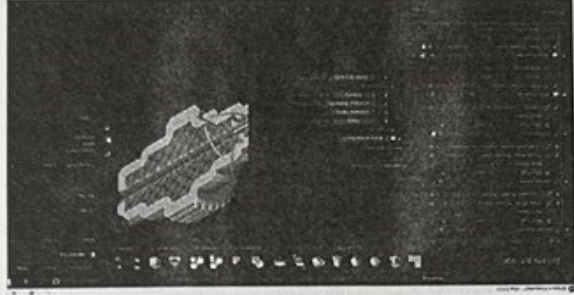
Створення копіястості ступиць



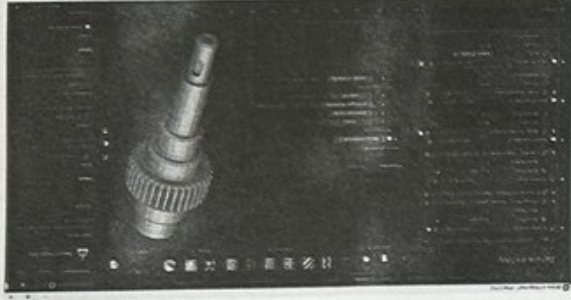
Створення технологічних отворів  $\phi 6$ мм та наскрізний  $\phi 3$ мм



Характеристики деталі без прунуску

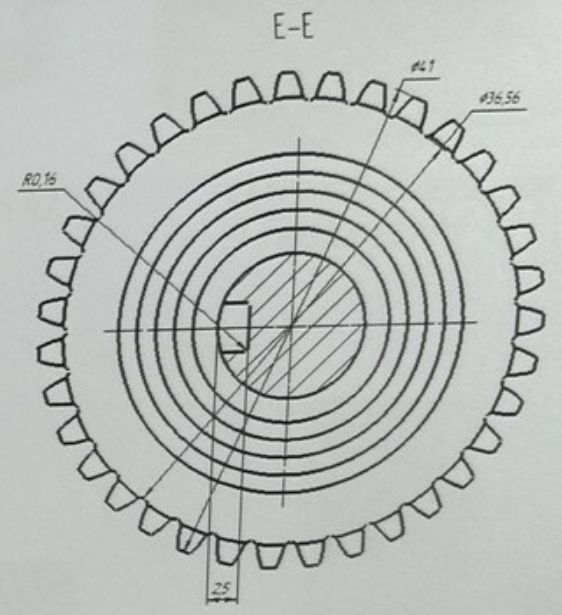
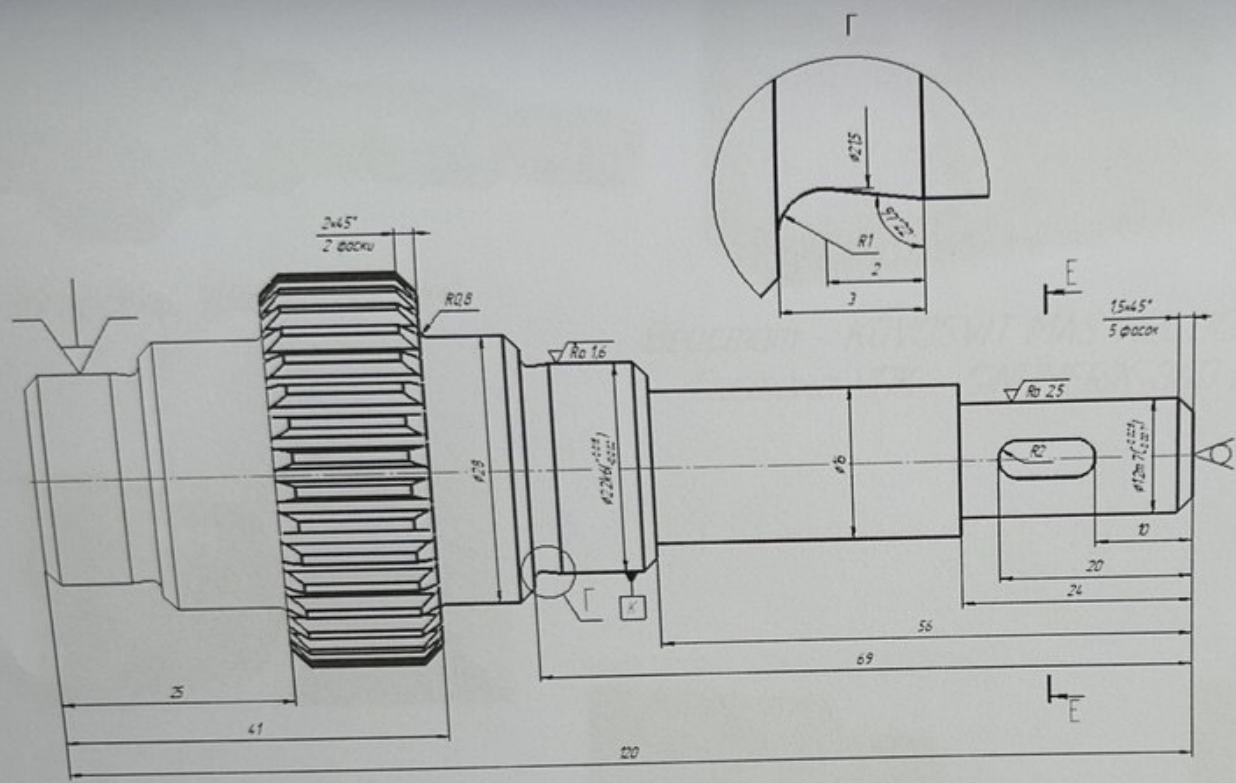


