

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 Захаренко Сергія Володимировича  
академічної групи 131М-21Н-1 ММФ  
спеціальності 131 Прикладна механіка  
за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг  
машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження режимних параметрів процесу різання на  
токарних операціях механічної обробки деталі Вал шліцьовий»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Пацера С.Т.	88	добре	
розділів:				
Аналітичний	Пацера С.Т.	93	відмінно	
Технологічний	Пацера С.Т.	88	добре	
Спеціальний	Пацера С.Т.	80	добре	
Науково- дослідницький	Пацера С.Т.	90	відмінно	
Рецензент	Бас К.М.	85	добре	
Нормоконтролер	Рубан В.М.	85	добре	

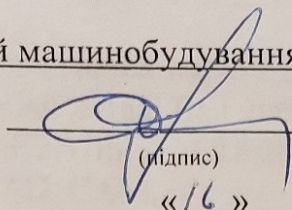
*for Zacharenko*

Дніпро - 2023

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

технологій машинобудування та матеріалознавства

  
(підпис)

В.А. Дербоба

(прізвище, ініціали)

«16» 01 2023 року

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра

студенту Захаренко Сергію Володимировичу

академічної групи 131М-21Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг  
машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження режимних параметрів процесу різання на  
токарних операціях механічної обробки деталі Вал шліцьовий»

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз і характеристики матеріалу, умови експлуатації та оцінка технологічності деталі «Вал»	06.02.2023- 28.02.2023
Технологічний	Проектування та опрацювання детальної технології механічної обробки. Розробка комплексу документації	01.03.2023- 31.03.2023
Спеціальний	Використовувані обладнання базування та контролю розмірів деталі на верстаті з ЧПК	01.04.2023- 30.04.2023
Науково-дослідницький	Дослідження і розробка методики оптимізованої технології обробки деталі та режимних параметрів на верстаті з ЧПК	01.05.2023- 31.05.2023

Завдання видано \_\_\_\_\_

Пацера С.Т.

Дата видачі 16 січня 2023 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 16.06.2023

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

С.В. Захаренко

## РЕФЕРАТ

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

Тема: Дослідження режимних параметрів процесу різання на токарних операціях механічної обробки деталі Вал шліцьовий.

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.

## ЗМІСТ

	Вступ.....	
1	Аналітичний розділ .....	
	1.1 Характеристика об'єкта виробництва .....	
	1.2 Оцінка технологічності деталі .....	
2	Технологічний розділ .....	
	2.1 Визначення типу виробництва і форма його організації .....	
	2.2 Вибір і обґрунтування способу отримання заготовки .....	
	2.3 Вибір технологічних баз деталі Вал .....	
	2.4 Розробка маршруту обробки деталей .....	
	2.5 Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки .....	
	2.6 Вибір технологічного обладнання .....	
	2.7 Визначення режимів різання .....	
	2.8 Вибір різального інструменту за системою ISO 9001 .....	
	2.9 Автоматизований процес виготовлення деталі Вал .....	
	2.10 Створення моделі і симуляція обробки деталі .....	
	2.11 Вибір стратегій обробки і устаткування .....	
	2.12 Генерування керуючої програми для верстата з ЧПК .....	
3	Спеціальний розділ .....	
	3.1 Проектування верстатного пристосування .....	
	3.2 Розрахунок точності верстатного пристосування .....	
	3.3 Розрахунок сили закріплення деталі .....	
4	Науково-дослідний розділ .....	
	4.1 Оптимізація режимних параметрів при токарній обробці.....	
	Висновки .....	
	Література .....	
	Додаток А. Технологічний процес обробки деталі Вал .....	
	Додаток Б. Карти налагоджень з САМ-системи.....	

## ВСТУП

В даний час зберігається тенденція, коли в ціні виробу значна частина становить вартість матеріалу та енергії. Однак, зниження частки механічної обробки, дозволяє відчутно знизити технологічну собівартість виробів, якщо використовувати заготовки з високим ступенем готовності та обладнання 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.

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

Виходячи з цього, при проектуванні нових цехів необхідно забезпечити оптимальне співвідношення наявних універсальних верстатів напівавтоматів і верстатів з ЧПУ, що оснащуються переналагоджуваною оснащенням. Економічно обгрунтоване завантаження устаткування повинна забезпечуватися відповідною організацією виробничого процесу в цеху, заснованої на прогнозуванні та оперативному управлінні з використанням обчислювальної техніки, що дозволяє скоротити час на технологічну підготовку і простої верстатів у налагодженні.

