

УДК: 621.952

**Т.І. Четвержук, Р.М. Полінкевич, Р.Г. Редько, Н.Т. Зубовецька**  
*Луцький національний технічний університет*

### **РЕЖИМИ РОБОТИ СИСТЕМИ ЧПУ ВЕРСТАТА В ПРОЦЕСІ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

*Проведено аналіз сучасних пристроїв ЧПУ металорізальних верстатів, з визначенням основних діагностичних складових управління і контролю автоматизованими технологічними процесами.*

*Ключові слова:* ЧПУ, управляюча програма, діагностика, програмне забезпечення, оператор.

**Т.И. Четвержук, Р.Н. Полинкевич, Р.Г. Редько, Н.Т. Зубовецька**  
*Луцкий национальный технический университет*

### **РЕЖИМИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЧПУ СТАНКА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Проведен анализ современных устройств ЧПУ металлорежущих станков, с определением основных диагностических составляющих управления и контроля автоматизированными технологическими процессами.*

*Ключевые слова:* ЧПУ, управляющая программа, диагностика, программное обеспечение, оператор.

**T. Chetverzhuk, R. Polinkevich, R. Red'ko, N. Zubovetska**  
*Lutsk National Technical University*

### **CURRENT WORKS OF CNC MACHINE IN THE PROCESS OF ITS EXPLOITATION**

*The analysis of modern devices of CNC metal cutting machines, with determination of basic diagnostic components of control and control by automated technological processes is carried out.*

*Keywords:* CNC, control program, diagnostics, software, operator.

**Постановка проблеми.** У процесі експлуатації пристрій ЧПУ верстата працює в режимах, передбачених на стадії його розробки сукупності програмних і апаратних засобів. Ці режими різноманітні і залежать від конкретного об'єкта управління. Однак для більшості об'єктів управління і систему ЧПУ можна вивести кілька типових режимів (задач) (в експлуатаційній документації пристрою ЧПУ під завданням, як правило, розуміється режим роботи ЧПУ), які передбачають виконання робіт.

Одне з перших завдань, яке необхідно виконати системі ЧПУ – провести аналіз своєї справності і готовності до виконання наступних завдань оператора або системи верхнього рівня ієрархії, тобто виконати роботу по діагностиці ЧПУ зі стовідсотковим виявленням і з визначенням не менше 80% причин відмови. Часто обсяг робіт з діагностики поширюється не тільки на ЧПУ, а й на об'єкт управління.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Діагностичні засоби пристрою ЧПУ включають в себе три головні функції: контроль справності апаратних засобів, збереження системного ПЗ (в кінцевому рахунку, зводиться до перевірки пам'яті як апарату) і контроль за правильним протіканням процесу управління з метою запобігання аварій в системі і помилок системи. При цьому з'ясується стан апаратних засобів всієї системи з різним ступенем деталізації, тобто оцінюється стан функціонального модуля, вузла в модулі або елемента в вузлі. Час відновлення працездатності системи при відмові в багато чому залежить від ступеня деталізації зазначення місця несправності. Для виконання завдання і діагностики системи ЧПУ проєктанти ЧПУ передбачають вбудовані і (або) виносні програмно-апаратні засоби контролю і діагностики. При цьому вбудовані засоби діагностики орієнтовані в основному на діагностику обладнання до моменту виконання виробничого завдання, а контролю – на процес виконання виробничого завдання. Як правило, діагностика проводиться автоматично при включенні системи, і в разі виявлення несправностей видаються діагностичні повідомлення. В ході контролю за процесом управління спостерігаються відхилення від нормального ходу процесу, і при наявності відхилення зупиняється процес в видачу діагностичних повідомлень. Спеціальні діагностичні тести модулів ЧПУ і виносні програмно-апаратні засоби зазвичай застосовуються при знаходженні і усуненні несправностей, коли ЧПУ не виконує виробничих і підготовчих завдань.

**Викладення основного матеріалу.** Аналіз діагностичних можливостей, деяких вітчизняних і зарубіжних систем ЧПУ дозволив класифікувати за групами помилки, що видаються системами діагностики.

