

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»
Модернізація верстатів з ЧПК на ТЗОВ «Електрик»
спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)**

освітня програма «Прикладна механіка»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМм-21
Бурдак Андрій Михайлович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Полінкевич Роман Миколайович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Р. Редько

“ _____ ” _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Бурдаку Андрію Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Модернізація верстатів з ЧПК на ТЗОВ «Електрик»»», керівник кваліфікаційної роботи магістра Полінкевич Роман Миколайович к.т.н., доц. каф. ПМіМ затверджені наказом вищого навчального закладу від «30» грудня 2023 р. № 452/01-02.

2. Строк подання студентом роботи 01.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: звіт з переддипломної практики, конструкторсько-технологічна документація, відгуки підприємств про роботу обладнання, паспорти верстатів, патенти, нормативні дані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз верстатного парку, що потребує модернізації на даному підприємстві. 2. Визначення перспективних напрямків модернізації. 3. Модернізація системи УЧПУ на фрезерному версті моделі ГДВ400ПМ1Ф4. 4. Технологічний процес обробки деталі СОБАЧКА НКІІ741 374 068. Висновки та рекомендації. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Загальний лист (1 лист ф.А1); Схема УЧПК (1 лист ф.А1); Системи УЧПК (1 лист ф. А1); Деталь (1 лист ф. А1);

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

03.09.2024 р.

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Примітка
1.	<i>Вступ. Аналіз верстатного парку, що потребує модернізації на даному підприємстві.</i>	<i>15.09.24</i>	
2.	<i>Визначення перспективних напрямків модернізації</i>	<i>05.10.24</i>	
3.	<i>Модернізація системи УЧПУ на фрезерному версті моделі ГДВ400ПМ1Ф4</i>	<i>25.10.24</i>	
4.	<i>Технологічний процес обробки деталі СОБАЧКА НКАИ741 374 068.</i>	<i>10.11.24</i>	
5.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>20.11.24</i>	
6.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>25.11.24</i>	
	<i>Представлення кваліфікаційної роботи магістра до захисту</i>	<i>01.12.24</i>	

Студент

(підпис)Гардізон В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)Полінкевич Р.М.

(прізвище та

ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бурдак А.М. Модернізація верстатів з ЧПК на ТЗОВ «Електрик». – Рукопис.

Атестаційна магістерська робота на здобуття кваліфікації магістра із спеціальності 131 – Прикладна механіка – Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2024.

Робота присвячена питанням модернізації конструктивно-технологічних систем керування металорізальних верстатів для розширення їх технологічних можливостей. В роботі проводився аналіз наявних токарних та фрезерних верстатів з ЧПУ, вибір системи ЧПК. Розроблена графічна частина та технологічна документація.

Ключові слова: фрезерний верстат з ЧПУ, контролер, фотодатчик, перетворювач, високошвидкісна обробка.

ANNOTATION

Burdak A.M. Modernization of CNC machines at TZOV "Electric". – Manuscript.

Certification master's thesis for obtaining a master's degree in specialty 131 - Applied Mechanics - Lutsk National Technical University. – Lutsk, 2024.

The work is devoted to the issues of modernization of structural and technological control systems of metal-cutting machines to expand their technological capabilities. The work analyzed the existing CNC lathes and milling machines, selected the CNC system. The graphic part and technological documentation were developed.

Keywords: CNC milling machine, controller, photosensor, converter, high-speed processing.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВЕРСТАТНОГО ПАРКУ, ЩО ПОТРЕБУЄ МОДЕРНІЗАЦІЇ НА ДАНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ.....	10
1.1 Призначення і коротка технічна характеристика обладнання підприємства ТЗОВ "Електрик".....	11
1.1.1 Характеристика верстатів токарної групи.....	11
1.1.2 Характеристика верстатів фрезерної групи.....	12
1.2 Аналіз систем керування верстатного парку підприємства ТЗОВ "Електрик".....	13
1.2.1 Модернізація верстатів із промелектронікою і ЧПУ.....	13
1.2.2 Системи УЧПУ, які пропонуються до розгляду.....	15
РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	26
2.1 Основні положення для проведення модернізації.....	26
2.2 Визначення технічної політики.....	28
2.3 Розробка стандарту по експлуатації верстатів із ЧПУ.....	30
2.4 Використання «стиків».....	31
2.5 Функції оператора і налагоджувальника.....	35
2.6 Доступ до керуючої програми.....	36
2.7 Використання можливості CAD/CAM-систем.....	38
2.8 Високошвидкісна обробка на фрезерних верстатах.....	40
2.8.1 Технологічні особливості системи обробки.....	42
2.8.2 Врізання інструменту.....	45
2.8.3 Способи обробки.....	46
2.8.3.1 Різання паралельними шарами.....	46
2.8.3.2 Мінімум врізувань інструменту.....	47

2.8.4 Рекомендації для попередньої обробки.....	47
2.8.5 Огляд принципів ВШО.....	48
2.8.5.1 Швидкість і сила різання.....	48
2.8.5.2 Система ЧПУ.....	50
2.8.5.3 Високошвидкісний шпиндель.....	51
2.8.5.4 Ріжучий і допоміжний інструмент.....	51
2.8.5.5 Малий припуск.....	53
2.8.5.6 Боротьба з кутами.....	56
2.8.5.7 Рівномірне навантаження.....	56
РОЗДІЛ 3. МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УЧПУ НА ФРЕЗЕРНОМУ	
 ВЕРСТАТІ МОДЕЛІ ГДВ400ПМ1Ф4.....	59
3.1 Опис систем, що підлягають модернізації	
на токарних верстатах.....	59
3.2 Модернізація систем УЧПУ на токарних верстатах.....	60
3.3 Модернізація систем УЧПУ на фрезерних верстатах.....	64
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ОБРОБКИ ДЕТАЛІ	
 СОБАЧКА НКAI741 374 068.....	67
4.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі	
«собачка» при застосуванні нових систем модернізації.....	67
4.2 Основні задачі САПр ТП в технологічній	
підготовці виробництва.....	69
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодні багато промислових підприємств хотіли б замінити зношене і морально застаріле обладнання на нове, сучасне. Часто, наявне на підприємствах обладнання, яке виготовлене ще в радянські часи, знаходиться у розукомплектованому стані. При цьому механіка, як правило, знаходиться в дуже хорошому стані, а автоматика, як правило, вже морально та фізично застаріла. У зв'язку з цим актуальними є рішення щодо відновлення, реконструкції або модернізації такого устаткування.

Крім того, на промислових підприємствах зустрічаються раритетні системи ЧПК, яким треба віддати належне, оскільки вони продовжують працювати до сьогодні. Проте, у випадку поломки, відновлення їх працездатності вимагатиме досить багато зусиль від висококваліфікованого обслуговуючого персоналу, причому надійність системи залишається дуже низькою. У даній ситуації, значно кращим варіантом є модернізація з "Індивідуальним підходом". Така модернізація передбачає повну чи часткову заміну електроніки обладнання, залежно від її стану та зносу, а в разі відновлення розукомплектованого обладнання – встановлення сучасної електроніки і електроавтоматики натомість відсутньої із збереженням функціональних можливостей і технічних характеристик відновлюваного або модернізованого обладнання.

Глибина модернізації залежить від технічного стану обладнання. До кожної модернізації або відновлення необхідно підходити індивідуально, навіть якщо є готовий проект проведеної модернізації даного типу обладнання. Тільки у цьому випадку можна досягнути значного підвищення надійності роботи обладнання, суттєво підвищити його продуктивність, розширити його технологічні можливості та надати модернізованому обладнанню принципово нових функціональних можливостей.

Провівши аналіз обладнання на ТзОВ "Електрик", було вирішено провести модернізацію конструктивно-технологічних параметрів

металорізального обладнання, що і стало основним завданням магістерської роботи.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є модернізація конструктивно систему керування металорізальних верстатів для розширення їх технологічних можливостей.

Для досягнення мети поставлені наступні задачі:

- 1) провести аналіз верстатного обладнання з ЧПК ТзОВ "Електрик";
- 2) проаналізувати існуючі системи ЧПК верстатного парку підприємства ТзОВ "Електрик" і обґрунтувати напрямки модернізації;
- 3) розробити сучасну схему керування для верстата ГДВ400ПМ1Ф4.

Об'єкт дослідження. Металорізальні верстати підприємства.

Предмет дослідження. Система керування верстатного парку підприємства ТзОВ "Електрик".

Методи дослідження. При виконанні роботи комплексно застосовувались теоретичні та практичні методи дослідження.

Наукова новизна:

- розроблена схема програмно-числового керування;
- модернізовано ЧПУ верстата ГДВ400ПМ1Ф4;
- оптимізовано технологічний процес виготовлення деталі «собачка».

Особистий внесок здобувача. Основні результати, які становлять суть магістерської роботи, висновки і рекомендації належать автору, який визначив мету і поставив задачі досліджень, провів весь комплекс досліджень щодо модернізації верстатного парку підприємства ТзОВ "Електрик".

Апробація отриманих результатів роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися і обговорювалися на наукових семінарах кафедри прикладної механіки, IV студентській науково-технічній конференції факультету транспорту та механічної інженерії "Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії", 15-16 листопада 2024 р., ЛНТУ.

Публікації по роботі. Основні положення та результати магістерської роботи опубліковано у матеріалах і тезах IV студентській науково-технічній

конференції факультету транспорту та механічної інженерії “Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії”.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку джерел та додатків. Зміст роботи викладений на 82 сторінках машинописного тексту, ілюструється 39 рисунками та 3 таблицями. Додатки складають 14 сторінок. Список використаних джерел складає 35 найменування.

1 АНАЛІЗ ВЕРСТАТНОГО ПАРКУ, ЩО ПОТРЕБУЄ МОДЕРНІЗАЦІЇ НА ДАНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

На сьогоднішній день багато заводів мають в своєму активі верстатне обладнання, моральний і фізичний знос якого, часто, істотно перевищує допустимі нормативи. Тому перед керівництвом будь-якого підприємства питання про модернізацію виробництва, заміну або ремонт обладнання набуває вирішального значення.

Враховуючи не просту ситуацію в машинобудівному комплексі, найбільш оптимальним рішенням цієї задачі є поступовий ремонт і модернізація існуючого верстатного парку, як з погляду набагато менших капіталовкладень, так і через ряд технічних причин.

Будь-який верстат має в своєму складі литі базові вузли (станина, стійка), які за весь термін експлуатації практично не мають серйозних механічних пошкоджень, до того ж вони з часом не погіршують, а покращують свої механічні властивості за рахунок природного процесу старіння металу. Відновлення геометричної точності базових вузлів верстата в сукупності з кваліфіковано виконаними ремонтними роботами, впровадженням нових систем управління і технологій дозволяють вийти на рівень технічних характеристик нового верстата, а у ряді випадків і перевершити їх.

Віддаючи перевагу ремонту і модернізації перед купівлею нових верстатів, підприємство економить 30-60% грошових коштів, отримуючи при цьому обладнання сучасного рівня з гарантійним обслуговуванням.

Важливим аспектом модернізації металообробного обладнання є вибір СЧПУ. Основна проблема полягає у відсутності на ринку вітчизняної сучасної надійної і високопродуктивної цифрової системи ЧПУ з числом осей до 8-ми і більш. Система ЧПУ має бути орієнтована на вирішення завдань технічного переозброєння і модернізації існуючого верстатного парку підприємств машинобудівною, авіакосмічною, автомобільною, суднобудівельною галузеві промисловості.

1.1 Призначення і коротка технічна характеристика обладнання підприємства ТзОВ "Електрик"

1.1.1 Характеристика верстатів токарної групи

Токарний верстат з ЧПУ, розроблений на базі токарного верстату з ЧПУ підвищеної точності моделі 16K20T1, призначений для токарної обробки деталей типу тіл обертання за програмою, що вводиться вручну або записаною на жорсткому диску. На цьому верстаті можна виконувати обробку деталей із ступінчастим і криволінійним профілем, у тому числі і нарізування різьб. Деталі, що обробляються на даному верстаті, виготовляють з легованої, зносостійкої, жароміцної і жаростійкої сталей, тому верстат повинен володіти високою жорсткістю. Широкий діапазон частот обертання шпинделя і швидкостей подач з безступінчатим регулюванням дозволяє обробляти деталі з чавуну, сталі, алюмінію та інших металів і сплавів. Програмне управління верстата дозволяє обробляти деталі дуже складного профілю з великою кількістю переходів в автоматичному режимі, що є економічно вигідно для серійного, малосерійного і одиничного виробництва.



Рисунок 1.1 – Верстат 16K20T1

1.1.2 Характеристика верстатів фрезерної групи

Фрезерний верстат з ЧПУ ГФ2171 широко використовується в металообробних виробництвах для виконання різноманітних фрезерних робіт циліндричними, кутовими, фасонними, торцевими і іншими фрезами. Верстат ГФ2171 призначений для обробки горизонтальної і вертикальної площини, пазів, рамок, кутів, зубчатих коліс, спіралей, моделей штампів, прес-форм і інших деталей із сталі, чавуну, кольорових металів, їх сплавів і пластмас. Верстат ГФ2171 оснащений спеціальним фрезерним хоботом з самостійною коробкою швидкостей і електроприводом, на якому розташована поворотна і накладна головки шпинделів, що дає можливість вести обробку під будь-яким кутом.



а)



б)

Рисунок 1.2 – Фрезерний верстат з ЧПУ ГФ2171:

а) загальний вигляд верстата; б) електрошафа верстата

Характеристика багатоцільового горизонтального свердлильно-фрезерно-розточувального моделі ГДВ400ПМ1Ф4

Опис: для комплексної обробки деталей з однієї установки в позиційних і контурних режимах програмного управління.



Рисунок 1.3 – Багатоцільовий горизонтальний свердлильний-фрезерно-розточувальний верстат ГДВ400ПМ1Ф4

1.2 Аналіз систем керування верстатного парку підприємства ТЗОВ "ЕЛЕКТРИК"

1.2.1 Модернізація верстатів із промелектронікою і ЧПУ

Перелік робіт, які виконувалися під час модернізації верстатів:

- заміна систем ЧПУ;
- заміна приводів подач і приводів головного руху;
- заміна шафової електроавтоматики верстатів;
- заміна датчиків зворотному зв'язку на кругові і лінійні фотоелектронні датчики;
- заміна пристроїв цифровій індикації;
- заміна приводів подач і приводів головного руху верстатів на частотні.

Приводи "КЕВ" забезпечують високу динаміку, постійність потужності, високу точність обертання, безшумність роботи двигунів.

Впровадження частотних приводів в різних системах АСУ і енергозберігаючих технологіях.

Заміна приводів подач і приводів головного руху верстатів із збереженням трансформаторів, що є на верстаті, і дроселів приводів.

Найбільш широке застосування в даний час знаходять частотно-регульовані електроприводи. Практика використання частотно-регульованого електроприводу у верстатобудуванні показує, що їх впровадження і використання забезпечує значні переваги перед нерегульованими приводами і приводами постійного струму. Це зниження споживання електроенергії, плавний пуск електродвигунів без механічних поштовхів і перевантаження електричної мережі; плавність і точність регулювання в широкому діапазоні частоти обертання; підвищення швидкодії, особливо в реверсивних режимах роботи; підвищення терміну служби і надійності електроприводів за рахунок захисту електродвигунів від перегріву, перевантаження по струму. Цифрові частотні перетворювачі "КЕВ" (Німеччина) є пристроєм на основі мікропроцесора. Це дозволило зробити їх надійними пристроями з широкими функціональними і сервісними можливостями. F5M – високомоментні приводи з надійними асинхронними двигунами в комбінації з цифровими перетворювачами відкривають новий діапазон застосувань в промисловості, яка у минулому була оснащена такими, що вимагають великих витрат на обслуговування приводами постійного струму.

F5-M включає:

- високу динаміку приводів подач металорізальних верстатів;
- постійність потужності в приводах шпинделів металорізальних верстатів;
- кругові енкодери як датчики швидкості (тахогенераторів);
- швидкодіючі регулятори струму і частоти обертання;

Ядро системи – процесор КЕВ – MFC/DSP забезпечує:

- високу точність частоти обертання приводу шліфувальних верстатів;
- простоту і високу точність синхронізації валків прокатних станів;
- постійність зусилля натягнення в намотувальному устаткуванні;

- номінальний момент двигуна в стані спокою для ліфтів і підйомників;
- безшумність обертання двигуна.

Результат застосування:

- висока надійність;
- швидка окупність;
- малі витрати на обслуговування;
- швидке введення в експлуатацію.