Характеристики деталі з прунуском 0,75мм



Характеристики монолітної деталі

√ Ra 6.3



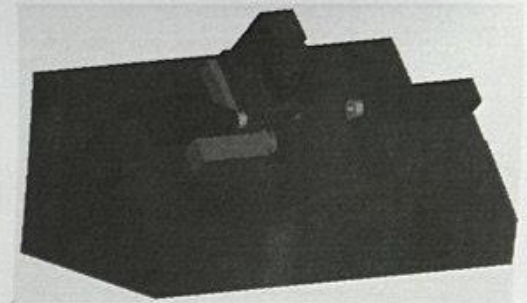
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ. Операція 05 – Токарно-фрезерна з ЧПК



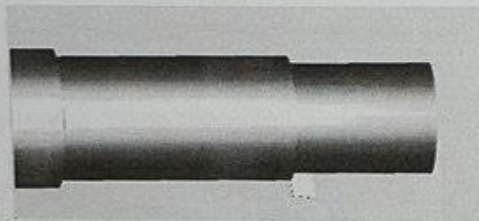
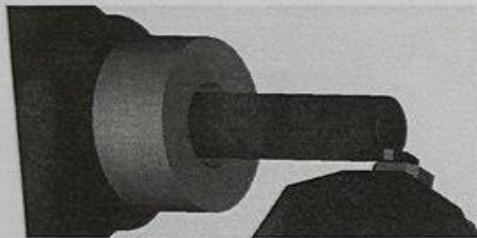
3D модель "Шліцьовий вал"



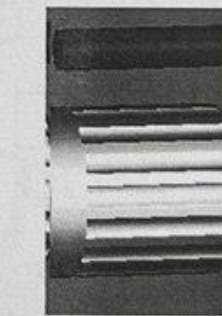
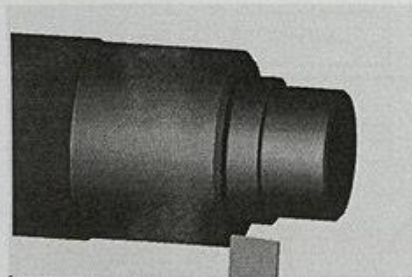
Верстат – KOVOSVIT MAS MULTICUT 630  
Система ЧПК – SINUMERIK 840 D sl



Симуляція верстата  
в FeatureCAM



Точіння  
Чорнове, чистове точіння



Фрезерування  
Евольвента



Фрезерування  
Шпоночний паз

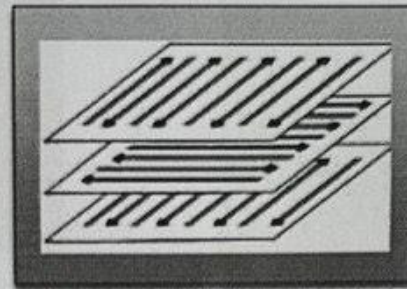
Хімічний склад сталі  
H18K9M5T

Елемент	Вміст (%)
Залізо (Fe)	>=67.5 (основа)
Нікель (Ni)	18
Кобальт (Co)	9
Молібден (Mo)	5
Титан (Ti)	0.5
Вуглець (C)	<=0.03
Марганець (Mn)	<=0.1
Кремній (Si)	<=0.1
Фосфор (P)	<=0.01
Сірка (S)	<=0.01
Алюміній (Al)	0.05-0.15
Хром (Cr)	<=0.5
Мідь (Cu)	<=0.5