Перша група – синтаксичні помилки аналізу тексту керуючої програми, пов'язані з неправильним її введенням за формою.

Друга група – семантичні помилки керуючої програми, пов'язані з неправильним її введенням за змістом.

Третя група – помилки, пов'язані з неправильними діями оператора при видачі ЧПУ завдання за допомогою клавішних засобів панелі (пульта) оператора.

Четверта група – помилки, пов'язані з неможливістю виконання завдання в зв'язку з обмеженнями виконавчої системи або ЧПУ або внаслідок непередбачених дій оператора.

П'ята група – помилки, що стосуються використання макроозначень.

Шоста група – помилки звернення до каналу зв'язку по програмним і апаратним причинам.

Сьома група – помилки, пов'язані з невиконанням діагностичних перевірок або з порушенням нормального перебігу процесів.

Восьма група – помилки, що носять характер збоїв.

Дев'ята група – помилки, пов'язані з неможливістю ідентифікації (сприймання) інформації.

Слід зауважити, що характер помилок, що видається діагностичною системою ЧПУ, багато в чому схожий з характером помилок, які видаються операційними або обчислювальними системами обчислювальних машин.

Діагностичні повідомлення у багато чому полегшують розуміння процесів, що відбуваються в ПЗ, і сприяють зменшенню часу відновлення її працездатності про відмовах.

Існує також режим роботи ЧПУ, при якому виконується введення-виведення інформації по каналах зв'язку з зовнішніми пристроями і модулями системи ЧПУ, перш за все – введення системного програмного забезпечення (ПЗ), введення управляючої програми (УП) або навчання пристрою ЧПУ, а також – підготовка УП в режимі "меню". Системне ПЗ вводиться проектувальником ЧПУ в пам'ять типів РПЗУ або РПЗУ УФ. У цьому випадку від оператора не потрібно будь-яких зусиль з розробки та введення системного ПЗ. Це відбувається при поставках пристроїв ЧПУ розробником за спеціальним замовленням, коли ПЗ ЧПУ розробляється проектувальником ЧПУ або іншою організацією за замовленням споживача з урахуванням особливостей об'єкта управління. В іншому випадку споживачеві доводиться або розробляти своє системне ПЗ ЧПУ (найгірший випадок), або допрацьовувати штатне (базове) системне ПЗ ЧПУ з урахуванням особливостей об'єкта управління і потреб користувача, якщо розробником системного ПЗ передбачена його адаптація (кращий випадок). При цьому споживачеві так чи інакше доводиться працювати або безпосередньо з обчислювальною системою ЧПУ, і інструментальними програмами для розробки, доопрацювання та налагодження системного ПЗ, або з операційною системою ЧПУ, яка передбачає генерацію необхідної версії системного ПЗ, а також виконати роботи по виготовленню ПЗУ з підготовленим ПО. Підготовлене системне ПЗ можна зберігати на зовнішньому носії, наприклад дисковому накопичувачу, і вводити його в пам'ять типу ОЗУ щоразу на початку роботи з ЧПУ. Це менш зручно в порівнянні зі зберіганням системного ПЗ в ПЗУ, так як неавтоматизоване введення вимагає деякого часу, а також може бути схильний до помилок і збоїв, які потрібно виявляти за допомогою обчислювальної системи, не маючи в пам'яті системи ЧПУ розроблених спеціальних засобів діагностики.

Управляюча технологічна програма, яка власне і визначає завдання для системи ЧПУ на стадії виконання і виконується у взаємодії з системними ПЗ ЧПУ, може бути або розроблена заздалегідь за допомогою спеціальних систем підготовки УП і зберігатися на програмноносієві або у зовнішній пам'яті, або розроблятися оператором безпосередньо на робочому місці біля обладнання у вигляді тексту і заноситься в пам'ять УП з пульта оператора, або розробляється автоматично в режимі навчання або діалоговому режимі. Очевидно, обсяг інформації, що вводиться і трудомісткість введення залежить від прийнятого в ЧПУ способу програмування.