1.2.2 Системи УЧПУ, які пропонуються до розгляду



Рисунок 1.4 – Системама ЧПУ NC-201

Базовими системами ЧПУ є УЧПУ NC-201 для токарних систем, NC-210 для токарних і інших верстатів з кількістю координат не більш 4-х, і NC-110 для верстатів з кількістю координат до 16-ти. Дані системи побудовані на основі процесора Pentium, володіють високою надійністю і великим об'ємом пам'яті для зберігання керуючих програм. Підготовка керуючих програм не вимагає ніяких додаткових пристроїв, здійснюється безпосередньо на комп'ютері і переноситься в пам'ять УЧПУ з дискети. Володіючи кольоровим

дисплеєм TFT, все УЧПУ легко розділяють інформацію на дисплеї, що позитивно позначається на зручності її використання. Володіючи інтегрованим в ПРО контролером, УЧПУ адаптуються до будь-яких видів верстатів, враховуючи побажання замовника по методах управління. Контролер так само постійно обробляє інформацію з різних датчиків верстата і при виникненні несправності, друкує про це повідомлення російською мовою. Контролер так само забезпечує обробку все блокувальних ситуацій і друкує повідомлення на дисплеї про помилки оператора і блокувальні ситуації.

Особливості програмного забезпечення:

- компенсація радіусу інструменту;
- зсув нуля;
- визначення величини припуску;
- конічне і циліндричне різенарізання;
- цикли обробки;
- програмування дуги через радіус;
- цикл вимірювання інструменту
- паралельні осі;
- запам'ятовуючий пошук для продовження обробки після останову;
- автоматичне повернення на профіль;
- підготовка керуючих програм, одночасно з обробкою;
- графічний екран;
- повідомлення про помилки оператора і стані агрегатів верстата.

Управління декількома процесами. Перевагою NC-201 є низька вартість за рахунок оптимізації кількості координат. Це спеціалізована система УЧПУ, призначена для управління токарною групою верстатів. Володіючи тими ж технологічними можливостями, вартість її в порівнянні з NC-210 нижче на 15%. Всі системи ЧПУ можуть бути оснащені зовнішніми вхідними і вихідними модулями з індикацією, які з'єднуються з блоком, що управляє, інтерфейсними кабелями, що набагато підвищує надійність роботи комплексу і не вимагає великих витрат на діагностику електроустаткування верстата.



Рисунок 1.5 – Перетворювачі приводу шпинделя верстатів з ЧПУ MDC2

Перетворювачі MDC2 є пристроями для управління двигунами постійного струму приводів шпинделів верстатів з ЧПУ. Перетворювачі є пристроями, розробленими на основі спеціалізованих контролерів, що дозволили значно зменшити апаратну частину перетворювачів і так само в такому ж ступені збільшити їх надійність в порівнянні із старими моделями перетворювачів КЕМТОР і КЕМРОС.

Перетворювачі MDC2 дозволяють:

- значно зменшити вартість відновлення працездатності приводу верстата за рахунок збереження двигуна;
- забезпечити високу надійність роботи приводу;
- забезпечити швидке введення в експлуатацію;
- зменшити витрати на обслуговування за рахунок високої надійності перетворювачів;
- забезпечити швидку окупність за рахунок невисокої вартості;
- забезпечити простоту обслуговування за рахунок конструкційних особливостей;
- не вимагають перепідготовки обслуговуючого персоналу. і забезпечують постійність моменту в першій зоні регулювання;
- постійність потужності до максимальної швидкості;
- перекриття всього діапазону регулювання частоти обертання шпинделя;

- високу стабільність заданої швидкості обертання шпинделя;
- самодіагностику стану приводу з видачею результатів на світлодіодну індикацію;
- блокування приводу при виниклій несправності ланцюгів або двигуна;

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики перетворювачів MDC2

Елемент	Показник
Напруга живлячої мережі, В	3×380
Вихідна напруга, В	220-440 В
Керуюча напруга	+/- 10 В
Діапазон регулювання	1:1000
Потужність двигуна	до 132 кВт
Робоча температура, град. С	0...+45



Рисунок 1.5– Перетворювачі приводів подач верстатів з ЧПУ SDC1V

Перетворювачі SDC1V є пристроями для управління двигунами постійного струму приводів подач верстатів з ЧПУ. Перетворювачі є пристроями, розробленими на основі спеціалізованих контролерів, що дозволили значно зменшити апаратну частину перетворювачів а так само в такому ж ступені збільшити їх надійність в порівнянні із старими моделями перетворювачів КЕМРОН і КЕМТОК.

Перетворювачі SDC1V дозволяють:

- значно зменшити вартість відновлення працездатності приводу верстата за рахунок збереження двигунів.
- зберегти раніше використовувані трансформатори і дроселі.
- забезпечити високу надійність роботи приводу.
- забезпечити швидке введення в експлуатацію.
- зменшити витрати на обслуговування за рахунок високої надійності перетворювачів.
- забезпечити швидку окупність за рахунок невисокої вартості.
- забезпечити простоту обслуговування за рахунок конструкційних особливостей.

Не вимагають перепідготовки обслуговуючого персоналу. і забезпечують:

- 4-х квадрантна дія.
- високу динаміку приводів подач.
- перекриття всього діапазону регулювання швидкості подач.
- високу стабільність заданої швидкості подач.
- самодіагностику стану приводу з видачею результатів на світлодіодну індикацію.
- блокування приводу при виниклій несправності ланцюгів або двигуна.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики перетворювачів SDC1V

Елемент	Показник
Напруга живлячої мережі, В	3×380 (з трансформатором)
Вихідна напруга, В	залежно від двигуна
Керуюча напруга	+/- 7...5 В
Діапазон регулювання	1:10000
Потужність двигуна	до 70 Н/м
Робоча температура, град. С	0...+45

Використання фотоелектронних кругових і лінійних датчиків положення для верстатів з ЧПУ.



Рисунок 1.6 – Фотоелектронні датчики

Представлені фотоелектронні датчики при своїх якісно нових технічних показниках, що дозволяють їх застосовувати в самих різних пристроях автоматики, разом з тим вирішують проблему швидкої заміни без доопрацювання настановних вузлів датчиків старого типу, таких як BE-178A, BE-178A5, а також зарубіжного виробництва, таких фірм, як "ISKRA", "HAIDENHEIN" і ін. Ряд кругових датчиків включає від мініатюрних $D=19$ мм до $D=170$ мм з порожнистими і цілісними валами з різними настановними розмірами. До всіх видів датчиків є муфти. Ступінь захисту IP64 виключає попадання мастила і МОР на растровий диск, чим визначає надійність експлуатації обладнання. Ряд лінійних перетворювачів дозволяє повністю замінити без якого-небудь значного доопрацювання такі лінійні датчики як ПЛФ, ISKRA, HAINDENHEIN і т..

Короткі технічні характеристики кругових датчиків

Напруга живлення +5В, +12В

Тип вихідного сигналу синус струмовий синус напруги імпульсний

Ступінь захисту IP64

Робоча температура Н(0-70) Т(-40+100)

Число періодів вихідного сигналу $Z=100-250000$

Короткі технічні характеристики лінійних датчиків

Напруга живлення +5В, +12В

Тип вихідного сигналу синус струмовий синус напруги імпульсний

Довжина вимірювання до 3220 мм

Дискретність вимірювання 0,1 мкм 1 мкм

У нашому арсеналі є широкий спектр пристроїв цифрової індикації (УЦІ), лічильників оборотів і вимірників кругових і лінійних швидкостей.

Цифрова система числового програмного управління *IntNC-400D/800D*.

СЧПУ *IntNC* – це сучасна надійна і високопродуктивна система, призначена для управління токарними, фрезерними, свердлувальними, розточувальними металорізальними верстатами і оброблювальними центрами з числом координатних осей до 8-ми і більш.

СЧПУ *IntNC* орієнтована на ефективне вирішення завдань як технічного переозброєння і модернізації існуючого верстатного парку промислових підприємств, так і створення нового перспективного устаткування, розрахованого на потреби підприємств машинобудівною, авіакосмічною, автомобільною, суднобудівельною галузей промисловості.

Переваги СЧПУ серії *IntNC*. Сучасним основним принципом, покладеним в основу створення системи, є інтеграція на єдиній обчислювальній платформі трьох основних задач управління верстатом: розрахунок траєкторії руху, управління приводами, контроль електроавтоматики. Всі ці функції виконуються промисловим обчислювальним пристроєм на основі могутнього DSP-процесора, призначеного для відробітку процесів в реальному часі. В цьому випадку досягається максимальна компактність побудови всієї системи, істотно зменшується кількість інтерфейсних зв'язків, з'являються принципово нові технологічні можливості. На термінальному рівні в СЧПУ використовується промисловий комп'ютер, що забезпечує сучасний призначений для користувача інтерфейс, сумісний з Windows 2000/XP. Така

двопроцесорна архітектура дозволяє найефективніше розділити виконання завдань управління в «жорсткому» реальному часі і обробки термінальних завдань, візуалізацію, знімаючи тим самим обмеження на швидкість їх виконання.

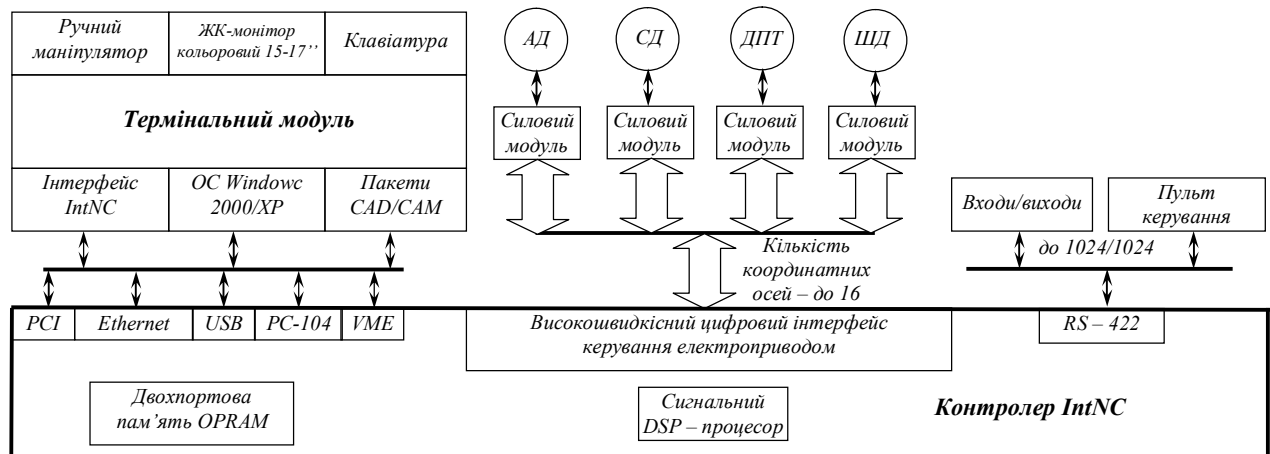


Рисунок 1.7 – Рекомендована блок-схема СЧПУ для серії *IntNC*

Швидкодіючі цифрові приводи подач.

Існуючі вітчизняні системи ЧПУ використовують, в основному, аналогове управління електроприводами подачі, що створює обмеження в якості і швидкості обробки.

СЧПУ *IntNC* є передовою вітчизняною розробкою, виконаною повністю за цифровою технологією! У системі реалізований швидкодіючий цифровий інтерфейс для прямого ШИМ-управління ключами силових модулів сервоприводів серії *IntDrive* з тактом квантування в контурі положення – 400 мкс і в контурі струму – 100 мкс.

Розроблений ефективний алгоритм векторного управління дозволяє використовувати стандартні асинхронні електродвигуни в приводах подач, як найекономічніше вигідні, надійні і такі, що володіють хорошою перевантажувальною здатністю.

Діапазон регулювання за швидкістю – 20000: 1.

Універсальний силовий модуль.

Спеціально розроблені алгоритми прямого ШИМ-керування силовими ключами перетворювачів *IntDrive* дозволяють використовувати один і той же

силовий модуль для управління різними типами двигунів подачі: асинхронними, вентильними, кроковими і двигунами постійного струму.

Позиційний і струмовий контури приводів реалізовані в контролері *IntNC*, тому модулі *IntDrive* однієї потужності повністю взаємозамінні і не вимагають апаратного або програмного перенастроювання. В результаті на складі цеху для всіх типів верстатів досить мати по одному типорозміру силового модуля, а його заміна може бути проведена навіть черговим електриком.

Модулі *IntDrive* використовуються в електроприводах подачі і головного руху, що дозволяє без додаткових витрат переводити шпиндель в режим «С».

Технологічні можливості модуля *IntDrive*.

Цифрові електроприводи змінного струму *IntDrive* дають можливість збільшувати швидкість подачі при різанні, зберігаючи високу точність обробки, що особливо важливе для підвищення продуктивності устаткування.

Високі моментні і динамічні характеристики приводів *IntDrive* дозволяють обробляти деталі із загартованих і конструкційних сталей.

Висока жорсткість приводів дозволяє поєднувати на одному верстаті чорнову і фінішну обробки.

СЧПУ *IntNC* з електроприводами *IntDrive* володіє технічними характеристиками на рівні сучасних систем ЧПУ зарубіжного виробництва типу Sinumerik-840D («Siemens», Німеччина) і FANUC-16i («GE FANUC», Японія). В той же час СЧПУ *IntNC* знаходиться в одній цінovій категорії з вітчизняними УЧПУ типу NC-210/110/310 (ТОВ «Балт-Систем»), FMS-3000 (ТОВ «Мод-маш-Софт»), Маяк-600 (ТОВ «Іж-прест»).

Основні технічні характеристики СЧПУ серії *IntNC*.

СЧПУ *IntNC* є комплексною системою управління верстатом, всі компоненти якої (СЧПУ, електроприводи, контролер електроавтоматики, пристрої введення і відображення інформації) є єдиним продуктом одного виробника – НТЦ «ІНЕЛСИ».

СЧПУ *IntNC* поставляється в двох базових варіантах:

- *IntNC-400D* забезпечує управління 4 координатними осями і 32-64

входами/виходами.

- *IntNC-800D* забезпечує управління 8 координатними осями і 64-512

входами/виходами.

Апаратні засоби.

- Ядро системи – високопродуктивний контролер на базі DSP-процесора.

- Цифровий інтерфейс управління приводами.
- Оптоізолювання входи-виходи – до 1024.
- Об'єм пам'яті для керуючої програми – 64 Гб.
- Зовнішні інтерфейси – Ethernet, USB.

Електроприводи подач і головного руху.

- Цифрові модулі з прямим ШИМ-управлінням.
- Управління від одного модуля двигунами різних типів: АД, СД, ДПТ, ВД, ШД.

- Такт розрахунку контуру струму – 100 мкс.
- Такт розрахунку контуру положення – 400 мкс.
- ПІД-регулятор положення з попередженням за швидкістю, прискоренню, компенсацією сухого тертя.

- Фільтри резонансних частот механізмів.
- Види захисту: максимально-струмова, часово-струмова, від відхилень живлячої напруги, від перенапруження, від перегріву модуля.

- Потужність модулів – від 4 до 45 кВт.
- Програмне налаштування і повна взаємозамінюваність перетворювачів однієї потужності.

- Високомоментні серводвигуни змінного струму вітчизняного і зарубіжного виробництва.

- Типові двигуни загальнопромислового виконання.
- Фотоімпульсні цифрові енкодери, резольвери, оптичні лінійки.

Пульт керування.

- Кольоровий ЖК-дисплей 15/17".

- Герметизована функціональна клавіатура з тактильним ефектом – до 84 кнопок.

- Клавіатура для введення даних (стандартна розкладка) з «тачпадом».

- Штурвали – до 2.

Виконання IP54.

Програмні засоби.

- Інтерполяція лінійна, колова, гвинтова, сплайн.

- Корекція на радіус і на довжину інструменту.

- Повний набір токарних і фрезерних G-кодів відповідно до специфікації RS-274.

- Швидкість виконання КП – до 2000 кадрів в секунду.

- Режим Lookahead для високошвидкісної обробки.

Інтерфейс оператора.

- Зручний російськомовний інтерфейс.

- Інтелектуальна перевірка синтаксису КП.

- 2D/3D-зображення траєкторії інструменту.

- Графічні шаблони чорнових і чистових циклів токарної і фрезерної обробки.

- Візуалізація струмів приводів в реальному часі.

- Журнал подій системи ЧПУ.

- Діагностика стану приводів і входів-виходів.

- Вбудована довідкова система з керівництвом оператора, програміста і налагоджувальника.

Повна сумісність програмного інтерфейсу з Windows 2003/XP/7.

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ

При проведенному дослідженні і аналізі можна виділити наступне:

- основним завданням автоматизації взагалі і впровадження систем ЧПУ зокрема є максимальне виключення впливу суб'єктивних факторів на кінцевий результат;
- головним виробничим завданням промислового підприємства є випуск продукції, максимально точно відповідній вимогам технічної документації.

2.1 Основні положення для проведення модернізації

Використання стандарту ISO-9001.

