

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 Моцух Дмитро Олександрович  
академічної групи 131М-22Н-1 ММФ  
спеціальності 131 Прикладна механіка  
за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг  
машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження автоматизованого технологічного процесу  
виготовлення деталі «Корпус» та контрольно-вимірювальних операцій  
засобами САІ системи»

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

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Музичка Д.Г.			
розділів:				
Аналітичний	Музичка Д.Г.			
Технологічний	Музичка Д.Г.			
Спеціальний	Музичка Д.Г.			
Науково- дослідницький	Музичка Д.Г.			
Рецензент	Корсун В.І.			
Нормоконтролер	Дербаба В.А.			

Дніпро - 2024



## РЕФЕРАТ

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

Тема: «Дослідження автоматизованого технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» та контрольних-вимірювальних операцій засобами САІ системи».

Механічна обробка деталі за допомогою фрезерування на сучасних верстатах з ЧПК – один із самих оптимальних способів отримати поверхні, та деталь в цілому з точними розмірами та с високою чистотою поверхні.

У дипломній роботі досліджується процес механічної обробки деталі «Корпус» в САМ-середовищі Autodesk PowerMill.

Предмет дослідження – корекція процесу механічної обробки за допомогою САМ-системи Autodesk PowerMill, в якій є можливість керувати та редагувати процес обробки в баготовісних верстатах з ЧПК.

Метою дипломної роботи – є визначення та отримання оптимальних траєкторій фрезерування та свердлування на фрезерувальному верстаті з ЧПК для оптимізації на виробництві.

Методика досліджень - комп'ютерне моделювання фрезерних та свердлильних операцій в середовищі САМ-програми, а саме Autodesk PowerMill.

Результат роботи – знаходження оптимальної траєкторії обробки деталі інструментом. Отримання даних щодо встановлення найбільш оптимального та меншого часу затрати на обробку деталі «Корпус». А також, заміна застарілого ріжучого інструменту на сучасний, прогресивний і ефективний в умовах сучасного виробництва.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи - полягає у складених методичних рекомендаціях щодо досліджень контрольних-вимірювальних операцій складного профілю деталі при активному контролі на верстаті з ЧПК.

Практична цінність полягає в розробці більш раціонального способу вимірювань і контролю розмірів та поверхонь машинобудівної деталі з високими вимогами до точності при активному контролі в процесі виготовлення.

Ключові слова: фрезерування, свердлування, нарізь, САД/САМ/САЕ системи, верстат з ЧПК, ріжучий інструмент, корпус.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ .....	6
1.1 Ведення.....	6
1.2 Характеристика об'єктів виробництва .....	9
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі «Корпус» .....	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ .....	17
2.1 Встановлення виробничої програми випуску деталей.....	17
2.2 Вибір і економічне обґрунтування способу отримання заготовки .....	18
2.2.1 Обґрунтування способу отримання заготовки для виготовлення деталі «Корпус» .....	18
2.3 Розробка маршрутної технології виготовлення деталі «Корпус» .....	22
2.4 Розрахунок припусків і операційних розмірів механічної обробки .....	24
2.5 Детальна розробка операцій технологічного процесу механічної обробки заданої деталі .....	28
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ .....	42
3.1. Обладнання для обробки заготовки та візуалізація в програмі Autodesk PowerMill Ultimate 2019 .....	42
3.1.1. Переваги та необхідність САМ-системи PowerMill .....	42
3.1.2. Обладнання для Фрезерування та візуалізація у САМ-системі .....	44
3.1.3. Обладнання для свердління і візуалізація у PowerMill .....	45
3.1.4. Обладнання для нарізи різьби і візуалізація у PowerMill .....	48
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ .....	48
Загальні висновки.....	56
Перелік посилань.....	57
Додатки.....	58

## Вступ

За порівняно короткий термін верстати з ЧПУ зарекомендували себе як ефективний автоматизоване обладнання, що дозволяє досягти високих технічних і економічних показників, вирішити ряд важливих соціальних завдань. Основні переваги виробництва за допомогою станків з ЧПУ в порівнянні з виробництвом, що використовують універсальні верстати з ручним керуванням, такі:

- скорочення основного і допоміжного часу виготовлення деталей;
- підвищення точності обробки;
- простота і малий час переналагодження;
- скорочення потреби в висококваліфікованій робочій силі;
- можливість застосування багатостанкового обслуговування;
- зниження витрат на спеціальні пристосування;
- скорочення циклу підготовки виробництва нових виробів і термінів їх поставки;
- концентрація операцій, що забезпечує скорочення обігових коштів у незавершеному виробництві, а також витрат на транспортування і контроль деталей;
- зменшення числа бракованих виробів з вини робітника.

Досвід показує, що найбільший економічний ефект дає виготовлення на верстатах з ЧПУ складних деталей, в тому числі з важкооброблюваних матеріалів, підвищеної точності, що вимагають виконання багатьох технологічних операцій.

Якість роботи, виконаної продукції залежить від правильної експлуатації і якісного ремонту електроустаткування.



Customer	Your customer company name here	Inspector	Your inspector's name here
Description	Your part description here	Customer contact	Your contact person
Part No.	Your part number	Customer phone No.	Your customer phone No.
Drawing number	Your drawing number	Customer fax No.	Your customer fax No.
Datum	Your Datum	Report Type	Your type here

Measure: <имитация измерения>

Группа геометрических элементов 1

Окружность 1 (Система координат - СКМ (СК матмодели))							
		Н.отк	В.отк	Номинал	Измеренный	Отклонение	Ошибка
Центр	X	-0,100	0,100	0,000	-0,005	-0,005	-
	Y	-0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	-
Диаметр	Z	-1,000	1,000	31,500	32,500	1,000	-
		-0,100	0,100	15,000	14,994	-0,006	-

Число точек: 4

Окружность 2 (Система координат - СКМ (СК матмодели))							
		Н.отк	В.отк	Номинал	Измеренный	Отклонение	Ошибка
Центр	X	-0,100	0,100	89,500	89,500	-0,000	-
	Y	-0,100	0,100	-0,000	-0,000	-0,000	-
Диаметр	Z	-1,000	1,000	25,500	26,500	1,000	-
		-0,100	0,100	18,000	17,998	-0,002	-

Число точек: 4



Customer	Your customer company name here	Inspector	Your inspector's name here
Description	Your part description here	Customer contact	Your contact person
Part No.	Your part number	Customer phone No.	Your customer phone No.
Drawing number	Your drawing number	Customer fax No.	Your customer fax No.
Datum	Your Datum	Report Type	Your type here

