

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«Донецький національний технічний університет»
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

з курсу: «Верстати з ЧПУ та програмування верстатів з ЧПУ»
(для спеціальності 131 Прикладна механіка)

Покровськ 2021

Методичні вказівки для самостійної роботи з курсу: «Верстати з ЧПУ та програмування верстатів з ЧПУ» (для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка») / Укладач: О.В.Мірошніченко – 27 с.

Методичні вказівки містять основні відомості по геометричним та технологічним основам і вступ в програмування обробки деталей на верстатах з ЧПУ, контрольні запитання та завдання для самостійної роботи студентів.

Укладач: Мірошніченко О.В., доц., к.т.н., доцент кафедри прикладної механіки

Рецензент: Семенченко Д.А. доц., к.т.н., доцент кафедри електромеханіки та машинобудування

Відповідальний за випуск: С.О. Вірич, зав. кафедри прикладної механіки

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ,
протокол № 6 від 23.02.2021 р.

Розглянуто на засіданні кафедри ПМ,
Протокол № 7 від 03.02.2021 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 Основи числового програмного управління	6
2 Основи металообробки	8
3 Вступ в програмування обробки	10
4 Верстатна система координат	12
5 Структура управляючої програми	14
6 Базові G коди	16
7 Базові M коди	17
8 Постійні цикли верстата з ЧПУ	19
9 Автоматична корекція радіусу інструмента	21
10 Основи ефективного програмування	23
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	25

ВСТУП

Перший верстат з можливістю введення керуючої програми з перфокарти з'явився ще в 1801 році – це був жакардовий ткацький верстат. Цей верстат був з механічним введенням управляючої програми, а ось перший верстат з електронним управлінням був сконструйований і продемонстрований широкій публіці в 1950 році. Автором ідеї такого верстата став Джон Персонс (John T. Parsons), що працював інженером в компанії свого батька Parsons Inc., що виробляла вертолітні пропелери. Але в розробці конструкції верстата з введенням управляючої програми перфострічкою, брали участь компанія Parsons Inc спільно з лабораторією сервомеханіки Массачусетського технологічного інституту за фінансової підтримки ВПС США. Правда розроблена конструкція була дуже складна, а розроблений на її основі серійний верстат з ЧПУ компанії Bendix Corp. в 1954 рік був в десятки разів дорожче, ніж його аналог з ручним керуванням адже для реалізації керуючої програми був потрібний «найпростіший ламповий комп'ютер» - який по розміром був більше ніж сам верстат. Тому, впровадження верстатів з ЧПУ йшло дуже повільно. ВПС США викупило 120 верстатів і здала їх в оренду за символічною вартістю. Але це дало поштовх розвитку верстатів з введенням управляючої програми в цифровому вигляді і до кінця 1950 початку 1960 аналогічні верстати стали випускатися в Японії, Німеччині та СРСР.

Основним стримуючим фактором у розвитку систем з ЧПУ був розвиток комп'ютерних систем і їх вартість, а так само продуктивність обчислювальних систем і розвиток CAD/CAM систем. Бурхливий розвиток мікроелектроніки наприкінці 90-х років минулого сторіччя заклав зростання виробництва систем з ЧПУ у світі в 2000-х роках.

Для сучасних верстатів з ЧПУ існує три методи програмування обробки і створення керуючої програми:

- ручне програмування;

- програмування на пульті керуючої системи з ЧПУ;
- програмування за допомогою CAD / CAM системи.

Методичні вказівки містять основні відомості по геометричним основам, технологічним основам і вступ в програмування обробки деталей на верстатах з ЧПУ, контрольні запитання та завдання для самостійної роботи студентів.

Методичні вказівки можуть бути корисними для студентів усіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» та програмістів верстатів з ЧПУ.

1 ОСНОВИ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАМНОГО УПРАВЛІННЯ

- a. Автоматичне управління
- b. Особливості конструкції верстатів з ЧПУ
- c. Підсистеми ЧПУ
- d. Мови для програмування обробки

Короткий зміст розділу.