При творчому підході до прочитання стандарту ГОСТ Р ІСО 9001-2001 або його зарубіжного аналога ISO 9001:2000(E) в ньому можна знайти відповіді на всі питання, які стоять перед сучасним виробництвом. З цієї точки зору, вказаний документ можна сміливо назвати «Біблією сучасного виробництва», але ми не підемо так далеко і обмежимося тим, що називатимемо його просто стандарт. На жаль, склалася хибна практика, при якій підприємства всіма доступними способами добиваються сертифікату відповідності вимогам стандарту (існує навіть термін «зовнішня сертифікація»), але в реальності користуються старими схемами організації виробничого процесу.

Можливо, багатьом здається, що положення стандарту дуже абстрактні, щоб застосовувати їх на практиці. Насправді високий рівень абстракції цілком виправданий, оскільки сферами застосування стандарту є найрізноманітніші сфери суспільного виробництва.

Основною ідеєю стандарту є процесний підхід (рис. 2.1), при якому будь-який об'єкт виробничих стосунків (підприємство в цілому, цех, служба, відділ, виробнича ділянка, виробнича одиниця і т.д.) розглядається як самостійний

процес, у якого є певне число входів і певне число виходів. За допомогою цих входів і виходів конкретний процес пов'язаний з іншими процесами.

При такому підході головними завданнями організації високоєфективного виробництва є:

- правильне виділення процесів (у кожного процесу мають бути чітко визначені функції, входи і виходи);
- уніфікація входів і виходів (єдина термінологія, єдині форми представлення інформації, єдині носії інформації, загальні класифікатори);
- постійний контроль за станом кожного процесу, при цьому основним критерієм відповідності стану процесу загальним вимогам має бути правильне перетворення входів процесу у виходи.



Рисунок 2.1 – Модель системи менеджменту якості, заснованої на процесному підході

Обов'язковою умовою процесного підходу є чітка регламентація всіх його компонентів (для цих цілей краще всього підходить система стандартів підприємства, що є на багатьох підприємствах).

Іншими словами, необхідно перейти від організації взаємодії конкретних виконавців (так званий суб'єктивний фактор до організації взаємодії абстрактних процесів (об'єктивних по самій природі).

Тим же, хто ще сумнівається в доцільності процесного підходу, слід нагадати, що саме такий підхід став основою стрімкого розвитку інформаційних технологій. Свого часу великому числу виробників електронних компонентів і програмного забезпечення вдалося абстрагуватися від своїх особистих уявлень про те, як повинні взаємодіяти між собою окремі складові комп'ютерних систем. Завдяки цьому з'явилися на світло уніфіковані інтерфейси і різні угоди співтовариства програмістів. Це, у свою чергу, привело до того, що сполучення продукції різних виробників стало простим і доступним величезному числу потенційних споживачів.

2.2 Визначення технічної політики

Технічна політика в області експлуатації верстатів з ЧПУ має бути частиною загальної технічної політики підприємства. У загальному випадку вона повинна включати:

- єдину для всього підприємства політику в області модернізації парку обладнання з ЧПУ (короткостроковий, середньостроковий і довгостроковий плани);
- постійний моніторинг засобів і способів програмного управління, коректування існуючих планів з урахуванням нових тенденцій;
- постійний контроль ефективності вже виконаних заходів щодо модернізації.

Особливу увагу слід приділити уніфікації апаратних і програмних засобів, використовуваних для модернізації парку систем ЧПУ. На більшості підприємств до цих пір випробовують серйозні проблеми від різноманіття експлуатованих типів систем ЧПУ (починаючи від несумісності керуючих програм і різних конструктивних і технічних рішень і закінчуючи

багатосторінковим списком комплектуючих, необхідних для ремонту). Таке положення стало результатом об'єктивних труднощів з придбанням програмно-керованого обладнання, що мали місце в 70-80-х роках минулого століття, коли в основному і формувався сучасний парк верстатів з ЧПУ. Тим більше дивно, що в даний час, коли, з одного боку, проблем із постачаннями немає, а з іншого боку, складність апаратною і програмною складових системи ЧПУ зросла багато разів, багато технічних керівників дозволяють собі купувати системи ЧПУ з різними архітектурними рішеннями. В майбутньому, коли неминуче встане завдання комплексної автоматизації і включення верстатів з ЧПУ в єдину автоматизовану систему підприємства, виникнуть проблеми, що багато разів перевищують ті, які виникають в даний час при експлуатації немодернізованого парку систем ЧПУ.

Деякі керівники пояснюють свою позицію тим, що вони вибирають не систему ЧПУ, а обладнання, яке, у свою чергу, поставляється (а значить, на їх думку, може працювати) тільки з системою ЧПУ певного типу. З упевненістю можна сказати, що це не так. Провідні виробники апаратних засобів для систем ЧПУ (на ринку СНД це перш за все компанії Advantech, Siemens, Octagon Systems) підтримують таку номенклатуру периферійних керуючих пристроїв, яка забезпечує рішення практично будь-якої технічної задачі. При цьому:

- всі вироби є IBM PC сумісними (отже, базове і прикладне програмне забезпечення може бути без зусиль перенесене з однієї апаратної платформи на іншу);
- всі вироби можуть працювати з повним набором пристроїв вводу-виводу (клавіатура, трекбол, сенсорний екран, CRT-дисплей, TFT-дисплей, HDD, Flash і т.д.);
- всі вироби підтримують повний набір комунікаційних інтерфейсів (RS-232, Ethernet, USB 1.0, USB 2.0 і т.д.);
- всі вироби призначені перш за все для експлуатації в промислових умовах;
- номенклатура виробів, що випускаються, постійно розширюється.

Що ж до програмного забезпечення, то воно за природою своєю легко адаптується до конкретного технічного рішення.

Закінчуючи тему технічної політики, хотілося б поділитися деякими особистими спостереженнями. По-перше, в даний час склалася виключно сприятлива ситуація для проведення повномасштабної модернізації парку систем ЧПУ, оскільки, з одного боку, робота ця знаходиться в самій початковій стадії і не дуже пізно поміняти напрям, якщо воно вибране неправильно, а з іншого боку, основні напрями розвитку систем ЧПУ чітко визначені і можна сміливо формувати технічну політику на тривалу перспективу. По-друге, на ринку з'явилося велике число пропозицій по модернізації систем ЧПУ від фірм, що не мають достатнього наукового і технічного потенціалу для проведення подібних робіт, а що лише використовують сучасні апаратні засоби вказаних виробників і стандартні програмні пакети розробника (за допомогою такого набору можна вирішувати конкретні технічні завдання, але не проблему експлуатації верстатів з програмним управлінням в цілому).

2.3 Розробка стандарту по експлуатації верстатів із ЧПУ

При розробці стандарту по експлуатації верстатів з ЧПУ рекомендуємо охопити всі процеси, що мають відношення до експлуатації верстатів з програмним управлінням, в єдиному документі. Наприклад, в корпоративному стандарті (КСТ) Асоціації користувачів обладнання ЗАТ «Діана» КСТ Діана-ЧПУ-2003 виділені наступні аспекти загального процесу експлуатації програмно-керованого обладнання:

- аспект оператора, тобто особи, відповідальної за безпосередню обробку деталі;
- аспект контролера ОТК, тобто особи, відповідальної за відповідність деталі вимогам технічної документації;
- аспект програміста-технолога, тобто особи, відповідальної за розробку керуючої програми;

- аспект налагоджувальника, тобто особи, відповідальної за технологічні параметри верстата і системи ЧПУ;
- аспект ремонтника, тобто особи, відповідальної за працездатність верстата і системи ЧПУ;
- аспект адміністратора, тобто особи, відповідальної за взаємодію оператора, контролера ОТК, програміста-технолога, налагоджує і ремонтника;
- аспект системного адміністратора, тобто особи, відповідальної за взаємодію САПР і системи ЧПУ;
- аспект постачальника, тобто особи, відповідальної за постачання комплектуючих і витратних матеріалів при експлуатації, ремонті або модернізації верстата і системи ЧПУ. У цьому документі також приведені загальна схема взаємодії аспектів експлуатації, посадові інструкції і схеми взаємодії для кожного аспекту, загальна термінологія і довідкові дані.

Концентрація в одному документі всіх відомостей, що мають відношення до процесу експлуатації верстатів з програмним управлінням, дозволяє формувати єдиний підхід різних служб до рішення загальної задачі, що значно підвищує надійність і якісні характеристики всього процесу.

2.4 Використання «стиків»

Досвід показує, що найменш пропрацьованими при складанні схеми модернізації є питання, що знаходяться на стику областей відповідальності різних аспектів експлуатації. Потенційні витрати при цьому особливо великі (враховуючи довгострокові перспективи експлуатації модернізованого обладнання), у зв'язку з чим рекомендуємо звертати на подібні стики особливу увагу.

Як ілюстрація наведемо два приклади з практичного досвіду модернізації.

Перший приклад має відношення до модернізації горизонтально-розточного верстата 2В622Ф4. Особливістю конкретного верстата є те, що датчики зворотного зв'язку по положенню трьох осей виконані на основі

оптичних перетворювачів, а четвертій осі – на основі резольвера. Сучасні апаратні засоби не підтримують застосування датчиків, що не мають уніфікованого інтерфейсу датчиків кутових переміщень (а саме до таких датчиків відноситься використовуваний у верстаті резольвер). Слід зазначити, що датчик зворотного зв'язку по положенню взагалі має невизначений статус. З одного боку, він відноситься до верстата, оскільки розташований або на виконавчих механізмах верстата, або на двигуні, що призводить ці механізми в рух. З іншого боку, він має найбезпосередніше відношення до системи ЧПУ, оскільки безпосередньо (за наявності відповідного інтерфейсу) підключається до неї і без неї не використовується. Нарешті, дискретність датчика найтіснішим чином пов'язана з однією з головних технологічних характеристик верстата – точністю позиціонування. Відповідно, для прийняття рішення про можливість заміни датчика на сучасніший потрібне отримання згоди декількох служб. За відсутності ясної технічної політики і чіткого розподілу зон відповідальності це завдання залишилося невирішеним.

В результаті:

- довелося залишити частину старої системи ЧПУ (на рис. 2.2 вона обведена) зі всіма витікаючими з цього наслідками (зниження надійності, підвищення енергоспоживання, розширення комплектуючого списку, необхідних для ремонту, і т.д.);
- довелося доопрацювати програмне забезпечення (із збільшенням термінів модернізації);
- багато корисних функцій сучасного програмного забезпечення виявилися недоступними для відповідної осі.



Рисунок 2.2 – Приклад неефективної модернізації: із-за неузгоджених дій різних аспектів експлуатації довелося залишити значну частину старої системи ЧПУ

Враховуючи той факт, що загальна вартість робіт по заміні датчика (включаючи вартість самого датчика) складає менш одного відсотка вартості модернізації, можна собі представити, які будуть неминучі витрати при експлуатації цього верстата.



Рисунок 2.3 – Приклад неефективної модернізації: через неузгоджених дій різних аспектів експлуатації однакові верстати мають різні органи управління

Другий приклад пов'язаний з широко поширеною серією токарних верстатів 16A20. Електрична схема верстатів даної серії має як мінімум 6 модифікацій, при цьому кінематична схема (і, відповідно, технологічні можливості) є загальною. Зв'язано це з тим, що із-за вже згаданих проблем з постачаннями систем ЧПУ були розроблені технічні рішення для систем не тільки різних виробників, але і різних ідеологій, прямим наслідком чого стало різноманіття верстатних пультів оператора. Враховуючи загальну тенденцію до уніфікації органів управління, цілком природній при складанні схеми модернізації бачиться заміна різних пультів оператора єдиною (вартість цього питання складає менше трьох відсотків від вартості модернізації), тим більше, коли мова йде про модернізацію верстатів однієї серії. Проте і тут часто заважає невизначена приналежність верстатного пульта оператора в комплексі верстат-система ЧПУ: з одного боку, він є частиною верстата, а з іншої – частиною інтерфейсу оператор-система ЧПУ.

На рис. 2.3 показано два верстати серії 16A20, встановлені в одному цеху, при цьому пульт оператора одного верстата оснащений хрестовим перемикачем для ручного управління рухом і двома маховичками (поодиноці на кожен вісь подачі), а на другому хрестовий перемикач відсутній взагалі і маховичок тільки один (пульти оператора обведені червоним). Виходить, що, не дивлячись на абсолютно однакові технологічні характеристики (кінематична схема, швидкість подачі, розмір робочої зони, число інструментів, формат керуючої програми і т.д.), експлуатаційні характеристики істотно відрізняються. Як наслідок, професійні навички для роботи з верстатами мають бути різними і під час переходу оператора від одного верстата до іншого необхідна адаптація (тим паче, що робота оператора включає велике число автоматичних дій, що часто повторюються). Окрім цього, для кожного верстата потрібно мати свої інструкції, електричні схеми і т.д. Нарешті, це означає, що системи ЧПУ не є взаємозамінними, що у виробничій практиці часто має дуже важливе значення.

2.5 Функції оператора і налагоджувальника

Окремим випадком вирішення проблеми «стиків» є правильний розподіл функцій між оператором і налагоджувальником. На багатьох підприємствах ці функції суміщає один працівник. На нашу думку, це досконало неправильно.

По-перше, сама ідея програмного управління передбачає максимальне зниження вимог до кваліфікації оператора (для зниження вірогідності суб'єктивної помилки і вартості обслуговування). В принципі, у функції оператора повинні входити:

- установка заготовки;
- запуск керуючої програми;
- зняття готової деталі.

Функції налагоджувальника набагато складніші і вимагають достатньо глибоких технічних знань. Економічно недоцільно використовувати висококваліфікованого працівника в основному для виконання елементарних операторських функцій. Крім цього, тривале відвернення на вирішення простих завдань призводить до деградації основних професійних навиків.

По-друге, концентрація двох найважливіших аспектів загального процесу експлуатації верстатів з програмним управлінням в одних руках принципово знижує рівень контролю за станом технологічного процесу в цілому. Річ у тому, що дуже часто приватні інтереси оператора-налагоджувальника не збігаються із загальними інтересами підприємства. Тому нерідкі випадки, коли оператор-налагоджувальник свідомо умовчує про недоробки в керуючій програмі. Маючи навички розробки керуючих програм, він самостійно усуває наявні недоліки і стає володарем монопольного права на випуск продукції, відповідній вимогам технічній документації. При цьому з-під контролю виходять такі важливі аспекти експлуатації, як розробка керуючої програми і наладка верстата.

По-третє, поєднання функцій оператора і налагоджувальника дуже часто приводить до виключення з керуючих програм, функцій, що мають відношення

до корекції інструменту. Зв'язано це з тим, що, з одного боку, грамотне застосування цих функцій вимагає досить високої кваліфікації програміста-технолога, а з іншого боку, кваліфікацію налагоджувальника досить, щоб компенсувати відсутність таких функцій частішою «прив'язкою» інструменту. Це веде до зниження продуктивності і відсутності об'єктивної інформації про використання інструменту.

Разом з тим сучасні системи ЧПУ дозволяють значно спростити процедуру обліку зносу інструменту для оператора, перш за все за рахунок заміни загальних для верстата коректорів з абстрактними номерами на індивідуальний для кожного інструменту строго певний набір конкретних коректорів. На рис. 2.4 показаний фрагмент процедури корекції зносу інструменту, реалізованої в системі ЧПУ «DiaNA-c».

2.6 Доступ до керуючої програми

З підвищенням функціональних можливостей верстатів з програмним управлінням і розширенням сфер їх застосування керуючих програм, все більше і більше визначає техніко-економічні результати діяльності конкретного підприємства. Такий високий статус неминуче ставить питання про постійний контроль за станом керуючої програми.

Слабкі обчислювальні потужності систем ЧПУ ранніх поколінь не дозволяли організувати належний контроль за доступом до програми, що управляє. В кращому разі він обмежувався механічним джерелом, однаково доступним операторові, налагоджує, програмістові-технологові і ремонтникові. Наслідком цього стала широко поширена практика використання двох варіантів керуючих програм. При цьому один варіант призначається для нормувальниці (у ньому швидкості подачі були свідомо зменшені, а паузи збільшені), а другий – для роботи, тим паче, що часто оператор одночасно виконує функції налагоджувальника. Ще раніше для зміни швидкості подачі використовували коректори подачі, розташовані на верстатному пульті оператора, але з часом

нормувальниці поставили в обов'язок перед виготовленням контрольної деталі перевіряти їх положення. Для перевірки ж відповідності коди керуючої програми, оригінальному коду навиків нормувальниці явно недостатньо (особливо, якщо врахувати не дуже зручний інтерфейс оператор-системи ЧПУ).



Рисунок 2.4 – Доступ до функцій і інформаційних ресурсів в системі ЧПУ «Диана-0 для окремих аспектів процесу експлуатації обмежений



Рисунок 2.5 – Приклад діалогу оператора при корекції інструменту

Найпростішим і разом з тим достатньо ефективним способом вирішення

цієї проблеми є використання системи паролів. При цьому для кожного аспекту процесу експлуатації доцільно мати свій пароль, що забезпечує доступ тільки до тих функцій і інформаційних масивів, за які цей аспект відповідає. Для виконання деяких функцій (наприклад, для зміни вже включеної в технологічний процес керуючої програми) доцільно використовувати подвійний пароль (наприклад, програміста-технолога і адміністратора).