## ВИСНОВКИ

1. Проаналізовані конструктивні особливості деталі, матеріалу та надана загальна характеристика об'єкта дослідження, виконаний якісний аналіз технологічності конструкції деталі.

2. Якісно виконана тривимірна модель у CAD-системі Autodesk PowerShape за технічними вимогами кресленика і технічного завдання. Модель використовувалась як цифровий еталон у подальшому складанні технології автоматизованої обробки.

3. Складена оптимальна технологія механічної обробки деталі. Застосований прогресивний ріжучий інструмент стандарту ISO, оснащення для сучасного багатоцільового верстата з ЧПК. Програмна реалізація і комп'ютерний експеримент з розрахунку автоматизованої технології механічної обробки реалізований у програмі Autodesk FeatureCAM.

4. Одержані чисельні результати досліджень для науково-обґрунтованого підходу у розв'язанні технічної задачі токарної обробки деталей з чавуну на багатовісних обробних центрах, що містять сукупність скорегованих методик та алгоритмів для прогнозування їхньої оброблюваності із забезпеченням надійності різального інструменту з твердих сплавів. Отримані результати порівнювалися з відомими роботами, пов'язаними з дослідженнями процесів механічного оброблення різних марок сталей, сплавів та чавунів, оцінкою надійності ріжучих інструментів, точності та шорсткості обробленої поверхні, результатами вимірювань силових параметрів різання. Максимальна відносна похибка розрахунків не перевищувала 5-8%.

5. Обґрунтований і встановлений повний системний зв'язок параметрів оброблення з властивостями оброблюваного матеріалу, геометрією інструменту, інструментального матеріалу і конструкторсько-технологічних чинників деталі на розрахунок оптимізованої технології токарної обробки.

6. Виконана методика значно спрощує громісткі аналітичні розрахунки за класичними методами з купою виправних коефіцієнтів та враховує сучасну

геометрію інструментів показники і режимів різання стосовно конкретної деталі та більш того, може бути адаптована до інших типів деталей типу тіл обертів різних галузей виробництва.

7. Надані практичні рекомендації щодо оптимального використання CAD-CAM систем, коригування результатів технології та режимних параметрів для отримання оптимальних результатів на стадії підготовки виробництва.

8. Виконане дослідження дозволяє моделювати абсолютно всі токарні роботи за рахунок застосування комп'ютерних програм в умовах дефіциту виробництва натурних експериментів та дистанційного навчання; індивіалізувати процес навчання та підвищити ефективність самостійної роботи учня або студента; надає змогу проводити дослідження в таких областях змінення параметрів, які неможливо або небезпечно реалізувати на реальному коштовному обладнанні.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 8833:2019. Національний стандарт України виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=82147](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=82147).
2. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення. ДСТУ (Державний Стандарт України).
3. Технічне креслення. Розробка робочих креслеників деталей за креслеником загального виду [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: О.Г.Гетьман, Н.В. Білицька, Г.В. Баскова. – Електронні текстові дані (1файл: 10,474Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 150 с.
4. Петраков Ю.В. Лабораторно-комп'ютерний практикум з теорії різання // Рекомендовано МОН України як навчальний посібник для вищих навчальних закладів (Лист МОН України №1.4/18-Г-212), Київ, Політехніка, 2006, 190с.
5. Гейчук, В. М. Функціональне проектування верстатів, роботів та машин в Autodesk Inventor. Частина I [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю «Галузеве машинобудування» / В. М. Гейчук ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,39 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 394 с.
6. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані (1 файл: 15,26 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.
7. David A. Stephenson, John S. Agapiou Metal Cutting Theory and Practice. Third Edition 2016 by Taylor & Francis Group, LLC 932p.
8. Найкращі рішення для обробки. Лійка необертальних інструментів. Токарна обробка. Обробка канавок. Різьбонарізання. Відрізкація. Метрична версія каталогу 2019. 08/2020 3395080. Member IMC Group ISCAR / [www.iscar.com.ua](http://www.iscar.com.ua).
9. Найкращі рішення для обробки. Фрезерування. Свердління. Інструментальна оснастка. Метрична версія каталогу 2020-2021. 10/2020 3395081. Member IMC Group ISCAR / [www.iscar.ua](http://www.iscar.ua)
10. Петраков Ю.В., Мацківський О.С. Моделювання фрезерування кінцевими фрезами. Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування №1 (73). 2015.
11. Петраков Ю.В. Розвиток САМ-систем автоматизованого програмування верстатів з ЧПК: Монографія. – Київ, Січкар, 2011. – 220 с.