- Верстати з ЧПУ стрімко впроваджуються в виробничу сферу. Теоретично будь-який верстат з ручним керуванням може бути модернізований і перетворений в верстат з ЧПУ.
- Система ЧПУ складається з підсистеми управління, підсистеми приводів і підсистеми зворотного зв'язку.
- Підсистема управління являє собою комп'ютер, який читає керуючу програму і видає електричні імпульси на двигуни для виконання переміщення виконавчих органів верстата.
- Отримуючи електричні імпульси підсистеми управління, електродвигун обертає ходовий гвинт, тим самим, забезпечуючи лінійне переміщення виконавчого органу.
- Датчики зворотного зв'язку реєструють фактичний стан виконавчого органу верстата і повідомляють цю інформацію підсистемі управління.
- Для програмування обробки на сучасних верстатах з ЧПУ використовується мова G і M кодів (ISO).

Запитання для самоперевірки.

1. Чим верстат з ЧПУ відрізняється від верстата з ручним управлінням?
2. Які переваги від використання верстатів з ЧПУ?
3. Опишіть конструкцію і принцип роботи крокового електродвигуна.

4. Чому в сучасних верстатах в основному використовуються серводвигуни, а не крокові електродвигуни?
5. Перерахуйте основні складові СЧПУ.
6. Як функціонує підсистема зворотного зв'язку?
7. Назвіть основні типи датчиків, які використовуються в підсистемі зворотного зв'язку.
8. Яка мова для програмування обробки на верстатах з ЧПУ сьогодні є найбільш популярним.

Література: [1, с. 11 – 46]; [2, с. 10 – 18]; [4, с. 6 – 22]; [5, с. 3 – 7]; [6, с. 19 – 53, 191 – 253, 265 – 358].

2 ОСНОВИ МЕТАЛООБРОБКИ

- a. Процес фрезерування
- b. Різальний інструмент
- c. Допоміжний інструмент
- d. Основні визначення та формули
- e. Рекомендації по фрезеруванню

Короткий зміст розділу.

- Процес фрезерування полягає в тому, що зрізується з заготовки зайвий шар матеріалу, для отримання деталі необхідної форми, розмірів і шорсткості оброблених поверхонь.
- При обробці розрізняють зустрічне і попутне фрезерування.
- Весь інструмент, який використовується в металообробці можна умовно поділити на ріжучий інструмент (фрези, свердла, мітчики і ін.), безпосередньо здійснює механічну обробку (різання) і допоміжний, призначений для закріплення різального інструменту в шпинделі верстата (патрони, державки, оправки).
- Тверді сплави допускають роботу зі швидкостями різання, що перевищують в 5-10 разів швидкості обробки швидкорізальними інструментальними сталями, мають більшу температурну стійкість і зносостійкість.
- Широке поширення отримали фрези з механічним кріпленням пластин з твердого сплаву і інших інструментальних матеріалів.
- Основне завдання допоміжного інструменту - надійна фіксація ріжучого інструменту в шпинделі і передача йому крутного моменту від верстата.

Запитання для самоперевірки.

1. У чому відмінність зустрічного фрезерування від попутного?
2. Для чого застосовується допоміжний інструмент?
3. Перелічіть основні типи конусів шпинделя верстата.
4. У чому перевага фрез з механічним кріпленням ріжучих пластин перед цільними фрезами?
5. Опишіть принцип дії цангового патрона.
6. Що таке швидкість різання і чим вона визначається?
7. Для чого застосовуються маятникове та спіральне фрезерування?
8. Чому інструмент рекомендується підводити до оброблюваної поверхні по дотичній?

Література: [1, с. 66 – 137]; [4, с. 77 – 85]; [5, с. 8 – 15]; [6, с. 459 – 484].

3 ВСТУП В ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ

- a. Прямокутна система координат
- b. Створення першою управляючої програми на комп'ютері
- c. Передача управляючої програми на верстат
- d. Перевірка управляючої програми на верстаті
- e. Техніка безпеки при роботі на верстаті з ЧПУ

Короткий зміст розділу.