На рис. 2.4 показано, до яких режимів роботи системи ЧПУ «Діана-CNC» мають доступ різні аспекти процесу експлуатації.

2.7 Використання можливості CAD/CAM-систем

Багатократне збільшення функціональних можливостей обчислювальних систем відкрило шлях для використання принципово нових схем сполучення систем автоматизованого проектування (CAD) і автоматизованого виробництва (CAM). На жаль, навіть на самих передових російських підприємствах ці схеми до цих пір практично не використовуються. В кращому разі замість кризової автоматизації застосовуються багатоступінчаті схеми із значною часткою ручної праці.

Наприклад, одна з таких схем включає наступні етапи:

- з використанням САПР розробляється креслення деталі; по вказаних на кресленні розмірах і допусках із використанням САПР малюється контур із вказівкою базових точок;
- по вказаних базових точках програміст-технолог пише керуючу програму (якщо передбачається обробка деталі на верстатах з різними системами ЧПУ, то пишеться відповідне число варіантів);
- програміст-технолог передає роздруковку керуючої програми операторові, який заносить її в систему ЧПУ.

Разом з тим більшість наявних САПР для машинобудування (наприклад, КОМПАС компанії АСКОН, ADE фірми Omega Technologies Ltd, ТЕХТРАН підприємства НІП-інформатика, Tiflex МГТУ «СТАНКИН» і ін.) мають

спеціальні режими, що дозволяють формувати програму керуючу (КП) для системи ЧПУ безпосередньо.

На рис. 2.6 показана схема взаємодії САПР з системою ЧПУ «Діана-CNC». В цьому випадку після отримання КП з допомогою САПР (рис. 2.6, а) достатньо:

- викликати функцію ІМПОРТ, для чого натиснути одну клавішу (рис. 2.6, б);
 - задати ім'я групи КП, ім'я власне КП і при необхідності відповідні коментарі (за наявності на підприємстві нормальної системи позначення продукції для вирішення цього завдання потрібний не більш за одну хвилину);
- вирішити передачу необхідній інформації (залежно від рівня автоматизації інформація може передаватися самими різними способами, але поки найчастіше на дискеті).



Рисунок 2.6 – Схема взаємодії САПР з системою ЧПУ «Діана-CNC»

При цьому можливі два варіанти:

- якщо САПР має процесор поста для формування КП у форматі системи ЧПУ «Діана-CNC», то передача виконується без додаткової обробки;
- якщо САПР не має такого процесора поста, то САПР передає КП в одному з підтримуваних форматів (наприклад 2P-22), а система ЧПУ «Діана-CNC» виконує додаткове перетворення у власний формат.

У результаті даного аналізу можна зробити наступні висновки:

- при практичному використанні положень слід звертати увагу не стільки

на форму, скільки на зміст заходів, що проводяться, сліпе дотримання рекомендаціям без урахування специфіки конкретного виробництва і виробничих зв'язків, що склалися, не дає гарантії позитивного результату;

- оптимальний результат може бути досягнутий лише при виконанні всіх семи порад, хоча кожен з них окремо має певну практичну цінність;

- треба бути готовим до того, що в ході модернізації можуть торкнутися особисті інтереси досить великої частини співробітників, що мають відношення до експлуатації обладнання з програмним управлінням, тому краще відразу потурбуватися про їх ефективніше використання.

2.8 Високошвидкісна обробка на фрезерних верстатах

Високошвидкісна обробка (ВШО) – одна з сучасних технологій, яка, в порівнянні із звичайним різанням, дозволяє збільшити ефективність, точність і якість механообробки. Її відмітна особливість – висока швидкість різання, при якій значно збільшується температура в зоні утворення стружки, матеріал оброблюваної деталі стає м'якший, і сили різання зменшуються, що дозволяє інструменту рухатися з великою робочою подачею.

Ефект високошвидкісної обробки обумовлюється структурними змінами матеріалу (із-за пластичних деформацій, здійснюваних з великою швидкістю) в місці відриву стружки. При підвищенні швидкості деформацій сили різання спочатку ростуть, а потім, з досягненням певної температури в зоні утворення стружки, раптом починають істотно знижуватися. Найчудовіше, що час контакту ріжучої кромки із заготовкою і стружкою такий малий, а швидкість відриву стружки така висока, що велика частина тепла, що утворюється в зоні різання, видаляється разом із стружкою, а заготовка і інструмент просто не встигають нагріватися.

ВШО досягла сьогодні великих успіхів і унаслідок великої різноманітності вживаних інструментів володіє великою гнучкістю щодо геометричних параметрів заготовок і їх матеріалу. І вже зараз існує немало

деталей, які неможливо отримати класичними способами, тому доводиться використовувати високошвидкісну обробку, що володіє достатньою економічною ефективністю і гнучкістю.

Головний ефект ВШО полягає не тільки в скороченні машинного часу за рахунок інтенсифікації режимів різання, а в загальному спрощенні виробничого процесу і в підвищенні якості обробки. Умовою успіху у високошвидкісній обробці може стати правильний вибір всіх факторів, що становлять, беруть участь в цьому процесі:

- верстат
- система ЧПУ
- ріжучий інструмент
- система програмування з підтримкою ВШО
- кваліфікація персоналу.

Відсутність всього однієї складової зведе нанівець весь ефект від застосування ВШО.

Можливості використовуваного програмного забезпечення є ключовими в забезпеченні ефективної високошвидкісної обробки. Технологія ВШО починається із застосування відповідних параметрів в операціях обробки, які в даний час присутні в більшості сучасних САМ-систем, але далеко не у всіх.

Існують основні принципи, яким мають бути виконані при створенні керуючих програм для ВШО:

- плавні траєкторії руху інструменту.
- попутний напрям фрезерування.
- мінімізація кількості урізувань інструменту – ефекту «швейної машинки», переважні довгі траєкторії.
- відхід і підхід інструменту по дузі.
- невелика і постійна глибина різання в осьовому і радіальному напрямі.

На рис. 2.7 зображені траєкторії руху ріжучого інструменти на верстатах з ЧПУ.

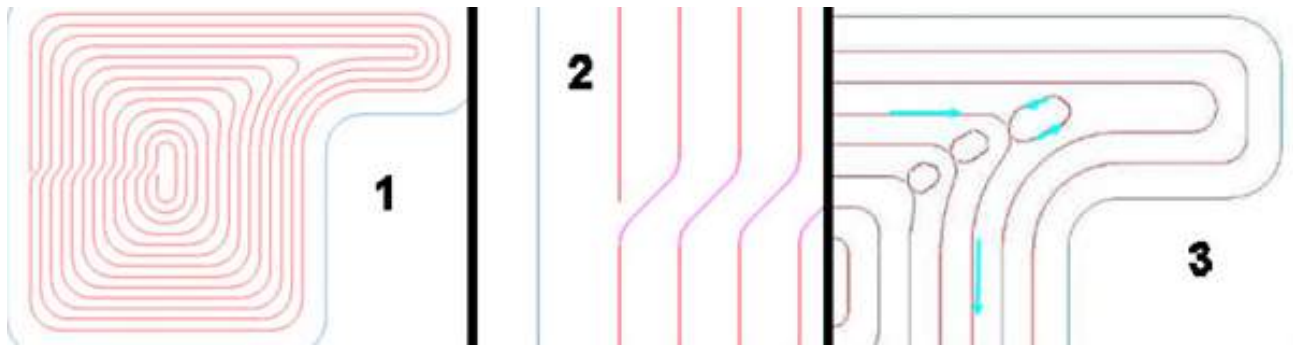


Рисунок 2.7 – Траєкторії обробки

2.8.1 Технологічні особливості системи обробки

Можливості програмного забезпечення CAD CAM є ключовими в забезпеченні ефективної високошвидкісної обробки. Технологія високошвидкісної обробки починається із створення відповідних керуючих програм, тому виникли нові вимоги до CAM системам і навикам технологів-програмістів. Метою застосування високошвидкісного фрезерування деталей є отримання такої шорсткості поверхні і геометричної точності, щоб фінішна поліровка могла бути мінімізована або повністю усунена.

При створенні програм фрезерної обробки необхідно враховувати наступні параметри:

- Динамічні характеристики обладнання;
- Максимально витримувати оптимальні режими різання для вибраного інструменту.

До появи високопродуктивного інструменту, хвилинна подача при обробці конструкційних сталей не перевищувала 200...300 мм/хв, і 500...600 мм/хв, при обробці легких сплавів. Тепер, якщо верстат дозволяє задавати необхідні обороти, подачі досягають 800...2000мм/хв. для сталей, і до 10000мм/хв для легких сплавів.

Оскільки всі робочі органи верстата мають значну масу і як наслідок, інерційність, для виключення зайвих навантажень на приводу і забезпечення терміну служби, в системах ЧПУ закладаються параметри розгону і гальмування при зміні напрямку руху. Так само задається, так званий, кут реверсу і при всіх змінах напрямку руху на цей, або гостріший кут, система

управління виконує гальмування в кінці переміщення перед переломом і розгін після його. У випадку, якщо довжина переміщення, задана в кадрі перед переломом менше, ніж необхідно для гальмування, система управління не може забезпечити скидання подач. При цьому інструмент відхилиться від заданої траєкторії і на оброблюваній поверхні вийде підріз.

Крім того, оскільки включається режим екстреного гальмування, виникають механічні і електричні навантаження на привід, що перевищують нормальні експлуатаційні характеристики, що приводить до зменшення терміну служби приводів і систем управління електроприводами. Так само важливим динамічним параметром верстата є подача, з якою він може виконати коло з мінімальними спотвореннями. Перевищення подачі приводить до спотворення траєкторії і підвищенні навантажень на приводу верстата. Тому надто важливо, щоб система САМ забезпечувала корекції подач по цих параметрах, а візуалізатор обробки дозволяв враховувати динамічні характеристики верстата.

Не менш важливим, для забезпечення якості і точності обробки, стійкості інструменту, зменшення навантаження на інструмент і вузли верстата необхідно суворо дотримувати рекомендації фірм, виробників інструменту.

У відмінності від стандартних режимів фрезерування, де задається хвилинна подача, виробники інструменту вказують рекомендовані для кожного виду фрез подачу на зуб, ширину і глибину фрезерування. Подача на зуб визначає товщину стружки, що знімається, і забезпечує створення необхідного зусилля для різання. Для різних матеріалів інструменту вона різна. Так наприклад:

- для фрез з швидкорізальних сталей – 0,10...0,15мм.
- для цілісних фрез з твердого сплаву – 0,01 ...0,03мм.
- для набірних фрез з пластинами з твердого сплаву –0,09...0,15мм.

При високошвидкісному фрезеруванні рекомендується застосовувати попутне фрезерування для чорнової і чистової обробки. По-перше, при попутному фрезеруванні виходить краща шорсткість поверхні, і відбувається оптимальне відведення стружки. По-друге, істотно зростає стійкість фрези. При

зустрічному фрезеруванні велика кількість тепла виділяється при збільшенні товщини стружки від нуля до максимуму, оскільки ріжуча кромка рухається з великим тертям.

Завдання подачі на зуб, при попутному фрезеруванні, менше мінімально допустимою приводить до погіршення умов різання і підвищеного зносу (у декілька разів). Це відбувається тому, що перший зуб не може зрізати дуже тонкий шар металу (на ріжучій кромці не створюється достатня сила різання) і прослизає і починає різати тільки другий або третій зуб. При цьому, виникає додаткове навантаження на інструмент і верстат, із за надмірного тертя при прослизанні зубів. Крім того, оскільки фреза працює через зуб, а то і два, виникає вібрація, яка приводить до руйнування ріжучої кромки інструменту і підвищеного зносу вузлів верстата, і поганої якості оброблюваної поверхні.

При недостатній потужності верстата або низької жорсткості системи ВПД, знижувати навантаження необхідно зменшенням ширини фрезерування (по довжині інструменту). Зміну глибини фрезерування (по діаметру інструменту) дає набагато менший ефект, оскільки ширина різання не змінюється. Наприклад, різниця оптимальної подачі на зуб при фрезеруванні на половину діаметру і на повний діаметр складає не більше 10...15%.

У керуючих програмах число оборотів шпинделя, як правило, задається спочатку програми і надалі не змінюється. На відміну від оборотів, хвилинна подача руху фрези повинна змінюватися, згідно умовам обробки на кожній ділянці траєкторії, для забезпечення оптимальних режимів обробки і динамічних вимог верстата.

Розрахувати в ручну необхідну зміну хвилиної подачі на кожен ділянку траєкторії не представляється можливим. Особливо це стає зрозумілим при обробці конічних поверхонь, де практично кожен прохід повинен виконуватися на своїй хвилиній подачі.

Крім того, зміни хвилиної подачі, потрібний і по динамічних вимогах верстата. Практично у всіх САМ – системах, алгоритм гальмування обов'язково включає виділення зони гальмування. Для «старого» інструменту цей алгоритм

працював добре, оскільки зміна подачі складала 30...50%. Із застосуванням сучасного інструменту, коли необхідна зміна хвилинної подачі у декілька разів, цей алгоритм приводить до підвищеного зносу інструменту.

Для сучасного інструменту з твердого сплаву сприятливіша постійна (нехай навіть і висока) температура в зоні різання, чим її коливання. Різка зміна умов різання при урізуванні інструменту в матеріал приводить до збільшення кількості тепла, що виділяється, і механічної напруги, що негативно позначається на стійкості інструменту. Якщо траєкторія інструменту розрахована за умови плавної зміни умов різання, то це дозволить значно збільшити стійкість інструменту, отримати кращу точність і шорсткість обробленої поверхні.

Дуже часто деталь неможливо виготовити без використання траєкторії, що припускає різку зміну напрямку руху інструменту, але такі випадки мають бути мінімізовані.

2.8.2 Врізання інструменту

Сила різання у напрямі осі Z не зменшується скільки-небудь значно при збільшенні швидкості обертання шпинделя. Урізування в твердий матеріал з великою робочою подачею створить велику напругу в інструментальному патроні і шпиндель і, найвірогідніше, приведе до пошкодження інструменту. Необхідно всіляко уникати вертикального урізування інструменту в матеріал (за винятком графіту, алюмінію і деяких інших м'яких матеріалів).

Опускання ріжучого інструменту на величину проходу по осі Z рекомендується проводити в повітрі, а урізування в матеріал – в горизонтальному напрямі по дугоподібній траєкторії. Бажано і вихід інструменту з матеріалу здійснювати по дузі. При обробці кишені можна використовувати виконання урізування по спіралі, причому кут нахилу спіралі рекомендується задавати менше 2 градусів. Чим твердіше матеріал, тим менше має бути значення кута урізування.

На рис.2.8 наведені фото поверхні при врізанні.



Рисунок 2.8 – Поверхні кишенькового типу

2.8.3 Способи обробки

2.8.3.1 Різання паралельними шарами

Різання паралельними шарами (фреза рухається послідовно шарами по горизонтальній площині) – найбільш популярний сьогодні метод формування траєкторії для попередньої обробки. До переваг цього підходу належить простота програмування, доступність можливостей верстата.

При обробці паралельними шарами добре генеруються проходи для остаточної обробки бічних стінок кишень або островів. Проте для обробки плоских поверхонь (низ кишень або верх острова) така техніка не зовсім підходить, і тут краще застосовувати інші методи. Ідеальні САМ-системи можуть автоматично розпізнавати похилі і горизонтальні поверхні і поєднувати в одній програмі різні методи обробки різних областей. Якщо ж САМ-система не має подібних вбудованих функцій, то технолог-програміст повинен уручну комбінувати різні методи для обробки поверхонь різного типу.

Одночасно зберігає свою актуальність наступне завдання: розділити оброблювані поверхні на сегменти і за допомогою різних методів програмування досягти оптимальної шорсткості поверхні при задовільній стійкості інструменту і можливостей верстата. Сегменти можуть бути розділені відповідно до їх природних меж або ж штучно, за допомогою функцій САМ, доступних технологів-програмістові.

Якщо умови різання не можуть бути постійними через специфічну геометрію деталі, то зменшення значення кроку по осі Z є найбільш ефективним способом поліпшити різання. При зменшенні кроку мінімізуються випадки раптового збільшення об'єму матеріалу, що видаляється, при урізуванні фрези в кут, які приводять до підвищення вібрації і погіршення умов відведення стружки.

Попутне фрезерування рекомендується і для попередньої, і для остаточної обробки. По-перше, при цьому виходить поверхня з кращою шорсткістю і відбувається оптимальне відведення стружки. По-друге, істотно зростає стійкість фрези. Сучасні інструменти з твердого сплаву краще чинять опір зусиллям стискування (що характерний для попутного фрезерування), ніж розтягування. При зустрічному фрезеруванні товщина стружки збільшується від нуля до максимуму, що сприяє виділенню великої кількості тепла, оскільки ріжуча кромка рухається з великим тертям.