Хімічний склад матеріалу MS1

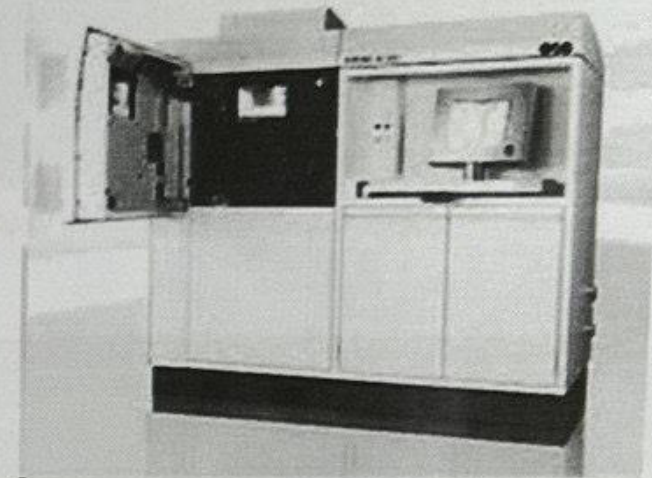
Елемент	Мін. (%)	Макс. (%)
Залізо (Fe)	Баланс	Баланс
Нікель (Ni)	17	19
Кобальт (Co)	8.5	9.5
Молібден (Mo)	4.5	5.2
Титан (Ti)	0.6	0.8
Алюміній (Al)	0.05	0.15
Хром (Cr)	-	0.5
Мідь (Cu)	-	0.5
Вуглець (C)	-	0.03
Марганець (Mn)	-	0.1
Кремній (Si)	-	0.1
Фосфор (P)	-	0.01
Сірка (S)	-	0.01

Стратегія сканування



Bi-directional double pass 90°

Адитивна машина EOS M 280



Розрахунок енергетичної густини  
лазера (E) за формулою

$$E = \frac{P}{vht}$$

де:

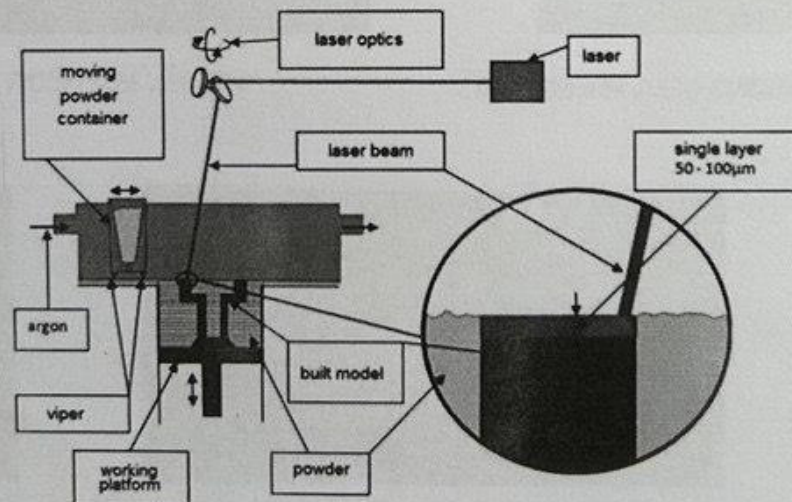
- P — потужність лазера (Вт),
- v — швидкість сканування (мм/с),
- h — відстань між лініями сканування (мм),
- t — товщина шару (мм).

Підставимо обрані значення:

- P = 250 Вт,
- v = 1000 мм/с,
- h = 0.15 мм,
- t = 0.05 мм.

$$E = \frac{250}{1000 \times 0.15 \times 0.05} = \frac{250}{7.5} \approx 33.33 \text{ Дж/мм}^3$$

Схема роботи SLM машини



Технічні характеристики EOS M 280

Характеристика	Значення
Технологія	Селективне лазерне плавлення (SLM)
Розміри робочої камери	250 x 250 x 325 мм
Потужність лазера	До 400 Вт
Тип лазера	Волоконний лазер
Швидкість сканування	До 7000 мм/с
Товщина шару	20-100 мкм
Розмір фокусу лазера	70-100 мкм
Матеріали	Металеві порошки (сталі, титан, алюміній тощо)
Система управління	EOSYSTEM
Програмне забезпечення	EOSPRINT, EOSTATE
Точність позиціонування	±0.01 мм
Електроживлення	400 В, 50/60 Гц, 32 А
Споживана потужність	Макс. 8.5 кВт
Габарити машини	2500 x 1300 x 2190 мм
Вага	Прибл. 1250 кг

## Звіт подібності

## метадані

Назва організації  
**Dnipro Polytechnic National Technical University**  
Заголовок  
**01 КвР магістр заочн Андрєєва 2025**  
Автор Науковий керівник / Експерт  
**Андрєєва В.Д. Богданов Олександр**  
підрозділ  
**Dnipro Polytechnic National Technical University**

## Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2



7762

Кількість слів

58050

Кількість символів

## Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна бука	В	5
Інтервали	A→	0
Мікропробіли	і	0
Білі знаки	©	0
Парафрази (SmartMarks)	а	80

## ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи магістра Андреевої В.Д.

Магістерська кваліфікаційна робота Андреевої Вікторії Дмитрівни на тему: «Аналіз і корекція конструкції деталі «Вал-шестерня» за рахунок комірчастої структури, виготовленої методом 3D-друку та подальшої механічної обробки» присвячена актуальній науково-прикладній проблемі зниження маси машинобудівних деталей за умови збереження їх експлуатаційних властивостей шляхом впровадження інноваційних інженерних підходів.