Майже у всіх мікропроцесорних ЧПУ можливе ручне введення текстової частини УП, проте застосовувати цей спосіб для цілої УП доцільно тільки при невеликому її обсязі. Верстатні УП великого обсягу розробляються за допомогою автоматичної системи технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) і вводяться по каналу з'єднання. У системах ЧПУ роботів трудомісткість введення УП знижується в результаті автоматизації введення величин переміщень в режимі безпосереднього навчання і подальшого ущільнення інформації при виключенні проміжних точок.

Мікропроцесорні пристрої ЧПУ, що забезпечують введення УП в режимі діалогу з оператором – це найбільш високий рівень підготовки УП. Характерними рисами діалогового введення УП є використання режиму "Меню", коли оператору пропонується на вибір кілька альтернативних рішень, і використання графічного дисплея, на якому відображається обраний контур, а потім звучить діалог, в ході якого оператор відповідає на питання, які стосуються величині переміщення або послідовності дій при відтворенні УП верстатів і роботів

використовується поєднання мовних засобів і засобів машинної графіки. При цьому широко використовується дисплей ЧПУ як інструмент, що пропонує графічно-текстове "Меню" на етапі компонування змістовної частини, і як інструмент для графічного представлення дії системи ЧПУ на стадії відтворення УП. Для реалізації машинної графіки широко застосовуються графічні дисплеї з відповідним прикладним ПЗ, що дозволяє наочно представити розробнику УП дії системи, оперативно виключити помилки або зменшити їх число в розроблюваній УП і скоротити цикл підготовки виробництва. Слід зазначити, що пристрої ЧПУ, мають широкі можливості по розробці УП можуть використовуватися як інструментальні системи підготовки УП для систем, які не мають цих можливостей.

При розробці УП і навіть при використанні УП з архіву часто потрібно їх редагування, пов'язане з виправленням помилок або зі зміною параметрів технологічного процесу і розмірів виробу, інструменту, або з використанням тільки окремих фрагментів налагоджених робочих УП. Редагування вимагає перегляду УП та пошуку її фрагментів з використанням дисплея пристрою ЧПУ, видалення, вставки або зміни символів тексту, слів, кадрів або великих ділянок тексту УП, компонування окремих фрагментів тексту в нову УП. Такий вид роботи пристрою ЧПУ і оператора може бути також кваліфікований як виконання завдання.

Попередньо розроблені і поміщені в архів програми можуть бути введені в пам'ять пристрою ЧПУ по різних каналах, найбільш типовими з яких є канали введення від ЕОМ верхнього рівня управління ПЗ і від телетайпа.

Розроблені і налагоджені безпосередньо на пристрої ЧПУ спільно з об'єктом управління управляючі програми можуть бути виведені з пам'яті пристрою ЧПУ по каналах зв'язку і поміщені в архів за допомогою запису на відповідний носій пам'яті.

Правильно розроблена і збережена в пам'яті пристрої ЧПУ УП, як правило, не може бути виконана системою без виконання роботи, пов'язаної з налагодженням. Налагодження передбачає, наприклад, введення робочих органів (РО) виконавчих пристроїв в деякий стан, введення в пам'ять ЧПУ інформації, пов'язаної з обмеженням виконуваного технологічного процесу або стану середовища на даний момент. Після виконання завдання "налагодження" система ЧПУ може автоматично виконати дії, визначені в УП.

Виконуючи завдання в автоматичному режимі, пристрій ЧПУ контролює роботу основного технологічного обладнання і відхилення процесу від норми, а також аналізує стану пульта оператора, допоміжного обладнання і управляє комплексом основного і допоміжного обладнання. У разі якщо УП успішно виконується до кінця пристрій ЧПУ перериває виконання програми і видає діагностичне повідомлення сповіщаючи про те, що трапилося оператору або верхній рівень управління, після чого вживаються заходи щодо усунення причини переривання процесу і його відновлення. Автоматичне виконання УП може передбачати роздільну перевірку роботи окремих частин системи без виконання основним і (або) допоміжним обладнанням будь-яких дій.