12. Дубовой В.М. Моделювання та оптимізація системи: підручник / Дубовой В.М., Кветний Р.Н., Михальов О.І., Усова А.В. – Вінниця: ПП «ГД Едельвейс», 2017. – 804с.

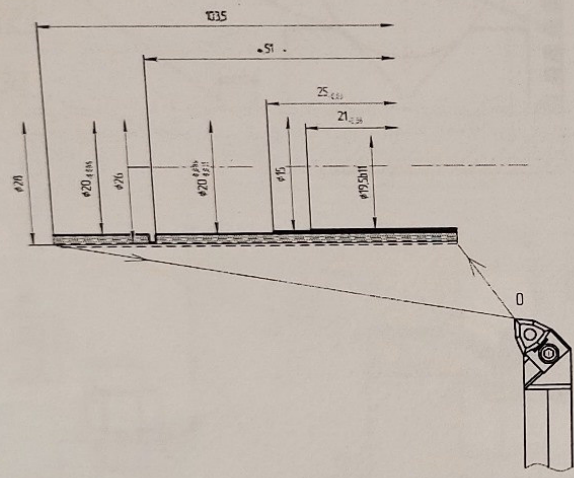
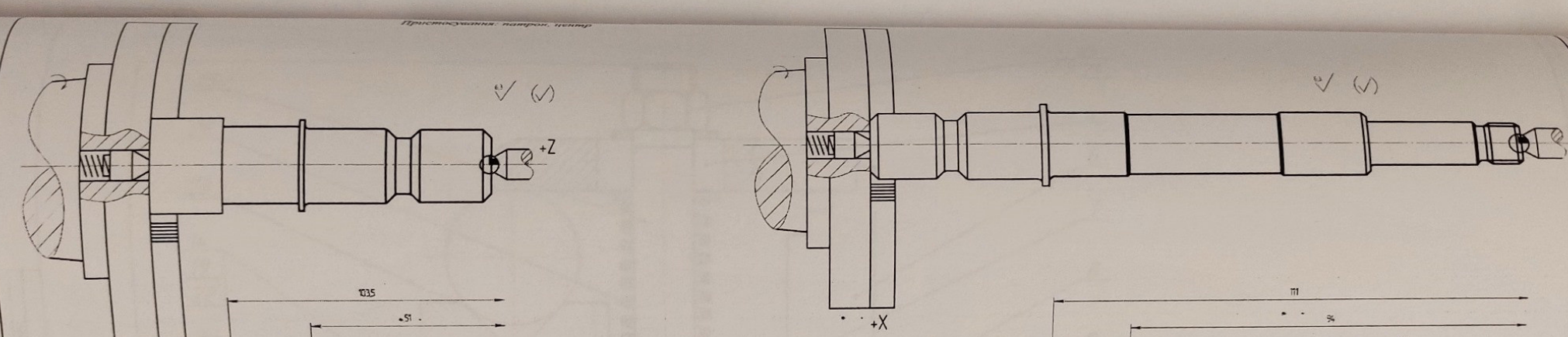
13. Васильченко Я.В. Математичне моделювання процесів різання та різальних інструментів. Практикум. ДДМА, Краматорськ, 2019. – 249с

14. 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

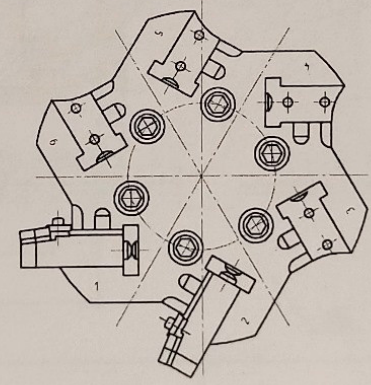
15. Kravchenko, Yu., & Derbaba, V. (2020). Empirical definition of the shearing angle and chip-edge contact length when cutting. Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 63, 123-133. <http://znp.nmu.org.ua/index.php/en/archives/33-63en/358-63en11>.