- Прямокутна система координат дозволяє описати положення будь-якої точки в просторі і використовується для розрахунку УП на верстатах з ЧПУ.
- Деталі, оброблювані на верстаті з ЧПУ можна розглядати як набір простих геометричних елементів з відомими координатами опорних (вузлових) точок.
- Існує два способи для запису (набору) керуючих програм: за допомогою стійки ЧПУ верстата і на персональному комп'ютері.
- Основними методами перевірки УП на персональному комп'ютері є бекплот і твердотільна верифікація.
- Передача УП з комп'ютера на верстат, як правило, здійснюється відповідно до стандарту RS-232 за допомогою спеціального кабелю і комунікаційної програми.
- Більшість сучасних верстатів з ЧПУ мають тестові режими для перевірки правильності УП.
- При роботі на верстаті з ЧПУ необхідно дотримуватися техніки безпеки.

Запитання для самоперевірки.

1. Як у прямокутній системі координат визначається положення точки?

2. Яке програмне забезпечення використовується для набору коду УП на персональному комп'ютері?

3. Як перевіряють правильність УП на комп'ютері?

4. Для чого призначений режим DNC?

5. Яка послідовність повної перевірки УП?

6. Для чого призначений екранний режим СЧПУ "Distance to go"?

7. Яка поведінка верстата при роботі в режимі "Single block"?

8. Спробуйте перерахувати найбільш важливі пункти основних правил техніки безпеки при експлуатації верстатів з ЧПУ.

Література: [1, с. 167 – 172]; [2, с. 23 – 29]; [3, с. 6 – 18]; [5, с. 33 – 40]; [7, с. 254 – 263].

4 ВЕРСТАТНА СИСТЕМА КООРДИНАТ

4.1 Нульова точка верстата

4.2 Нульова точка програми та робоча система координат

4.3 Компенсація довжини інструмента

4.4 Абсолютні та відносні координати

4.5 Коментарі в УП та карти налагодження

Короткий зміст розділу.

- Позитивні напрямки координатних осей верстата з ЧПУ визначаються за правилом "правої руки".
- При написанні програми обробки програміст завжди виходить з правила, що саме інструмент переміщається відносно нерухомої заготовки.
- Положення виконавчих органів верстата характеризують їх базові точки. Наприклад, базовою точкою для шпинделя фрезерного верстата з ЧПУ є точка перетину торця шпинделя з віссю його обертання. Для робочого столу - точка перетину його діагоналей або один з кутів.
- Положення базової точки виконавчого органу щодо початку координат верстата з ЧПУ (нульової точки верстата) називається позицією в системі координат верстата або машинної позицією.
- Відразу після включення верстата необхідно перемістити його виконавчі органи в нульову точку для синхронізації з ЧПУ.
- Перед виконанням обробки оператор верстата "прив'язує" до закріпленої на столі заготовки систему координат, в якій створена програма.
- Відхилення від базової точки шпинделя на величину довжини інструменту називається компенсацією довжини інструменту.
- При відносному способі відліку за нульове положення кожен раз приймається положення виконавчого органу, яке він займав перед початком переміщення до наступної опорної точки.

Запитання для самоперевірки.

1. У чому полягає правило "правої руки" для визначення напрямку осей координатної системи верстата?
2. Яка точка є базовою для шпинделя?
3. Що необхідно зробити в першу чергу після включення верстата?
4. Що таке робочий зсув?
5. Які коди використовуються для визначення робочої системи координат?
6. Для чого виконується компенсація довжини інструменту?
7. У чому різниця між програмуванням в абсолютних і відносних координатах?
8. Для чого в УП використовуються коментарі?

Література: [1, с. 194 – 257]; [2, с. 23 – 65]; [3, с. 68 – 70]; [6, с. 544 – 585]; [7, с. 459 – 484].

5 СТРУКТУРА УПРАВЛЯЮЧОЇ ПРОГРАМИ

5.1 G та M коди

5.2 Структура програми

5.3 Слово даних, адреса та число

5.4 Модальні та немодальні коди

5.5 Формат програми

5.6 Строчка безпеки

5.7 Важливість форматування управляючої програми

Короткий зміст розділу.

- Коди (функції) з адресою G, що називаються підготовчими, визначають настройку СЧПУ на певний вид роботи.
- Коди (функції) з адресою M називаються допоміжними і призначені для управління режимами роботи верстата.
- Будь-яка програма обробки складається з певної кількості рядків, які називаються кадрами УП.
- На самому початку УП обов'язково повинен знаходитися код початку програми % і номер програми (наприклад, 00001).
- Немодальні коди діють тільки в тому кадрі, в якому знаходяться. А модальні коди активні до тих пір, поки їх не скасують іншим кодом з їх функціональної групи.
- Рядком безпеки називається кадр, що містить G коди, які переводять СЧПУ в певний стандартний режим, скасовують непотрібні функції та забезпечують безпечну роботу з керуючою програмою.