При виконанні будь-якого завдання виконується, як правило, кілька завдань, серед яких можна виділити загальні, часто виникають при управлінні більшістю об'єктів підзадачі: інтерпретацію УП, траскторні завдання, управління приводами, логічне керування, адаптивне управління та ін.

Управляюча програма несе в собі інформацію, необхідну для виконання завдань, але ця інформація є закодованою і для її розуміння необхідно виконати дешифрування і деякі попередні розрахунки, результати яких будуть використовуватися в подальшому для вирішення інших завдань.

При управлінні об'єктами, координати керованих осей яких повинні змінюватися за задалегідь визначеними у часі законам (контурне управління), заданим нескінченним безліччю точок, виникає проблема введення в пристрій ЧПУ інформації про закони зміни координат.

При аналітичному способі програмування в УП задаються опорні точки елементів контуру і його тип, а інтерполяція проміжних точок виконується засобами ПЗ пристрою ЧПУ. При напіваналітичному способі програмування засобами ПО пристрій ЧПУ виконується також і визначення опорних точок контуру.

За програмою, що задається в пристрій ЧПУ, виконавчі пристрої об'єктів управління забезпечують зміна положення в просторі робочих органів та інструменту, управління технологічними параметрами, такими як швидкість, температура, тиск і т.п. При цьому пристрій ЧПУ може виконувати тільки функцію завдання законів зміни управляючих впливів (ЗУ має зворотний зв'язок по керованій координаті, незамкненою через пристрій ЧПУ) або ж додатково функцію регулятора керованих координат виконавчих систем (зворотний зв'язок по керованим

координатам ЗУ замикається через пристрій ЧПУ). У першому випадку ЗУ, як правило, сама контролює відхилення процесів, які відбуваються в ньому від заданих пристрою ЧПУ і тільки сповіщає його про їх відхилення від норми, а в другому випадку система ЧПУ сама проводить контроль. В обох випадках пристрій ЧПУ сам приймає рішення про подальші дії при перевищенні допустимих відхилень. Це завдання найбільш характерне при управлінні дискретними і слідкуючими приводами ЗУ об'єктів управління, де необхідно видати керуючий вплив на кожен з приводів у вигляді кодів або аналогових сигналів, отримати, перетворити і обробити інформацію від датчиків зворотних зв'язків, а також сформувати нові управляючі впливи.

Виконавчі пристрої об'єктів управління, як правило, мають не тільки механізми, що вимагають контурного управління, а й механізми, що вимагають позиційного або циклового управління. При позиційному управлінні пристрій ЧПУ задає тільки характеристики кінцевих станів об'єкта, формуючи код необхідних кінцевих станів і не контролюючи проміжні. При цикловому управлінні пристрій ЧПУ визначає стан об'єкта управління і середовища, логічно аналізуючи сукупність сигналів, приймає деякі рішення про продовження виконання завдання і видає дискретні керуючі впливи типу "включити" або "вимкнути" у вигляді біт або байтів інформації на циклові або дискретні виконавчі пристрої. При логічному управлінні на ЧПУ також може бути покладено контроль у часі за відпрацюванням керуючого сигналу циклового виконавчого пристрою.

Адаптивне управління процесами пов'язано з адаптацією пристрою ЧПУ до збурень, які мають місце при технологічних процесах і з адаптацією при порушеннях в організації середовища, або при роботі з неорганізованим середовищем. У першому випадку до збурень відносяться збурення типу зміни параметрів матеріалів та інструментів, які беруть участь в технологічному процесі, і їм подібні, а в другому – такі як, наприклад, неправильна орієнтація заготовки в тарі або її відсутність. В обох випадках підвищення адаптаційних властивостей пристрою ЧПУ вимагає отримання достатньої достовірної інформації про процес або середовищі, її обробці і корекції УП. Автоматизація цих операцій пов'язана із застосуванням або спеціальних інформаційних систем, оснащених різного роду сенсорами, апаратними та програмними засобами, або інформаційних систем, вбудованих в пристрій ЧПУ. Інтеграція пристрою ЧПУ з інформаційними системами, а також розробка ПЗ адаптації, його об'єднання з виконавчими органами пристрою ЧПУ призводять у створення інтелектуальних систем ЧПУ.