16. Щербина Є.Ю. Критерії стійкості ріжучого інструменту для висошвидкісної обробки / Є.Ю. Щербина, В.А. Дербабя, 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> .



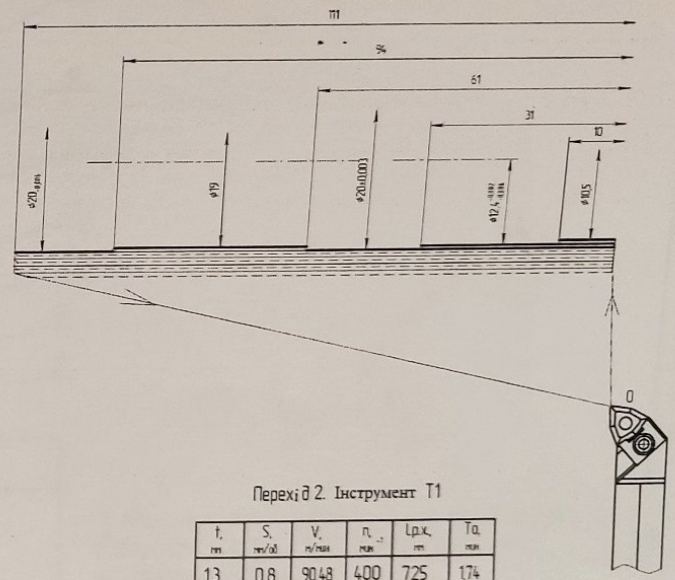


--- Холостий крок  
 — Робочий крок



Перехід 1. Інструмент Т1

t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L <sub>рх</sub> , м	T <sub>о</sub> , хв
13	0,8	9048	400	725	174