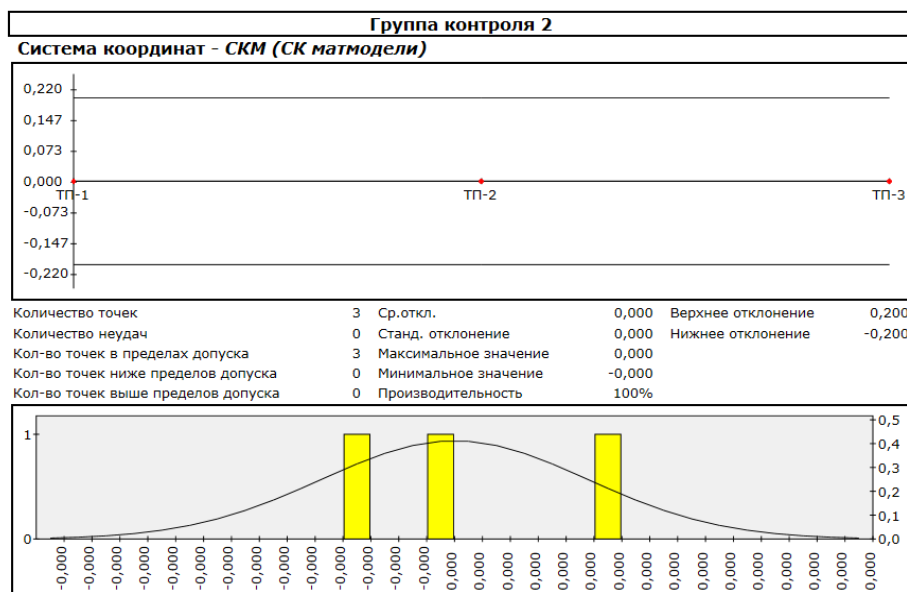
**Measure: <имитация измерения>**

Группа геометрических элементов 1							
Окружность 2 (Система координат - СКМ (СК матмодели))							
		Н.отк.	В.отк.	Номинал	Измеренный	Отклонение	Ошибка
Центр	X	-0,100	0,100	-71,500	-71,500	0,0000	-
	Y	-0,100	0,100	28,600	28,600	-0,0000	-
	Z	-0,100	0,100	46,475	46,475	0,0000	-
Диаметр		-0,100	0,100	13,442	13,440	-0,002	-
Число точек: 4							
Окружность 3 (Система координат - СКМ (СК матмодели))							
		Н.отк.	В.отк.	Номинал	Измеренный	Отклонение	Ошибка
Центр	X	-0,100	0,100	56,485	56,485	0,0000	-
	Y	-0,100	0,100	28,600	28,600	0,0000	-
	Z	-0,100	0,100	38,753	38,753	0,0000	-
Диаметр		-0,100	0,100	16,302	16,301	-0,001	-
Число точек: 4							
Цилиндр 1 (Система координат - СКМ (СК матмодели))							
		Н.отк.	В.отк.	Номинал	Измеренный	Отклонение	Ошибка
Диаметр		-0,100	0,100	13,442	13,440	-0,002	-
Число точек: 12							

Autodesk

www.powerinspect.com

www.autodesk.com



Autodesk

www.powerinspect.com

www.autodesk.com

Рисунок 4.17 - Звіт контролю заготовки «Корпус»

```
08888
(PowerINSPECT PIPartAlign calculated Datum)
(Generated 04/05/2021 21:44)
(PWI File: PowerInspect4)
(Partname <имитация измерения>)
(Number of Digits: 5)
G69
G49
G52 X 4.64750 Y-10.72734 Z46.47500
(Set Rotation angle at new origin)
G68 X0.0 Y0.0 Z0.0 R 0.00000
M99
%
```

Рисунок 4.18 - Код керуючої програми заготовки «Корпус»

Графічна частина дослідження наглядно продемонструвала різницю у відхиленнях між готовим виробом та заготовкою. Також в звіті продемонстровані дані про отримані координати точок та аналіз наявності помилок у контролі поверхонь заготовки, яких не має.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В якості загальних висновків, можна сказати наступне - у програмі Delcam PowerMill Ultimatr 2019 мається значна кількість стратегій та траєкторій для чорнкової і чистової обробки поверхонь деталі. Значна кількість варіантів траєкторій чистової обробки деталі і варіативність програмування підводів, відводів, переходів і підйому ріжучого інструменту призводить до значного скорочення часу на розрахунок траєкторії на ПК та машинного часу на обробку деталі. В результаті раціоналізації обробки значно скорочено машинний час, а як наслідок, і кількість переміщень та підйомів робочих вузлів верстата, що відображається на ресурсі самого верстата та стійкості ріжучого інструменту в цілому.

Щодо науково-дослідницького розділу можна сказати що імітаційно-статистичне моделювання при аналізі перехідної посадки надає досліднику значно більше можливостей у порівнянні з методом, що оснований на використанні табульованої інтегральної функції ймовірності, окрім цього цей спосіб дещо простіший, та потребує менше часу

## 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 (1 файл: 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. Лінійка необертальних інструментів. Токарна обробка. Обробка канавок. Різьбонарізання. Відрізання. 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, Січкара, 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> .
17. Derbaba V.A. Evaluation of the adequacy of the statistical simulation modeling method while investigating the components presorting processes / V.A. Derbaba, V.V. Zil, S.T. Patsera // Scientific bulletin of National Mining University Dnipropetrovsk.. – 2014. – № 5 (143). – P. 45-50.