Рис. 1. Зв'язок оператора з пристроєм ЧПУ

Для виконання будь-якої роботи пристрій ЧПУ має отримати відповідні вказівки про те, яке завдання з передбачених при проектуванні пристрою ЧПУ повинно бути виконано, а для виконання деяких завдань ще й детальну вказівку завдань, які при цьому повинні бути виконані. Ці вказівки пристрій ЧПУ може отримати або від оператора, або по каналах зв'язку з верхнім рівнем управління і периферійними пристроями ЧПУ. Для зв'язку ЧПУ з оператором передбачені апаратно-програмні засоби, що забезпечують вибір завдання, а також контроль за виконанням завдання і завдань. До таких засобів відносяться клавішний пульт оператора або пульт навчання, дисплей пристрою ЧПУ, сигнальна індикація, фотозчитувач пристрій, диски пам'яті та інші пристрої, розміщені на панелі (пульті) оператора. Спілкування оператора і пристроєм ЧПУ відбувається на декількох мовах, серед яких можна виділити мову завдань, мову задач, мову дисплея і мову індикації.

Мова завдань реалізується клавішними засобами панелі оператора, за допомогою яких оператор визначає завдання (режим роботи) пристрою ЧПУ, видає директиву ЧПУ для його налаштування на виконання певного виду робіт. Мова завдань досить різноманітна, так як відображає не тільки специфіку пристрою ЧПУ, а й специфіку об'єкта управління. Мова завдань ЧПУ знайшла своє відображення у виділенні функціональних полів (зон) панелі оператора, мнемонічних позначеннях функціональних клавіш полів і в правилах користування ними для виконання завдань.

Мова завдань призначена для опису задач, які виконуються при виконанні задач. Опис завдань виконуваних при управлінні об'єктом, задається за допомогою УП, яка складається на тій чи іншій мові користувача. Так, наприклад, для складання технологічних УП пристрою ЧПУ верстатами використовується міжнародний код ІСО, який визначає зміст управляючої програми. В режимах підготовки до управління об'єктом оператор може зв'язуватися із ЧПУ на мові, визначеному правилами тестування, клавішами панелі оператора і дисплея, мовою підготовки УП в режимі "Меню" з використанням графічних представлень і засобів або без їх використання.

Мови дисплея та індикації визначаються правилами експлуатації пристрою ЧПУ і використовуваних мов завдань і задач, а також мнемонікою функціональних клавіш дисплея і індикації та правилами користування ними. За допомогою мови дисплея та індикації задається обсяг і зміст візуально контрольованої інформації, ведеться діалог, виконується 2D і 3D графіка. Індикація може супроводжуватися підсвічуванням або звуком при неправильному введенні інформації, виявленні помилок при контролі.

**Висновки.** В статті наведені рекомендації використання та обслуговування пристроїв ЧПУ металорізальних верстатів. Описано режими роботи і функціональні можливості систем ЧПУ. Проаналізовані можливості управління та адаптивного контролю оператором за допомогою створення та коректування спеціального програмного забезпечення для різних типів пристроїв ЧПУ.

#### **Список використаних джерел:**

1. Бочков В.М., Сілін Р.І. Обладнання автоматизованого виробництва. Навчальний посібник/ За ред. Сіліна Р.І. Львів: Виробництво Державного університету "Львівська політехніка", 2000. – 380 с.
2. Ловыгин А.А., Васильев А.В., Кривцов С.Ю., Современный станок с ЧПУ и САД/САМ система. – М.: Эльф ИПР, 2006 – 286 с.
3. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 91 с.
4. Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. – К.: ВД «Професіонал», 2004. – 304 с.

Стаття надійшла до редакції 03.05.2019