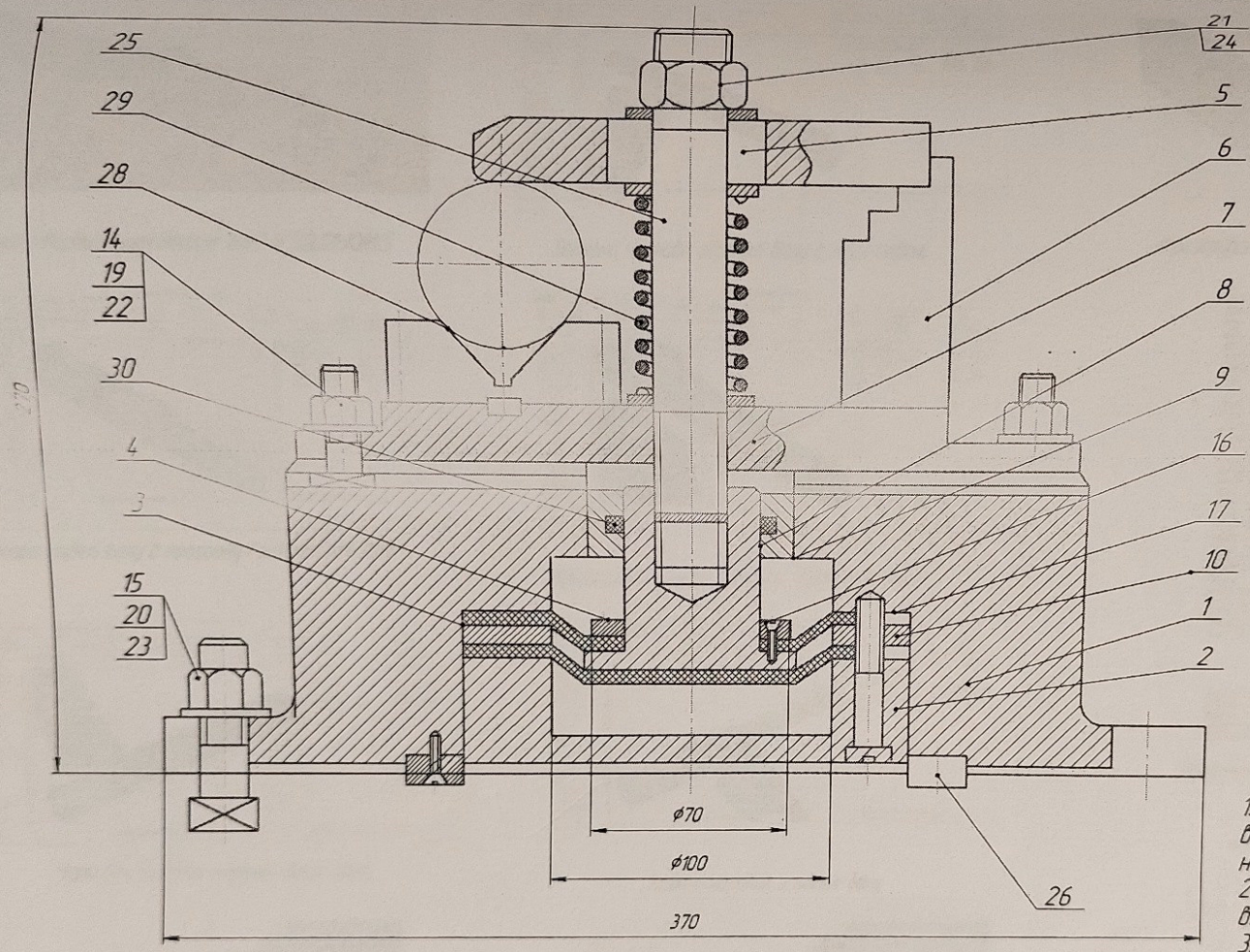


Перехід 2. Інструмент Т1

t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L <sub>рх</sub> , м	T <sub>о</sub> , хв
13	0,8	9048	400	725	174

T1- різець ISCAR PWBNN2525HW с пластиной WNMG060408-M3 TP2000

*Handwritten signature in red ink.*



*до захвату*

1. Відхилення від паралельності осей призм відносно поверхні А не більше 0,014 мм на довжині 240мм;
2. Відхилення від паралельності осей призм відносно поверхні Б не більше 0,010 мм;
3. Зусилля затискання деталі F=2339Н;
4. Тиск у робочій камері P=0,4-0,6МПа.

Лист № 1/1  
 Назва  
 Матеріал  
 Креслення  
 Дата  
 Автор  
 Перевірив

				ТММ.131-ОНПМ.23.03.02 СК			
№ з/к	№ з/к	№ з/к	№ з/к	Пневматичне верстатне пристосування спеціальне	Лист	Маса	Масштаб
Розроб	Заказника	Проєкт	Листів				1:1
Контроль	Листів	Листів	Листів	Лист	Листів	1	
Начальник	Рубин	Листів	Листів	НТУ "ДП"			
Уніт	Листів	Листів	Листів				Формат А2





## ВІДГУК

керівника випускної магістерської кваліфікаційної роботи  
здобувача Захаренко Сергія Володимировича

Кваліфікаційна робота Захаренко Сергія Володимировича виконана на актуальну тему.

Кваліфікаційна робота може бути оцінена по розділам на відповідність вимогам стандартам вищої освіти та складовим опису кваліфікаційного рівня наступним чином:

- 1) 93 бали за аналітичний розділ, що містить аналізи конструктивних та технологічних особливостей деталі. Недоліками розділу є:
    - посилання на стандарти, що не є діючими, наприклад ДСТУ 4543-71, ОСТ 190005-91;
    - некоректні варіанти технічних термінів, наприклад «витримка 3 ч», «Після відпалу (відпустки)» і т.п.
  - 2) 88 балів за технологічний розділ, в якому виконано проєкт технології обробки деталі. Недоліками розділу є:
    - широке застосування морально застарілого технологічного обладнання, наприклад 676П, 1А64;
    - відсутність в технологічному маршруті обробки валу (табл. 2.2) сучасних верстатів з ЧПК;
    - некоректні словосполучення, наприклад «Діаметр виробу шліфується в закриті люнеті», «Висновок: дані технічні можливості програм і обладнання на сьогоднішній день дозволяють виключити на 90% можливість появи небажано шлюбу ще на стадії проєктування»
  - 3) 80 балів заслуговує спеціальний розділ. Недоліками розділу є:
    - не вказано, до якого верстату з ЧПК запроектовано пристосування. Відомо, що більшість токарно-фрезерних верстатів з ЧПК не потребують вказаного пристосування.
  - 4) 90 балів заслуговує науково-дослідницький розділ. Недоліками розділу є:
    - не вказано посилання на джерело до рис. 3.2 – Блок схема алгоритму. Але ж вказана схема запозичена з публікації професора Петракова Ю.В.;
    - не мається в розділі формулювання щодо наукової новизни.
- На 70 балів оцінена якість оформлення. Недоліками оформлення є недотримання вимог Методичних рекомендацій до виконання кваліфікаційної роботи магістра: повністю відсутні Додатки.
- В цілому представлена на підпис випускна кваліфікаційна робота з урахуванням відмічених недоліків може бути оцінена на 70 балів (задовільно).