Робота відзначається чіткою структурою, яка охоплює аналітичний, технологічний, науково-дослідний та економічний розділи. У вступі обгрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження. Аналітичний розділ містить огляд сучасного стану виробництва деталей типу «Вал» з позицій впровадження цифрових та адитивних технологій у машинобудуванні.

Технологічна частина включає детальний розрахунок технологічного процесу виготовлення деталі, вибір обладнання з ЧПК, інструменту, а також моделювання траєкторії обробки у програмному середовищі FeatureCAM. Особливу увагу приділено створенню внутрішньої комірчастої структури за допомогою програмного забезпечення nTop, що дозволило досягти суттєвого зменшення маси деталі (~30%) без втрати її функціональних і міцнісних характеристик.

У науково-дослідному розділі наведено результати моделювання, обгрунтовано вибір типу комірчастої структури, проаналізовано її вплив на геометрію, масу та ефективність подальшої обробки деталі. Також здійснено оцінку потенційної економічної вигоди при впровадженні запропонованого рішення в умовах дрібносерійного виробництва.

Робота містить елементи наукової новизни, має прикладну спрямованість і може бути рекомендована до впровадження на підприємствах, які впроваджують адитивні технології у виробництво машинобудівних деталей.

Кваліфікаційна робота Андреевої Вікторії Дмитрівни відповідає вимогам освітньо-наукової програми за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» та заслуговує на оцінку «добре». Авторка заслуговує на присвоєння ступеня магістра за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва».

Керівник кваліфікаційної роботи  
доктор технічних наук, професор  
22 травня 2025 р.



Сергій Алексєнко

**РЕЦЕНЗІЯ**  
**на кваліфікаційну роботу магістра**  
студентки гр. 131м-23зн-1  
**Андрєєвої Вікторії Дмитрівни**  
НТУ «Дніпровська політехніка»

на тему:

«Аналіз і корекція конструкції деталі «Вал шестерня» за рахунок  
комірчастої структури, виготовленої методом 3D-друку та подальшої  
механічної обробки»

Кваліфікаційна робота Вікторії Дмитрівни Андрєєвої виконана відповідно до поставленого завдання та включає всі необхідні структурні елементи. Робота присвячена аналізу та модифікації конструкції деталі «Вал шестерня» з метою зменшення її маси шляхом інтеграції комірчастої структури, виготовленої за допомогою адитивних технологій, з подальшою механічною обробкою на верстатах з ЧПК.

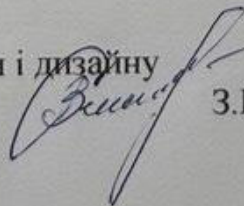
В аналітичній частині обґрунтовано вибір матеріалів, обладнання та технологій для дрібносерійного виробництва. У технологічному розділі детально розроблено маршрут обробки деталі з використанням сучасних верстатів з ЧПК. У науково-дослідному розділі представлено створення модифікованої заготовки з комірчастою структурою за допомогою програми pTop, що забезпечує зменшення маси деталі не менше ніж на 20% без втрати міцності та функціональних характеристик.

Наукова новизна роботи полягає в розробці принципу модифікації деталей шляхом інтеграції комірчастих структур з використанням адитивних технологій, що відповідає сучасним тенденціям цифрового виробництва. Практична цінність роботи полягає в можливості впровадження запропонованої технології на машинобудівних підприємствах для зниження маси деталей, економії матеріалів і підвищення ефективності обробки.

До недоліків роботи можна віднести недостатню деталізацію економічного аналізу впровадження запропонованої технології в реальних виробничих умовах, а також деякі неточності в оформленні технологічної документації. Проте ці зауваження не знижують загальної якості виконаної роботи.

Кваліфікаційна робота Вікторії Андрєєвої заслуговує оцінки «добре», а її авторка – присвоєння кваліфікації магістра за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва».

Рецензент к.т.н., доцент кафедри  
конструювання, технічної естетики і дизайну  
НТУ «Дніпровська політехніка».



З.В. Сазанішвілі

23 травня 2025 р.