2.8.3.2 Мінімум врізувань інструменту

При урізуванні кількість стружки різко збільшується, і в ріжучому інструменті виникає велике напруження. Деякі САМ-системи вирішують цю проблему автоматично. Остаточна глибина фрезерування повинна досягатися змінними кроками, щоб для остаточної обробки залишався рівномірний припуск. Зайвий припуск може виявитися дуже великим для інструменту остаточної обробки, тому обережність в цьому випадку не перешкодить. Якщо використовується САМ-система не забезпечує контроль величини припуску, необхідно додати додаткову траєкторію між попередньою і остаточною обробкою.

2.8.4 Рекомендації для попередньої обробки

В процесі попередньої обробки сталей мають бути досягнуті дві головні мети: висока продуктивність і забезпечення високої стійкості інструменту. При найближчому розгляді процесу чорнового фрезерування можна відмітити, що

існують різні концепції досягнення цих цілей. Насправді ж, стійкість сучасного інструменту, як це ні парадоксально, набагато вище при великій (відповідно) робочій подачі, ніж при заниженій. Іноді значення подачі на зуб є вирішальним чинником в забезпеченні високої стійкості фрези. Тому при підборі оптимальних режимів різання значення швидкості різання (v_c) варіюється досить широко, тоді як значення подачі на зуб майже не міняється.

Класичний процес чорнового фрезерування здійснюється фрезами, зробленими з швидкорізальної сталі. Їхня перевага полягає в тому, що вони можуть застосовуватися навіть тоді, коли жорсткість верстата невисока. Проте із-за низької швидкості різання значення робочої подачі обмежене. До того ж стійкість такого інструменту істотно нижче в порівнянні з твердосплавними фрезами, і обробка ними загартованих сталей практично неможлива.

Висока швидкість різання і велика температура в зоні різання сприяють зменшенню сил різання. Висока швидкість різання і велика робоча подача обумовлюють велику продуктивність. Чинник, що обмежує ефективність даного процесу, - малий перетин стружки. До того ж із-за можливості повторного різання інструментом стружки своєчасна евакуація стружки із зони різання має найважливіше значення. Тому геометрія сучасного ріжучого інструменту, призначеного для попередньої обробки, розрахована з умовою досягнення ефективного викиду стружки із зони різання.

2.8.5 Аналіз принципів ВШО

Розглянемо основні складові, що впливають на якість поверхні після обробки на високий швидкостях.

2.8.5.1 Швидкість і сила різання

Теоретичним обґрунтуванням високошвидкісної обробки є так звані криві Соломона, які показують зниження сил різання в деякому діапазоні швидкостей.

Сила різання

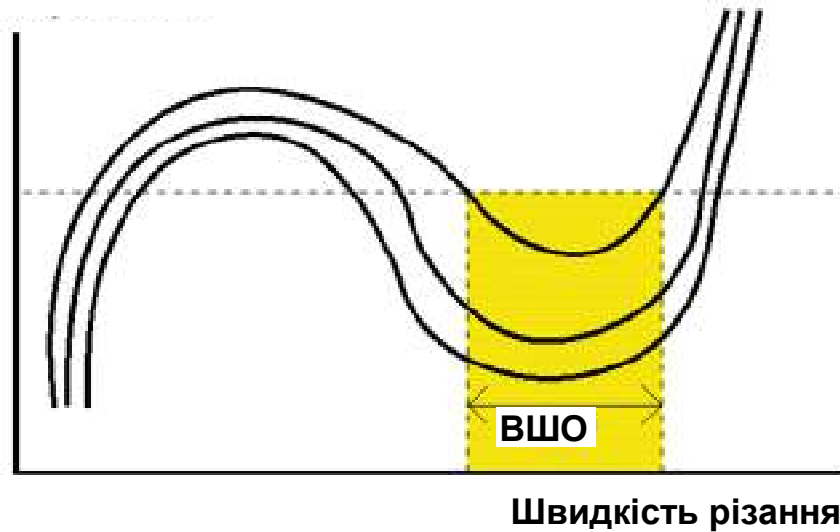


Рисунок 2.9 – Залежність сил різання від швидкості різання

Але найбільш важливим фактором є перерозподіл тепла в зоні різання. При невеликих перетинах зрізу, в даному діапазоні швидкостей основна маса тепла концентрується в стружці, не встигаючи переходити в заготовку. Саме це дозволяє вести обробку загартованих сталей не побоюючись відпустки поверхневого шару. Звідси основний принцип ВШО – малий перетин зрізу, що знімається з високою швидкістю різання, і відповідно високі обороти шпинделя і висока хвилинна подача.

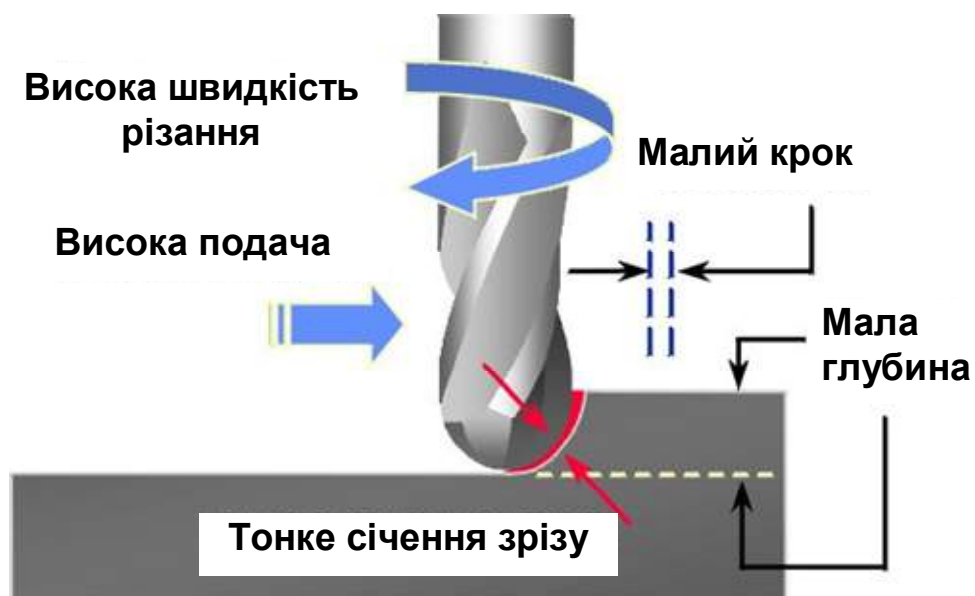


Рисунок 2.10 – Режими різання для традиційної і високошвидкісної обробки

Є навіть така рекомендація, що глибина різання не повинна перевищувати 10% діаметру фрези. Маючи можливість вести лезвійну обробку загартованих сталей можна забезпечити якість поверхні сумірне з електроерозійною обробкою. Головний ефект ВШО не зменшення машинного часу за рахунок інтенсифікації режимів різання, а підвищення якості обробки і ефективне використання сучасних верстатів з ЧПУ. Умовою успіху у високошвидкісній обробці може бути правильний вибір всіх факторів, що становлять, беруть участь в цьому процесі, – верстат, система ЧПУ, ріжучий інструмент, допоміжний інструмент з системою закріплення інструменту, система програмування, кваліфікація технолога програміста і оператора верстата з ЧПУ. Нехтування однією з цих складових може звести до нуля всі попередні зусилля.

2.8.5.2 Система ЧПУ

Обмежувачем ВШО може стати система ЧПУ, якщо вона не має високої швидкості обробки кадрів. Для досягнення високої якості поверхні програма для ВШО містить дуже малі переміщення. Наприклад, під час відробітку технології високошвидкісної обробки на фірмі Delcam був відмічений дефект у вигляді періодичних слідів зупинки фрези на верстаті Matsuura MC-800VF випуску 90-х років з системою ЧПУ Yasnac i80M. Аналіз програм показав, що система ЧПУ не встигає відпрацьовувати кадри програми при заданій подачі. Максимальну подачу, яку може забезпечити система ЧПУ можна визначити по формулі $F_{max} = \text{Довжина переміщення в кадрі} / \text{час обробки кадру} * 60$ Звідси, при переміщеннях 0,01 мм і часу обробки кадру 2 мс максимальна подача обмежена значенням 0,3 м/хв. Переклад обробки на сучасніший верстат Bridgport зняв цю проблему. Сучасна система ЧПУ повинна дивитися вперед з швидкістю від 100 до 200 кадрів в секунду, щоб встигнути зробити розрахунки для гальмування на підході до кута і розгону після повороту.



Рисунок 2.11 – Простої інструменту

2.8.5.3 Високошвидкісний шпиндель

Високошвидкісний шпиндель накладає певні обмеження на процес обробки. Розглянемо різні шпинделі:

- силовий шпиндель: 15 000 об/хв, конус 50, потужність 45 кВт, максимальний крутильний момент, 400 Нм на 1000 об/хв, діаметр 100 мм.
- середній шпиндель: 24 000 об/хв, конус 40, потужність 20 кВт, момент 75 Нм на 3 000 об/хв, діаметр 70 мм.
- швидкісний шпиндель: 40 000 об/хв, конус 30, потужність 12 кВт, момент 48Нм на 30 000 об/хв, діаметр 45мм.

Як бачимо із зростанням швидкості обертання падає потужність і крутильний момент, зменшується діаметр. Вже сам цей факт примушує переходити від силових режимів до більш щадних швидкісних режимів різання. Це зовсім не означає, що ми повинні використовувати ці верстати тільки для чистової обробки. Просто чорнова обробка, де треба зняти великий об'єм матеріалу, повинна виконуватися із зменшеними перетинами зрізу, що знімаються з вищою швидкістю.

2.8.5.4 Ріжучий і допоміжний інструмент

Наступний фактор – ріжучий і допоміжний інструмент. Провідні інструментальні фірми пропонують сьогодні широку гаму фрез для ВШО з докладними рекомендаціями по сферах їх застосування і режимах різання. Розробляються нові мілкодисперсні сплави здатні надійно працювати на високих швидкостях. Більш важливо звернути увагу на системи допоміжного

інструменту, які забезпечують кріплення фрез. У зв'язку із зниженням сил різання в процесі ВШО на перший план виходять інші фактори – величина биття фрези, вібрації, інерційні навантаження і сили, що виникають при цьому стають сумірними з силами різання. Биття інструменту сильно впливає на знос. Це підтверджують дані експериментів з графіка на залежності зносу від биття інструменту, де видно практично лінійна залежність зносу від биття при високих швидкостях різання. Таким чином, ВШО вимагає особливої уваги до балансування інструменту. Для цього можуть використовуватися спеціальні патрони з можливістю балансування або балансування оправки для термозажиму.

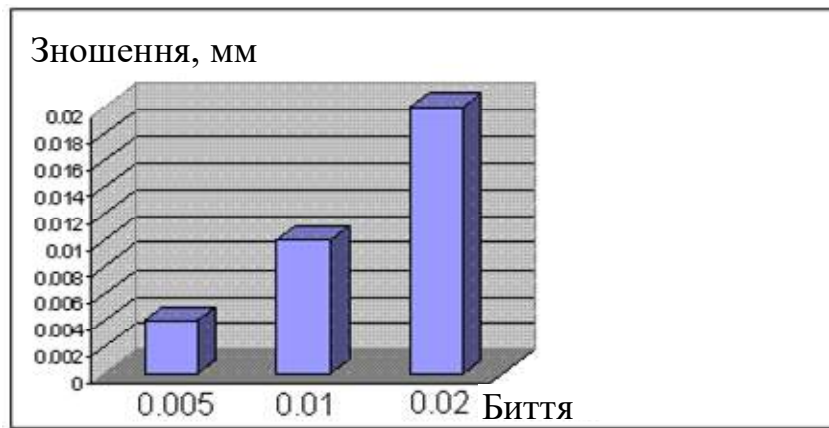


Рисунок 2.12 – Залежність впливу биття на зношення інструменту

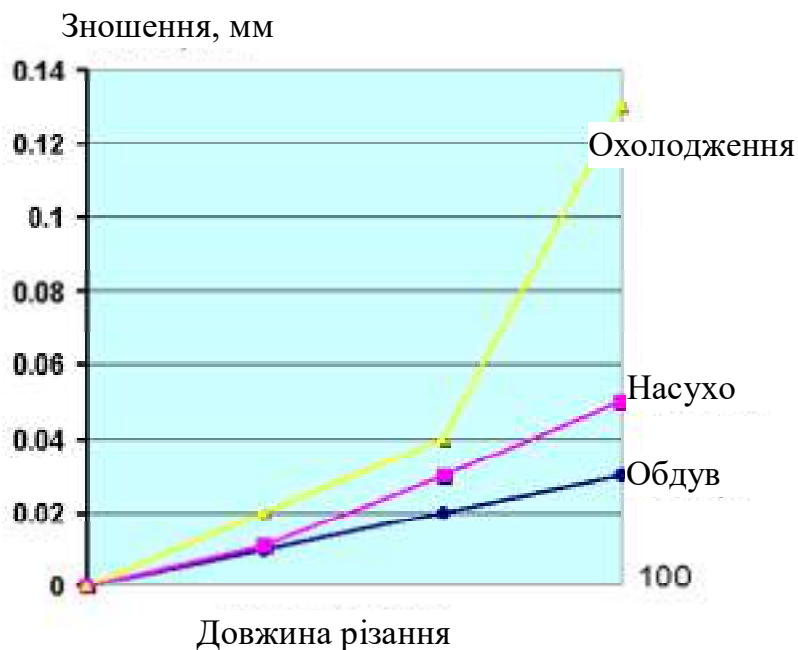


Рисунок 2.13 – Залежність зношення інструменту в різних умовах

Цікавий ефект збільшення стійкості інструменту при ВШО спостерігається при порівнянні способів охолодження. Як показує графік, найбільша стійкість спостерігається при використанні обдування. Оскільки тепло концентрується в стружці, її треба просто швидко видалити із зони різання. Низька стійкість інструменту при охолодженні пояснюють головним чином викрошуванням, внаслідок циклічних термічних навантажень на ріжучу кромку інструменту. Постійне теплове навантаження, навіть на відносно високих температурах краще, ніж змінне циклічне навантаження.

2.8.5.5 Малий припуск

Перше правило ВШО – малі перетини зрізу що знімаються з великою швидкістю. Це основа високошвидкісної обробки і реалізується простим завданням малих кроків між проходами, окрім випадків урізування, коли йде прохід повною шириною фрези. Такі випадки треба виключати і досягається це використанням трохіодальної обробки, коли фреза рухається в процесі урізування по колу, зрештою, здійснюючи урізування. Ідеально, коли САМ система сама будує трохіоду в місцях, де треба здійснити урізування.

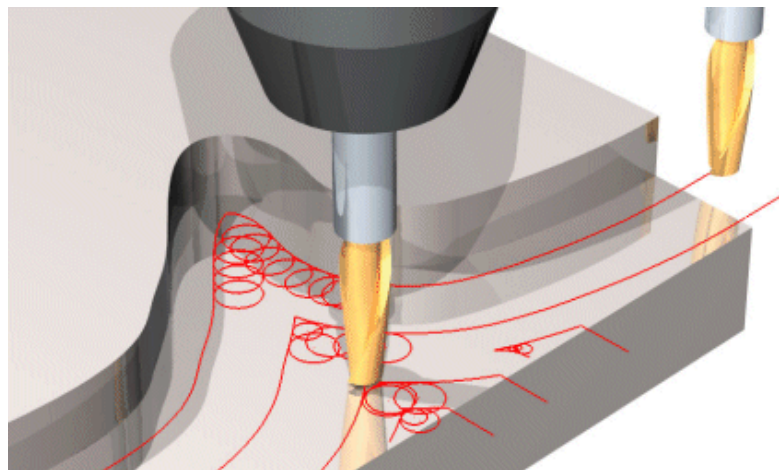


Рисунок 2.14 – Трохіодальна обробка

Така стратегія використовується і при формуванні пазів, які раніше оброблялися одним ходом фрези того ж діаметру, що ширина паза.