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

С.Т. Пацера

**РЕЦЕНЗІЯ**  
на кваліфікаційну роботу магістра  
студента гр.131м-21н-1  
**Захаренко Сергія Володимировича**  
НТУ «Дніпровська політехніка»  
на тему:

«Дослідження режимних параметрів процесу різання на токарних операціях  
механічної обробки деталі Вал шліцьовий»

Кваліфікаційна робота Сергія Володимировича виконана в повному обсязі. В науково-дослідній роботі магістра висвітлені наукові проблеми і практичні питання вибору раціональної технології обробки поверхонь деталі вал, а також раціонального вибору прогресивного інструменту, режимів різання, оснащення та обладнання для якісної та ефективної механічної обробки деталі «Вал».

Захаренко С.В. достатньо повно змодельював предмет, об'єкт розроблення випускної роботи як раціональний технологічний процес виготовлення деталі з застосуванням багатоцільових верстатів з ЧПК та досліджень при розрахунках раціональної технології автоматизованої механічної обробки у спеціалізованих інженерних програмах.

Метою кваліфікаційної роботи є розрахунок оптимальної технології токарно обробки на верстаті з програмним керуванням.

Наукова частина дипломної роботи полягає у моделюванні раціональної технології обробки токарної деталі у спеціалізованій САМ-системі.

Практична цінність полягає в складеній методиці для визначення оптимальних режимних параметрів при автоматизованій механічній обробці у спеціалізованих інженерних програмах.

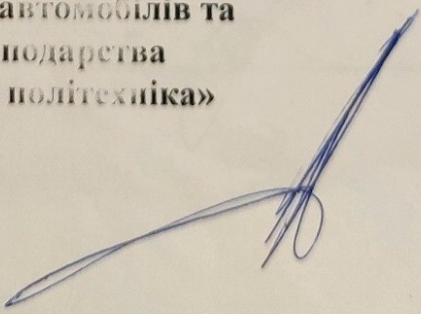
Роботі можна висловити декілька зауважень. Авторіві варто було б приділити більше уваги до коректного оформлення конструкторської та технологічної документації, умовних позначень та ескізів науково-дослідницького розділу. Також рекомендовано застосовувати більш сучасні прогресивне оснащення у своїй дослідницькій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

Виявлені зауваження частково знижують вагу здійснених автором розробок. Кваліфікаційна робота варта оцінки «добре» (84 бали), а Захаренко С.В. заслуговує здобуття кваліфікації магістра зі спеціальності 131 Прикладна механіка за ОНП «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва».

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

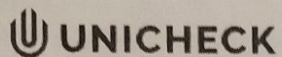
12 червня 2023 р.

**Костянтин БАС**



# Результат перевірки унікальності тексту

Випускної кваліфікаційної роботи Захаренко С.В.



Ім'я користувача:  
Олександр Богданов

Дата перевірки:  
01.06.2023 07:42:44 EEST

Дата звіту:  
01.06.2023 17:55:42 EEST

ID перевірки:  
1015594260

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

ID користувача:  
100010623

Назва документа: ДП Захаренко

Кількість сторінок: 56 Кількість слів: 9255 Кількість символів: 66112 Розмір файлу: 2.79 MB ID файлу: 1015243307

## 17.1% Схожість

Найбільша схожість: 2.79% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/153751>)

17% Джерела з Інтернету

393

Сторінка 58

0.43% Джерела з Бібліотеки

5

Сторінка 61

Виконавець  
кваліфікаційної роботи

С.В. Захаренко

Керівник  
кваліфікаційної роботи

С.Т. Пацера

Перевірив текст

О.О. Богданов

Завідувач кафедри

В.А. Дербаба