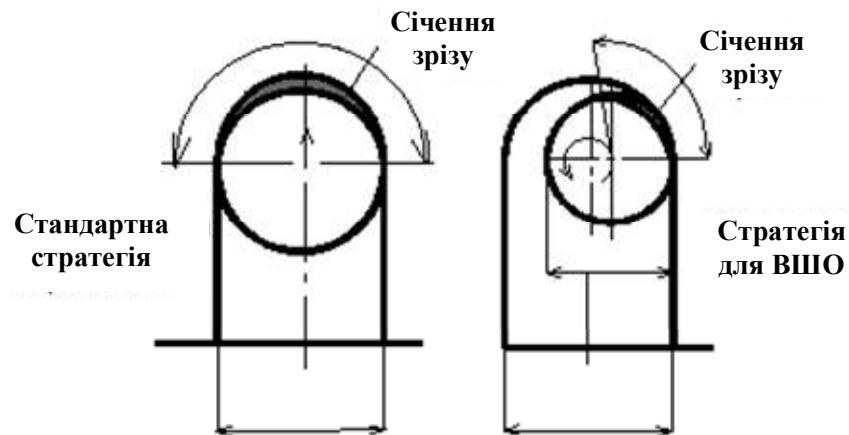


Рисунок 2.15 – Обробка пазів

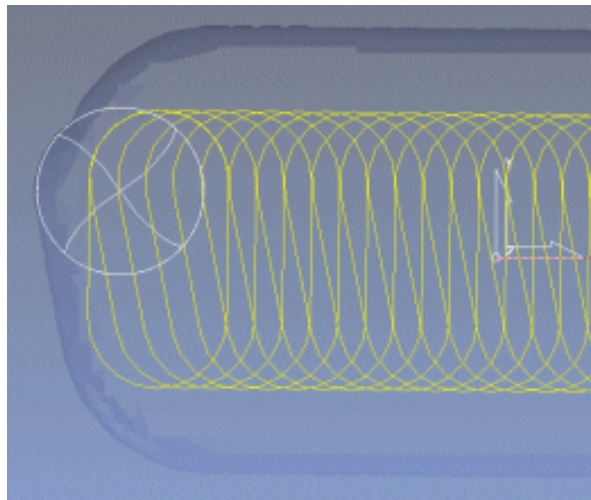


Рисунок 2.16 – Обробка великих не діаметральних пазів

Коли ВШО використовується для обробки відрізу із загартованої заготовки і деталь має отвори, їх обробка свердлінням є певною проблемою, унаслідок низької стійкості свердел. В цьому випадку ефективним способом може бути спіральна розфрезеровка отворів. Причому, як показує практика цей метод, як по продуктивності, так і по стійкості інструменту перевершує свердління.

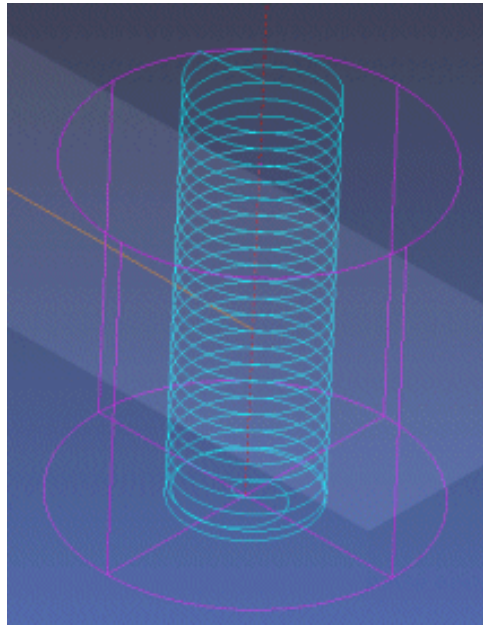


Рисунок 2.17 – Спіральна обробка отворів

Як результат виконання цього правила потрібно бути готовим, що об'єм програм для ВШО значно перевершує об'єми традиційних програм силового різання і системи ЧПУ повинні мати можливість швидко обробляти програми, що становлять десятки мегабайт. Великі об'єми програм вимагають відповідно великих витрат часу на розрахунок траєкторії і тут на перший план виходить швидкість розрахунку яку забезпечить САМ система. При розробці своєї системи POWERMILL фірма Delcam приділяла цьому особливу увагу і на сьогоднішній день вона явний лідер за часом розрахунку і перерахунку програм.

2.8.5.6 Боротьба з кутами

Друге правило ВШО – гладка траєкторія інструменту. Воно витікає з необхідності зниження динамічних навантажень під час різкої зміни напрямку руху інструменту. Треба максимально можливо виключити кути на траєкторії. У кутах, де інструмент міняє напрям, він вимушений зупинитися, зниження навантаження у цей момент викликає урізування фрези в тіло деталі і як наслідок на поверхні деталі залишаються сліди, які видно на рис.2.18.

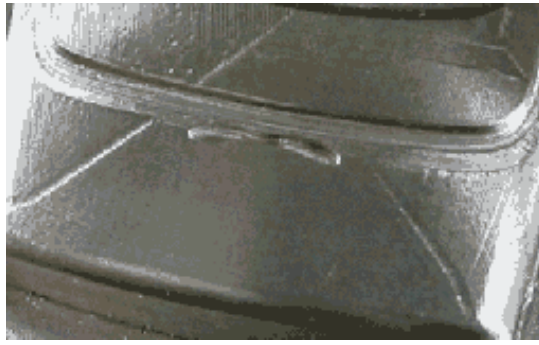


Рисунок 2.18 – Скруглення кутів

Створення гладких траєкторій - це функція САМ системи, наприклад, POWERMILL для створення гладких траєкторій реалізує той же алгоритм згладжування, який виконує гонщик, проходячи круті віражі.

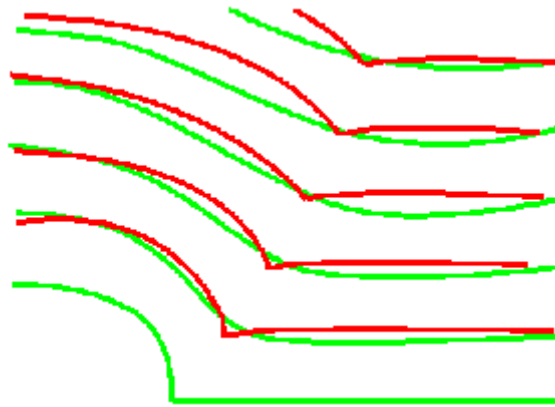


Рисунок 2.19 – Гладких траєкторій

2.8.5.7 Рівномірне навантаження

Третє правило – рівномірне навантаження на інструмент. Традиційна рядкова обробка, що складається з численних ходів урізування і виходів інструменту, навіть якщо це згладжені входи по дузі, не може бути визнана оптимальною для ВШО. Перевага повинна віддаватися спіральним стратегіям, де інструмент одного разу врізавшись, зберігає безперервний і рівномірний контакт із заготовкою або стратегіям еквідистантного зсуву контура, які зберігають контакт інструменту із заготовкою тривалий час з одним заходом і виходом.

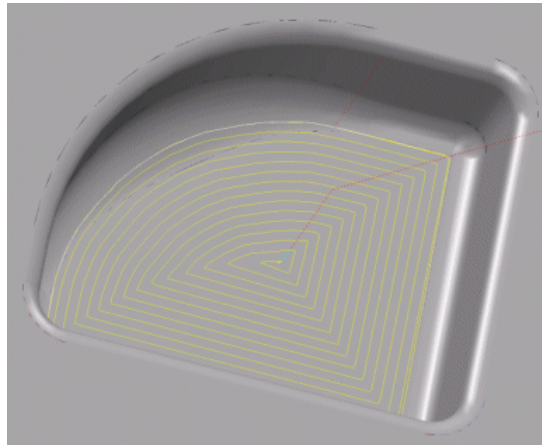


Рисунок 2.20 – Еквідистантний зсув контура обробки

Це ж правило рівномірних навантажень диктує техніку обробки внутрішніх скруглень. При ВШО треба прагнути виключати обробку фрезами з радіусами рівними радіусам скруглення на деталі.

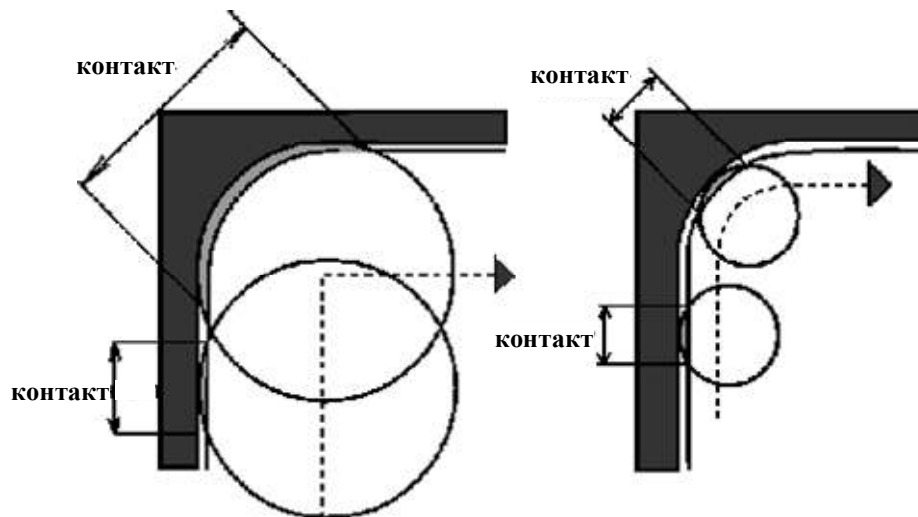


Рисунок 2.21 – Контактних поверхонь при скругленнях

Як видно з рис.2.21 в місцях скруглень це викликає різке збільшення перетину зрізу і відповідно навантаження на інструмент, і якщо він ламатиметься, напевно він ламатиметься саме в цих місцях. Правда це змусить моделювати всі радіуси скруглення на комп'ютерній моделі, тоді як раніше часто, економлячи час, радіуси не моделювалися, а формувалися геометрією фрези. Звідси однією з вимог до систем моделювання має бути вимога легкого і надійного моделювання радіусів скруглення.

САМ система для ВСО повинна забезпечити:

- широкий набір варіантів гладкого підведення-відведення і зв'язок між проходами.

- набір стратегій спіральної і еквідистантної обробки зон, як на чистовій, так і на чорновій обробці і пошук оптимальної стратегії в різних зонах обробки, а також автоматичне згладжування траєкторій в кутах.

- виключення проходів повною шириною фрези і автоматичне застосування трохіодального урізування в цих місцях.

- оптимізацію подач для згладжування навантаження на інструмент.

РОЗДІЛ 3
МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УЧПУ НА ФРЕЗЕРНОМУ
ВЕРСТАТІ МОДЕЛІ ГДВ400ПМ1Ф4

3.1 Опис систем, що підлягають модернізації на токарних верстатах

При проведенні модернізації верстатів на даному підприємстві було вирішено модернізувати системи УЧПУ.

Так при модернізації токарних верстатів було замінено УЧПУ «Електроніка НЦ-31 на модуль програмного управління НЦ-31.

В таблиці 3.1. дамо характеристику початкової УЧПУ.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики ЧПУ "Електроніка НЦ-31"

Найменування параметрів	Од.вим.	Величини
1	2	3
Число керованих координат		3 (2 осі і шпindelь)
Число одночасно керованих координат		2
Лінійна і кругова інтерполяція, різьбонарізання		Так
Контурне управління з програмно-структурною організацією		Так
Точність позиціонування (дискрет від завдання)	дискрета	1
Максимальне значення переміщення по осях	дискрета	-999999... +999999
Кількість кадрів, що запам'ятовуються	кадрів	250x5
Діапазон робочих подач	дискрет/об	1...999999
Діапазон робочих подач	дискрет/хв	1...9999
Діапазон нарізуваних різьб	дискрет/об	1...999999

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
Швидкість прискорених переміщень	дискрет/хв	1...9999
Максимальне число інструментів	шт	99
Об'єм постійної пам'яті	кБайт	16
Об'єм оперативної пам'яті	кБайт	8
Кількість імпульсних перетворювачів на верстаті		4
Кількість входів електроавтоматики		15
Кількість виходів електроавтоматики		16
Напруга живлення	В (Гц)	220 (50)
Споживана потужність	Вт	400
Робоча температура	°С	+5...+45

3.2 Модернізація систем УЧПУ на токарних верстатах



Рисунок 3.1 – Модуль програмного управління НЦ-31

Плата пам'яті NCMEM для УЧПУ "НЦ-31".

Плата пам'яті NCMEM призначена для заміни в УЧПУ НЦ-31 плати ОЗУ 3500. Використання цієї плати дозволяє підвищити надійність обладнання і автоматизувати введення технологічних програм.

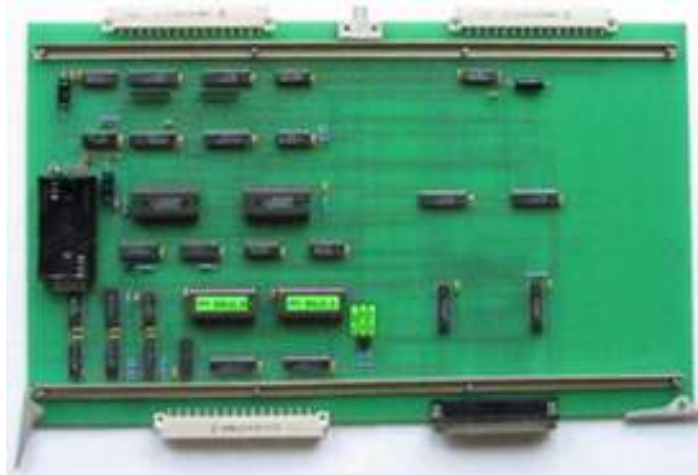


Рисунок 3.2 – Плата NCMEM

Плата NCMEM має наступні переваги:

- збільшується надійність роботи УЧПУ і його ремонтпридатність за рахунок використання сучасної елементної бази;
- на платі використовуються мікросхеми статичного ОЗУ із струмом споживання в режимі зберігання ($U_{пит}=3\text{ В}$) не більше 1мА. Автономне джерело живлення мікросхем ОЗУ встановлюється прямо на платі, що дозволяє зберігати пам'ять програм навіть після ремонту УЧПУ. В якості автономного джерела живлення використовуються дві широко застосовувані батарейки типу АА (316), які забезпечують зберігання інформації більш 1-го року ;
- постійна пам'ять УЧПУ виконана на мікросхемах 2764 (К573РФ4, 27128 - 27512) замість дефіцитних мікросхем К596РЕ1. Заміна мікросхем ППЗУ, встановлених на колодках, дозволяє встановити будь-яку версію математичного забезпечення УЧПУ: 3, 4, 4 розширену.
- для введення в УЧПУ технологічних програм і параметрів на платі є інтерфейс підключення зовнішніх модулів пам'яті МВП, МВПП2.

Пристрої вводу-виводу програм в УЧПУ НЦ-31 і МС2109.

Для введення-виводу технологічних програм і параметрів для УЧПУ НЦ-31 пропонується використовувати сучасні модулі зовнішньої пам'яті і пристрою введення-виводу: і плату пам'яті NCMEM .

Модуль МВПП-8К – виконаний в малогабаритному корпусі на електрично програмованих мікросхемах пам'яті, що не вимагають елементів підживлення. Ємкість модуля 8К 16-ти розрядних слів (2 сторінки по 4К слів). Перемикання сторінок здійснюється кнопкою, що відображається зеленим або червоним світлодіодом.



Рисунок 3.3 – Пристрій сполучення УС-МВП

Пристрій УС-МВП, до якого підключаються модулі зовнішньої пам'яті (МВПП, МВП), є дешевим і надійним пристроєм введення-виводу програм і параметрів верстата. УС-МВП встановлюється на місце стандартної КВП. Установка на верстат займає не більше 30 хвилин. Розмір пристрою -120*120*30 мм.



Рисунок 3.4 – УЧПУ МС2109

УЧПУ МС2109 має вбудований інтерфейс підключення касети КВП. Для цієї системи пропонуються модернізовані плати КВП-32К. Плата вставляється в корпус стандартної касети КВП і підключаються до пристрою сполучення, що є у складі системи. Ємкість касети КВП 32К 16-ти розрядних слів (8 сторінок по 4К слів). Перемикання сторінок і включення режиму захисту від запису здійснюється за допомогою мікроперемикачів на лицьовій панелі касети.



Рисунок 3.5 – Касети МВПП-8К

Касети МВПП-8К, КВП-32К підключаються до персонального комп'ютера для запису або читання технологічної інформації. Для цього використовується програмно-апаратний комплекс RWMEM, до складу якого входить програма RWMEM.EXE і розширювач інтерфейсу, що підключається до порту USB комп'ютера.

Дана модернізація дає наступні переваги:

1. Збільшується надійність роботи УЧПУ і його ремонтоздатність за рахунок використання сучасної елементної бази. Значно знижується енергоздатність порівняно з оригіналом.
2. На платі встановлена енергонезалежна пам'ять, яка забезпечує збереження параметрів, прив'язок та технологічних програм не менше 10 років без застосування акумуляторів.
3. Використовуються індикатори збільшеного розміру та яркості.
4. Для вводу-виводу УЧПУ технологічних програм на платі розміщено

інтерфейс підключення змінного модуля пам'яті, через який здійснюється зв'язок з ПК та архівне зберігання технологічних програм.

Також використовуємо пристрій ЧПУ NC-3110.03, який дає можливість заміни УЧПУ плат КИП, КЕ, КП, ПРЦ, АТМ, ОЗУ, які є технічно застарілими і на які ідуть великі ремонтозатрати системним блоком ARM-DIP(СБ) NC-3110 – це контурна система управління, яка є більш надійною в експлуатації при оперативному управлінні верстатом з електроприводами по двом лінійним осям, головним приводом і вимірювальними фото-імпульсними датчиками. Паралельно при заміні йде заміна пульта оператора ПО31 на) NC-3110.

3.3 Модернізація систем УЧПУ на фрезерних верстатах

Фрезерні верстати працювали з ЧПУ 2С42-65 з фотозчитуючим пристроєм. Було замінено на мікроконтролер, який через плату зв'язку з фотозчитуючим пристроєм під'єднаний до стійки ЧПУ. До контролера під'єднується чіп з технологічними програмами записаними на ПК.



Рисунок 3.6 – Система з ЧПУ 2С42-65 з фотозчитуючим пристроєм

Перевагою заміни є виключені з ланки трудомісткого технічно і морально застарілого фотозчитуючого пристрою.

Недоліком є мала ємність чіпа – можна записати 3-5 програми.

Новий контролер конструктивно складається з корпусу, в якому закріплена плата електроніки. До передньої стінки корпусу кріпиться плоска клавіатура, яка пов'язана з платою електроніки через роз'єм.

Передня стінка корпусу має отвір для індикатора, який прикріплений до плати електроніки. У нижній частині корпусу є 25-контактний роз'єм для підключення до ЕОМ і УЧПУ.

Контролер може вбудовуватися в шафи, що існують на верстатах, і пульти управління. Кріплення може здійснюватися гвинтами, що сполучають передню і задню стінки корпусу.

Даний контролер може симулювати ФСУ різних типів. Так, на рис. 3.7 сигнал СТАРТ встановлюється один раз на весь час передачі і контролер передає дані з певною швидкістю (асинхронна передача). Такий спосіб передачі використовується, наприклад, в УЧПУ Н33 з фотопрочитуючим пристроєм Consul 337.300.

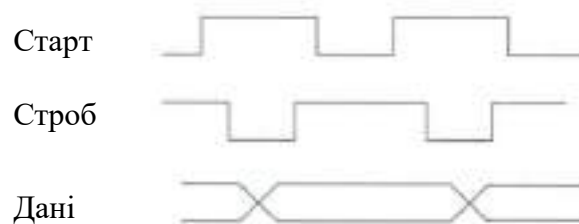


Рисунок 3.7 – Контролер передає дані з асинхронною передачею

Контролер симулює також ФСУ з синхронним способом передачі, коли сигнал СТАРТ встановлюється при прийомі кожного байта. Такий спосіб використовується, наприклад, в УЧПУ 2С42. Синхронний спосіб показано на рис.3.8.

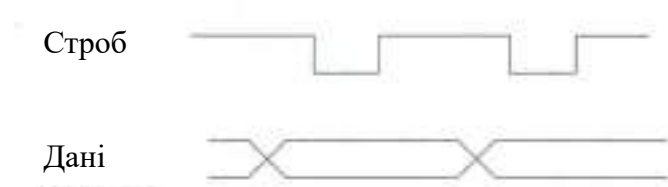


Рисунок 3.8 – Контролер передає дані з синхронною передачею

Рис.3.7-3.8 ілюструють випадок, коли час затримки стробу відносно даних дорівнювало нулю. Якщо час затримки не дорівнює 0, контролер спочатку записує дані у вихідний регістр, а потім через певний час встановлює сигнал Строб.

Оператор може проглянути параметри зв'язку з ЕОМ і порту введення - виводу на УЧПУ, не звертаючись до модуля редагування системних параметрів. Для цього він може перейти до модуля індикації довідки про контролер. Його відмінність від програми редагування – можливе тільки проглядання параметрів, їх зміна неможлива.

РОЗДІЛ 4
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ОБРОБКИ ДЕТАЛІ
СОБАЧКА НКАИ741 374 068

4.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі «собачка» при
застосуванні нових систем модернізації

Досягнення високих показників у машинобудуванні ґрунтується на врахуванні та використанні основних досягнень технології та організації виробництва.

Використання форм і методів організації технологічних процесів на основі використання досягнень науки та техніки, наукової організації праці, комплексної автоматизації та механізації.

Метод отримання заготовки – штамповка.

Креслення деталі представлено на рис.4.1.

Існуючий технологічний процес передбачає обробку деталі типу собачка з використанням як універсального обладнання, так і верстатів з ЧПК (рис.4.2).

Існуючий технологічний процес дозволяє досягнути необхідної точності, але згідно технологічного маршруту не витримується постійність баз. Це пов'язано з використанням універсального обладнання малої потужності. Використання високопродуктивного оснащення є неможливим. Використання обладнання великої потужності та габаритів дозволить використовувати багатомісне оснащення, тим самим зменшується штучний час виготовлення деталей. Використання обладнання, що має два чи три шпинделя, дозволить проводити обробку зразу декількох поверхонь з одного встановлення, що забезпечить постійність баз.

Так як конструкція деталі відноситься до не особливо точних, то при вимірюванні, в основному, використовується універсальне обладнання.

В проектному варіанті доцільно використовувати крім універсального обладнання і спеціальне: калібр-пробки, для вимірювання пазів та отворів,

нутромір, настроєний на певний розмір деталі, що перевіряється.

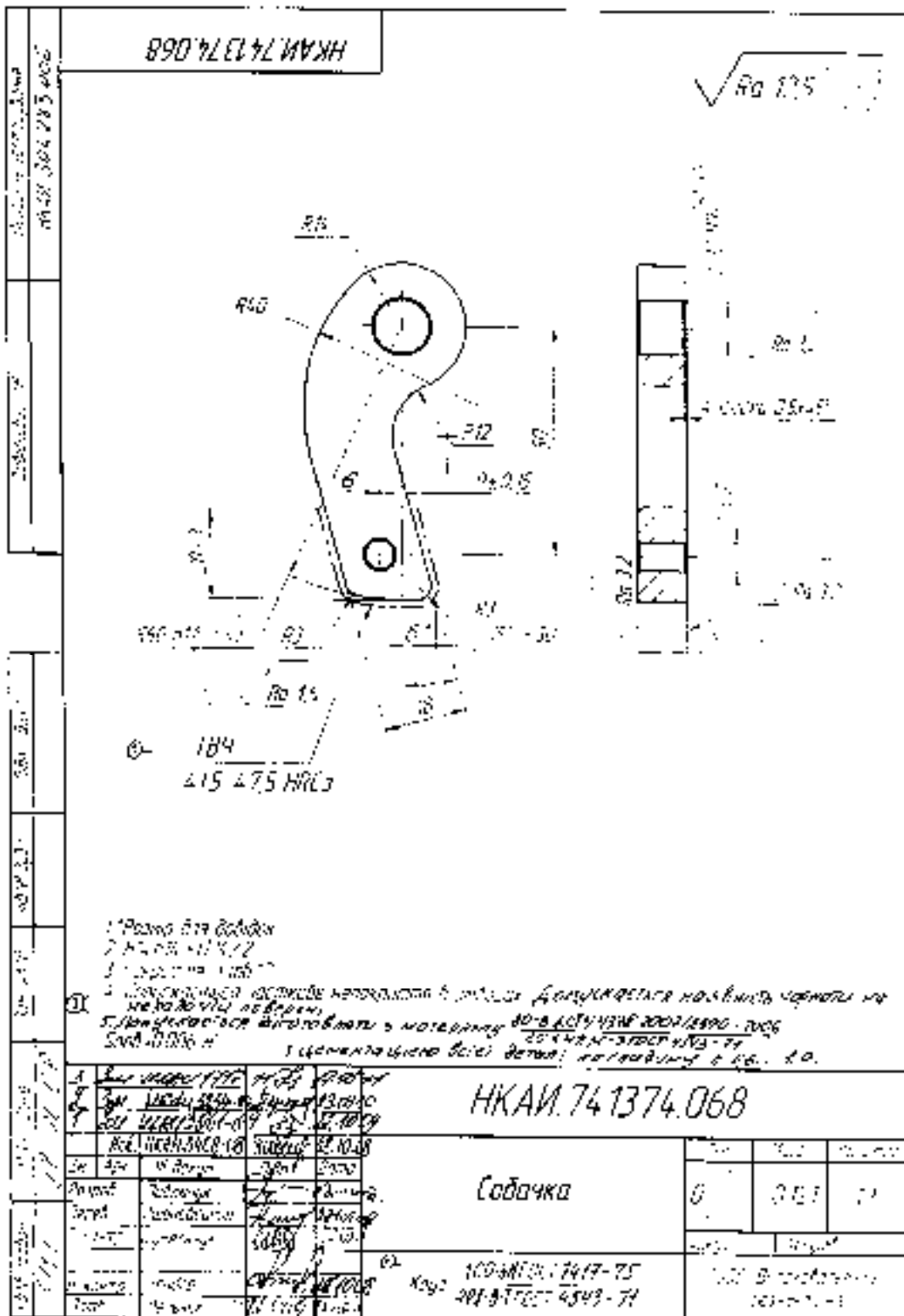


Рисунок 4.1 – Креслення деталі собака

Впровадження нових технологій дозволяє перешкоджати бар'ерам всередині підприємства та між різними організаціями за рахунок створення єдиного електронного середовища деталей, що виготовляють, та оброблюваної

інформації, що дозволяє підвищувати продуктивність праці.

Розвиток CAD/CAM – технологій дозволило вдосконалити етапи дизайнерської проробки виробів, створення прототипів та дослідних зразків, в результаті чого з'явилися передумови для оперативної зміни виробу у відповідності з вимогами маркетингової стратегії на корегування конструкції та технологічних процесів.

Однією з провідних компаній – розробників CAD/CAM-систем є фірма *Delcam plc* (Великобританія).

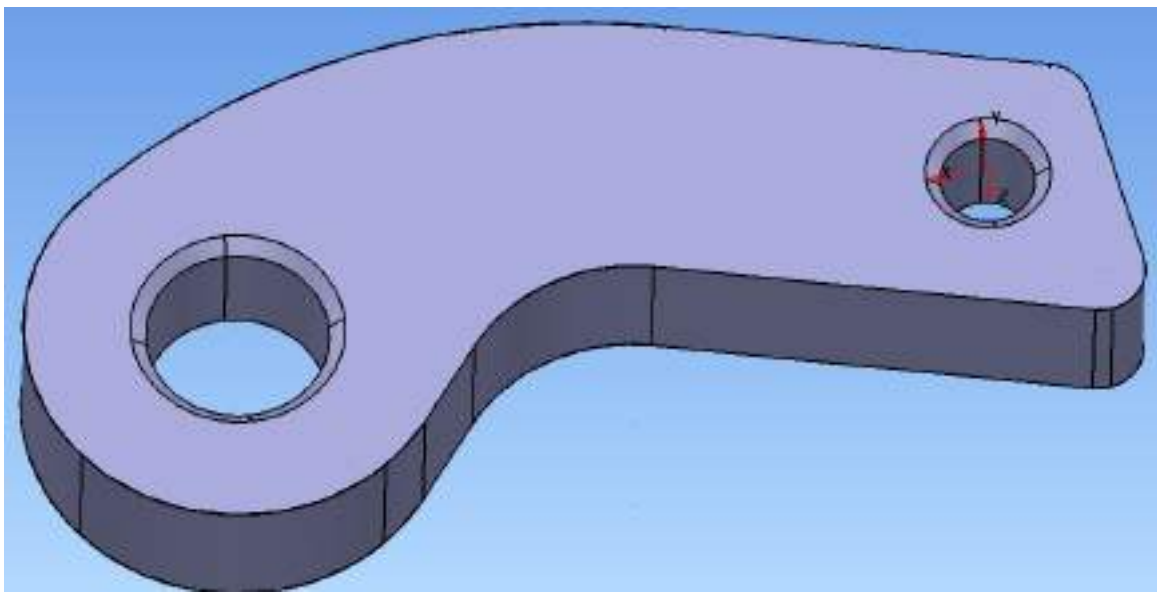


Рисунок 4.2 – 3D-модель деталі собачка

4.2 Основні задачі САПр ТП в технологічній підготовці виробництва

Сучасний етап розвитку машинобудівного виробництва характеризується двома тенденціями: з однієї сторони – скорочення „життєвого циклу” виробів (тобто періоду знаходження виробу у виробництві до заміни його на іншу, більш досконалу модель), а з другої – постійне збільшення тривалості циклу технологічної підготовки виробництва (ТПВ) нових виробів, так як конструкції постійно ускладнюються, вимагають розробки все більшого об’єму технічної документації, розробки, освоєння і використання нових технологічних

процесів. Так, в машинобудуванні в середньому за 20 років „життєвий цикл” скорочується приблизно в 3 рази, а тривалість ТПВ збільшується приблизно в 2 рази.

Проблеми автоматизації виробництва доцільно вирішувати в складі інтегрованого виробничого комплексу, який охоплює всі стадії виробництва: дослідження, конструювання, технологічну підготовку і організацію виробництва. В зв'язку з цим виникла необхідність розглядати виробничу систему, яку в машинобудуванні розглядають комп'ютеризованим інтегрованим виробництвом. В такій системі організація функціонування виробництва здійснюється шляхом використання інтегрованої бази даних, яка дозволяє автоматизувати управління інформаційними і матеріальними потоками між різними виробничими підсистемами. Вказані підсистеми на різних рівнях виробництва виконують певні функції: організацію виробництва, конструювання виробів і деталей, розробку технологічних процесів виготовлення деталей і складання деталей, планування, диспетчеризацію і оперативне управління виробництвом.

Технологічне проектування є дуже трудомістким процесом. В машинобудуванні реальні затрати часу на розробку маршруту технологічного процесу з вибором обладнання для операцій складають 4-25 годин; розробка операцій до рівня переходів з призначенням оснащення, розрахунком режимів різання і нормуванням – 10-80 год.; розробка і оформлення операційних ескізів – 2-40 год.; конструювання спеціального інструменту – 0.5-50 год. Прорахунок декількох варіантів технологічного процесу теж дуже трудомісткий. Звичайно при традиційних методах проектування розробляється лише один варіант і тільки на рівні маршрутного технологічного процесу. Ясно, що такі варіанти не є оптимальними, а сумарні втрати виробництва при цьому значні.

Успішне вирішення вказаних проблем можливе лише при широкому впровадженні САПР ТП, які дозволяють вивільнити проектувальника від виконання часто повторюваних нетворчих задач, різко підвищити продуктивність праці технологічних служб, покращити якість проєктованих

технологічних процесів.

Детальний аналіз можливостей застосування обчислювальної техніки і заснованих на них САПР в процесі ТПВ доцільно проводити, розділивши вирішувані при ТПВ технологічні задачі на чотири групи: оформлення документів, пошук інформації, інженерні розрахунки, прийняття рішень.

САПР ТП дозволяють автоматизувати наступні операції: аналіз завдання замовника і розробку технологічного завдання на проектування, розробку структури технологічного процесу з урахуванням можливості концентрації операцій, вибір структури обладнання, який забезпечує заданий коефіцієнт його використання, отримання в результаті проектування необхідної технічної і технологічної документації.

Основними задачами САПР ТП є:

- підвищення якості і техніко-економічного рівня продукції, яка проектується і випускається;
- підвищення ефективності об'єктів проектування;
- зменшення затрат на створення і експлуатацію об'єктів проектування;
- зменшення термінів і трудомісткості проектування;
- підвищення якості продукції.

<i>Маршрут виготовлення</i>						№ замовлення або інше	К-сть дет. на партію	Маса, кг	
НКАИ 741 374 068 Собачка								0,121	
Матеріал і марка						Заготовка (розміри), мм	Норма в-т, кг	Потреба на замов.	
Круг В-80 ГОСТ 2590-88/20ХН2М ГОСТ 4543-71						Ø80×6200	0,726	337,78	
Феррохлор 7130 DIN EN 10204							0,00048		
Кислота соляна технічна ГОСТ 857-95							0,003		
Ангідрид хромовий ГОСТ 2548-77							0,031		
№ операції	Код назва операції				Тип(модель) обладнання	Кат.	Розряд	Т _{кв.}	
Код роб. центру	ІОП №				Оснащення	Код професії	Код ТС	Т _{шт.}	
03 222164	НКАИ2524100010 4282, СТРИЧКО-ВІДРІЗНА ІОП № 0247 Різати прокат на заготовки l=16,1				МЕБА 335GA AMADA SGLB 3/4 P ШЦ-I-125-0,1	1 17928	3 22	20 5,43	
09 222119	0108, СЛЮСАРНА ІОП № 010; ІОП № 0076 Зачистити задирки після різки.				Верстак слос.	1 18466	2 23	8 0,8	
12 221105	4114, ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНА ІОП № 0070 Закріпити заготовку в патроні. Підрізати торець Ø80 начисто. Переустановити заготовку. Підрізати торець Ø80 ,витримуючи розмір l ₁ , l ₀₂				16K20T1 Патрон 3-ох. кул. ШЦ-I-125-0,1	1 19149	4 22	18 (25) 3,9	
15 221217	4234, ФРЕЗЕРНА З ЧПУ ІОП № 0085 1.Центрувати 2 отв. 2. Свердлити 2 отв. Ø 6.2 3. Розсвердлити 1 отв. Ø 6.2 до Ø 11,8. (Згідно ескізу).				ГДВ400ПМ1Ф4 Пф-13607 ШЦ-I-125-0,1	1,6 16045	3 22	12 (18) 4,2	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
<i>Виріб</i>				Розробив					Аркуш 1
<i>Собачка</i>				Н.контроль					Аркушів
				Затвердив					6

Рисунок 4.3 – Технологічний процес виготовлення деталі собачка

Продовження рисунку 4.3

№ операції	Код, назва операції	Тип(модель) обладнання	К _{шт.}	Розряд	T _{шт.}				
Код роб. центру	ІОП №	Оснащення	Код професії	Код ТС	T _{шт.}				
18 221201	0108, СЛЮСАРНА ІОП № 010; ІОП № 0076 Зачистити задирки після фрезеровки.	Верстак слюс.	1 18466	2 23	8 1.2				
21 221205	4212, РАДІАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНА ІОП № 0080 Зенкувати фаску 0,8×45° в отв. Ø 6,2 і фаску 0,9×45° в отв. Ø 11,8 з двох сторін з переустановкою	2М55-1 Лещата ШЦ-І-125-0,1	1 18355	3 22	19 1,6				
24 221205	4212, РАДІАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНА ІОП № 0080 Розвернути отв. Ø11,8 до Ø12Н9(^{+0,043}).	2М55-1 Лещата МИ-35022-225	1 18355	4 22	19 0,4				
27 221217	4234, ФРЕЗЕРНА З ЧПУ ІОП № 0085 1. Установити деталь в пристрої для налаштування „0 деталі” для забезпечення концентричності R14, Ø12Н9(^{+0,043}) 2. Фрезерувати деталь по контуру по програмі, з припуском 0,5 3. Фрезерувати деталь начисто витримуючи розміри: 18; кут 15°±30'; R14; R3; R12; R 60,3 _{-0,2} Увага! Контролювати розмір 60,3_{-0,2}	ГДВ400ПМ1Ф4 Пф-13606 ШЦ-І-125-0,1 МИ-13064 МИ-	1,6 16045	3 22	12 (18) 5,0				
30 221201	0108, СЛЮСАРНА ІОП № 010; ІОП № 0076 Зачистити задирки після фрезеровки.	Верстак слюс.	1 18466	2 23	8 1.2				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
НКАИ 741 374 068 Собачка									Аркуш
									2

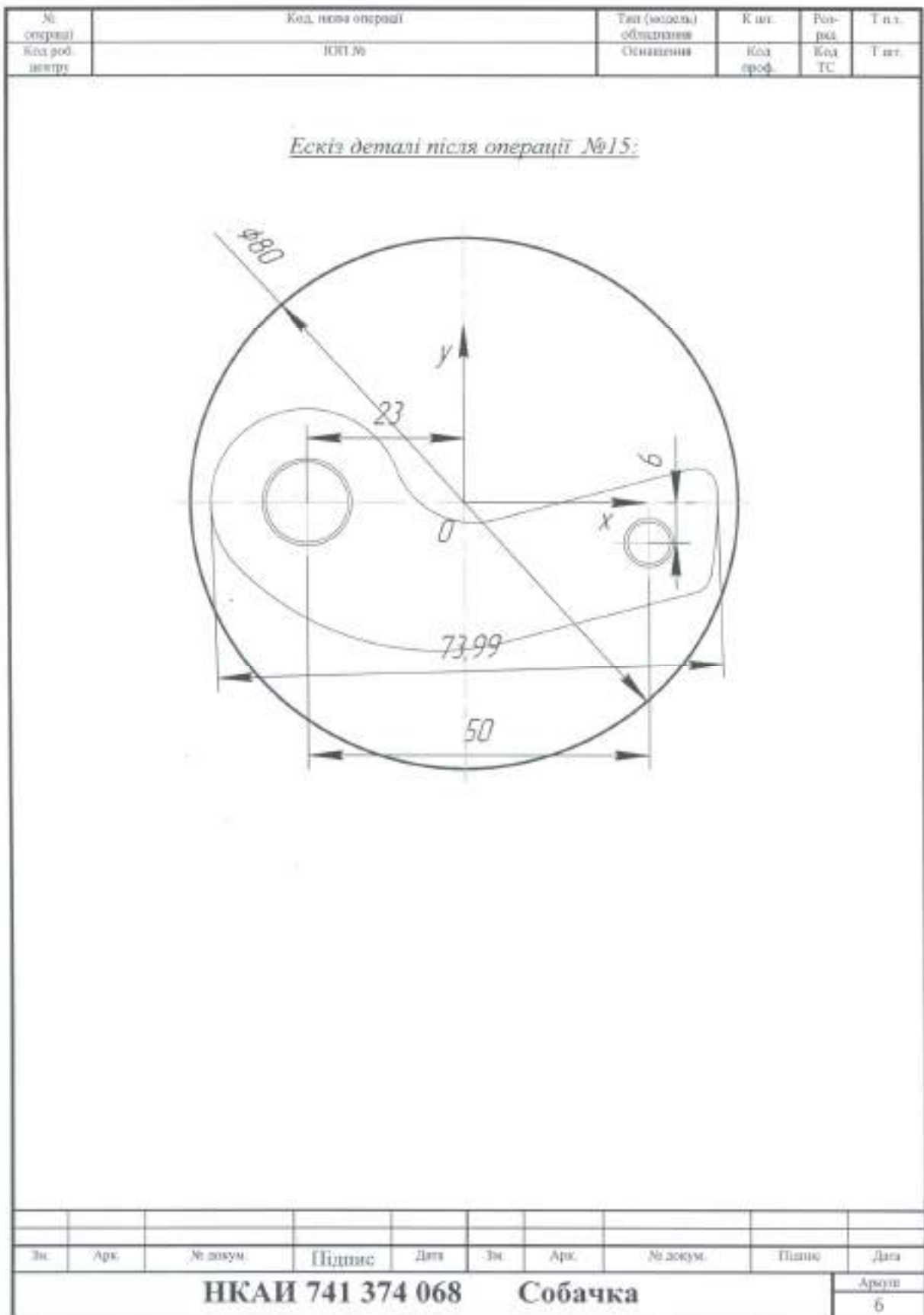
Продовження рисунку 4.3

№ операції	Код, назва операції	Тип (модель) обладнання	К _{шт}	Розряд	T _{шт}				
Код роб. центру	ЮП №	Оснащення	Код професії	Код ТС	T _{шт}				
33 221201	0200, КОНТРОЛЬ ЮП № 0116 Перевірити виконання розмірів R14. Ø12H9(+0,043) на співвісність КА.50271.00064	- -	1 13063	3 13	- 0,84				
36 223101	0190, ЗНЕЖИРЕННЯ ЮП № 0004 (S _{ном} = 0,006м ²)	MCL/OS 1200 Машинна миюча	1 11629	3 23	6 0,1				
39 683214	5000, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ЮП № 0075 Цементувати на глибину h 0,9...1,2; Увага! Не гартувати.	Ц-35 Піддон ТК-2М	1 19100	4 12	- 0,95				
40 683214	НКАИ2505000020 5010, ВІДПАЛ ЮП № 0075 Провести термообробку деталі	ПЕ-0,25/1,0 ВИ-цех Піддони	1 19100	4 25	14 0,65				
42 221202	5030, ГАРТУВАННЯ ЮП № 0075 Загартувати деталь.	Установка ВЧИ-2 Індуктор Ванна з маслом	1 19100	4 23	10 1,65				
45 683215	НКАИ2505000020 5052, ВІДПУСК СЕРЕДНІЙ ЮП № 0075 Відпустити деталь витримуючи 47...51 HRC _c ,	Піч СНО3.8.2/1 ВИ-350534	1 19100	5 13	- 1,85				
48 683215	0629, ВИПРОБОВУВАННЯ МЕХАНІЧНІ НА ТВЕРДІСТЬ ЮП № 0210 Випробувати твердість 47...51 HRC _c на деталях	Твердомір ТК-2М	1 13026	5 13	- 3,20				
51 223101	0143, ОЧИСТКА ХІМІЧНА ЮП № 0004 S=0,006м ² .	Ванна гальванічна	1 11629	2 23	6 0,5				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
НКАИ 741 374 068 Собачка								Аркуш	
								3	

Продовження рисунку 4.3

№ операції	Код, назва операції	Тип(модель) обладнання	К _{шт}	Розряд	T _{плз}				
Код роб. центру	ІОП №	Оснащення	Код професії	Код ТС	T _{шт}				
52 221205	4212, РАДІАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНА ІОП № 0080 Прогнати отв. Ø12H9(^{+0,043}).	2М55-1 Лещата МИ-35022-225	1 18355	4 22	19 0.4				
54 221207	4133, ПЛОСКОШЛІФУВАЛЬНА ІОП № 0084 Шліфувати площину в розмір 10,5 _{-0,3} з двох сторін з переустановкою КА.50271.00064	3Е711В ШЦ-1-125-0,1	1,5 19630	3 22	19 4.5				
57 223101	0190, ЗНЕЖИРЕННЯ ІОП №0004 (S _{пов.} = 0,006м ²) Знежирити деталі хімічним способом.	MCL/OS 1200 Машинна мночка	1 11629	3 23	6 0.1				
60 221208	4131, КРУГЛОШЛІФУВАЛЬНА ІОП № 0084 Шліфувати, радіус R 60.3 _{-0,1} до R60h11(_{-0,19})	3Е12 Оправка ВИ- МИ-13066	1 19630	4 22	21 2.5				
88 221208	0200, КОНТРОЛЬ ІОП № 0116 Перевірити геометрію поверхні	- -	1 13045	3 13	- 0,4				
90 223105	7172, ХРОМУВАННЯ ІОП № 0004 (S _{пов.} = 0,006 м ² ; Х.тв12)	Ванна гальван.	1 11629	4 23	15 3,5				
92 223107	4196, ПОЛІРУВАЛЬНА ІОП № 0170 Полірувати поверхню витримуючи шорсткість R _a 1.6 без зміни геометрії деталі. Використання гумового круга заборонено!	3Б854 Круг войлочний КругТ 408×41×40	1 16799	3 22	10 1,6				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
НКАИ 741 374 068 Собачка								Аркуш 4	

Продовження рисунку 4.3



ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Сьогодні багато промислових підприємств хотіли б замінити зношене і морально застаріле обладнання на нове, сучасне. Часто, наявне на підприємствах обладнання, яке виготовлене ще в радянські часи, знаходиться у розукомплектованому стані. При цьому механіка, як правило, знаходиться в дуже хорошому стані, а автоматика, як правило, вже морально та фізично застаріла. У зв'язку з цим актуальними є рішення щодо відновлення, реконструкції або модернізації такого устаткування.

Провівши аналіз обладнання на ТзОВ "Електрик", було вирішено провести модернізацію конструктивно-технологічних параметрів металорізального обладнання, що і стало основним завданням магістерської роботи.

У магістерській роботі було модернізовано конструктивно системи керування металорізальних верстатів для розширення їх технологічних можливостей.

Зокрема:

- 1) Проведено аналіз об'єкта модернізації верстатного обладнання.
- 2) Проаналізовано існуючі системи ЧПК верстатного парку підприємства ТзОВ "Електрик" і обґрунтувати напрямки модернізації;
- 3) Розроблено сучасну схему керування для верстата ГДВ400ПМ1Ф4.
- 4) Розроблену техпроцес та програму для обробки деталі «собачка».

Розроблена схема програмно-числового керування та модернізовано ЧПУ верстата ГДВ400ПМ1Ф4, оптимізовано технологічний процес виготовлення деталі «собачка».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131- Прикладна механіка: навчальний посібник. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. 487с.
2. Налобіна О.О., Бундза О.З., Серілко Д.Л., Голотюк М.В. Конструювання вузлів та агрегатів: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2020. 331 с.
3. Ревнівцев М.П., Паршина Н.П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: навч. посіб. К.: А.С.К., 2006. 416 с.
4. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: підручник. К.: Кондор, 2008. 726 с.
5. Кузнєцов Ю.І. Оснащення для верстатів з ЧПУ: Довідник. К.: Машинобудування, 2003. 359 с.
6. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посіб. К.: Кондор, 2009. 220 с.
7. Гумен О.М. Візуальне програмування задач механіки із залученням геометричних засобів САД – систем. Прикладна геометрія та інженерна графіка. М.: ТДАТУ, 2013. – Вип. 4. Т.55. С.18 – 23.
8. Джур Є.О., Бондаренко О.В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д.: “Інновація”, 2011. 109с.
9. Кавецький В.В., Козловський В.О. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013.
10. Деталі машин: підручник / [Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін.]. – К.: Агроосвіта, 2013. – 448 с.
11. Деталі машин: Навчальний посібник / Г.М. Борозенець, В.М. Павлов., І.В. Семак. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 220 с.
12. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.; з іл.

13. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія Упорядник Кузнецов Ю.М. – К.: Тернопіль: Тернограф, 2011. -692с.
14. Булига Ю.В. Теорія різання. Розрахунок режимів різання: практикум / Булига Ю.В., Веселовська Н.Р., Міськов В. П. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 67 с.
15. Вайнтрауб М. А. Засоби контролю процесів механообробки надточних деталей: монографія / Г.С. Тимчик, В.І. Скицюк, М.А. Вайнтрауб, Т.Р. Ключко. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 516 с., іл. – Бібліогр.: с. 503 – 513.
16. Кобзар Є.П., Мельничук Л.С., Громовий О.А. Розрахунки і проектування вузлів та деталей верстатів і систем: Навчальний посібник. - Житомир: ЖІТІ, 2000. - 361 с.
17. Обладнання і транспорт механообробних цехів: навч. посіб. / А.Ю. Довгополов, А.О. Нешта, В.О. Колесник. Суми: Сумський державний університет, 2023. 96 с.
18. Організація виробництва: підручник / за ред. А.І. Яковлева, С.П. Сударкіної, М.І. Ларки. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2016. – 436с.
19. Муляр Ю.І. Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина II: навчальний посібник / Ю.І. Муляр, С.В. Репінський. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 123 с.
20. Паливода Ю.Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
21. Технологія верстатних робіт: навч.пос. для проф.-техн. навч. закладів / М.А. Вайнтрауб, В.Й. Засельський, Д.В. Пополов, за наук. ред. М.А. Вайнтрауба. – К.: 2015. – 199с.

22. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. – Суми: Сумський державний університет, 2013. – 371 с.

23. Технологія машинобудування: навч. посіб. / [І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є. Грицай та ін.] // За ред. І.І. Юрчишина. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. – 528 с.

24. Міренський І.Г. Основи технології машинобудування: навч. посіб. / І.Г. Міренський. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 275 с. 14. Муляр Ю.І. Програмування багатоінструментальної обробки на верстатах з ЧПК: навчальний посібник. / Муляр Ю.І. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 192 с. 15. Невлюдов І.Ш. Комп'ютерні технології автоматизованого виробництва [Текст]: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, М.А. Бережна. – Харків: Компанія СМІТ, 2007. – 368 с.

25. Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні: навч. посіб. / А.І. Грабченко, М.Д. Узунян, Н.В. Зубкова та ін. – Х.: НТУ «ХП», 2014. – 88 с.

26. Стискін Г.М. Інструменти для механічної обробки матеріалів. / Г.М. Стискін, М.П. Ревнівцев, М.М. Берізко, В.А. Мелещик – Л.: Оріяна-Нова, 2002. – 240 с.

27. А. Бурдак. Високошвидкісна обробка на фрезерних верстатах. Тези ІV студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії “Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії”. Луцьк: ЛНТУ – 2024р. – 316 с.

28. Бочков В.М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: Підручник. / В.М. Бочков, Р.І. Сілін, О.В. Гаврильченко. За ред. Р.І. Сіліна. – Львів: Видавництво «Бескид Бід», 2008. – 448с.

29. Полінкевич Р.М. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи із спеціальності 131 – “Прикладна механіка”, спеціалізації: «Верстати з ЧПК та роботизовані комплекси» для студентів всіх форм навчання. / Р.М. Полінкевич, – Луцьк: Луцький НТУ, 2017. – 44 с.

30. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навч. посібник. / П.О. Руденко – К.: Вища школа, 1993. –414 с.

31. Руденко П.О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин: Навчальний посібник. / П.О. Руденко та ін. – К.: ІСДО. 1993.-304 с.

32. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування. / В.Д. Рудь. – Луцьк, 1996. – 300 с.

33. CAMWorks 2012 + Delcam FeatureCam 2012 R2 (03.2012) » ua.

34. Delcam FeatureCAM 2012 R2 SP2 version 18.6.0.29 + FeatureCAM.

35. www.delcam.com.