Запитання для самоперевірки.

1. Що таке кадр УП?
2. Для чого потрібні номери кадрів?

3. Для чого на початку програми знаходяться код початку програми і номер програми?
4. З чого складається слово даних?
5. Перерахуйте функціональні групи кодів.
6. У чому перевага модальних G кодів перед немодальними?
7. Для чого потрібні рядки безпеки?
8. Назвіть причини для форматування УП.

Література: [1, с. 175 – 190]; [2, с. 29 – 37]; [4, с. 10 – 22]; [6, с. 542 – 575].

6 БАЗОВІ G КОДИ

6.1 Пришвидшені переміщення G00

6.2 Лінійна інтерполяція G01

6.3 Кругова інтерполяція G02 та G03

Короткий зміст розділу.

- Код G00 використовується для виконання прискореного переміщення.
- Прискорене переміщення ніколи не застосовується для виконання обробки, так як швидкість руху інструменту занадто висока і непостійна.
- Код G01 призначений для виконання лінійної інтерполяції
- Коды G02 і G03 призначені для виконання кругової інтерполяції.
- Сучасні системи ЧПУ допускають опис повної дуги в одному кадрі.
- Якщо дуга менше 180 градусів, то R слово даних буде позитивним. Якщо дуга більше 180 градусів, то R буде негативним.

Запитання для самоперевірки.

1. Для чого застосовується прискорене переміщення?
2. Навіщо потрібен зазор між поверхнею і точкою, в яку переміщується інструмент за допомогою коду G00?
3. Чому при роботі з G00 слід проявляти підвищену обережність?
4. В чому різниця між G01 і G00?
5. В чому різниця між G02 і G03?
6. Для чого в кадрі кругової інтерполяції вказують I, J, K слова даних?
7. Як простіше описати дугу - за допомогою R або I, J, K слів даних?

Література: [1, с. 243 – 249]; [3, с. 18 – 24]; [6, с. 549 – 554]; [7, с. 263 – 270].

7 БАЗОВІ М КОДИ

7.1 Зупинка виконання керуючої програми – M00 та M01

7.2 Управління обертанням шпинделя – M03, M04, M05

7.3 Управління подачею мастильно-охолоджуючої рідини M07, M08, M09

7.4 Автоматична зміна інструменту – M06

7.5 Завершення програми – M30, M02

Короткий зміст розділу.

- Коди або функції, що позначаються літерою М, називаються допоміжними і призначені для управління режимами роботи верстата.
- Більшість сучасних верстатів з ЧПУ забезпечено пристроєм автоматичної зміни інструменту, що усуває необхідність ручного втручання оператора в процес заміни одного інструмента на інший.
- Відразу після зміни інструменту необхідно виконати компенсацію довжини нового інструменту.
 - Коди M03 і M04 призначені для включення обертання шпинделя.
 - Код M05 зупиняє обертання шпинделя.
 - Для завдання частоти обертання шпинделя використовується адреса S.
 - Верстати з ЧПУ оснащуються системою автоматичної подачі MOP.
 - В кінці будь-якої керуючої програми повинен знаходитися код завершення програми - M30 або M02.
 - Коди M00 і M01 тимчасово зупиняють виконання керуючої програми.

Запитання для самоперевірки.

1. Перерахуйте основні М коди.
2. Опишіть типову поведінку верстата при зміні інструменту.
3. У чому різниця між кодами M03 і M04?

4. З якою швидкістю буде обертатися шпиндель за умови, що в УП знаходиться кадр M03 S1200?

5. Для чого потрібно подавати охолоджуючу рідину в зону обробки при фрезеруванні?

6. У чому різниця між кодами M03 і M02?

7. У чому різниця між кодами M00 і M01?

8. Назвіть команду для автоматичної зміни інструменту.

Література: [1, с. 238 – 240]; [3, с. 93 – 95]; [6, с. 109 – 119, 547 – 549].

8 ПОСТІЙНІ ЦИКЛИ ВЕРСТАТА З ЧПУ

8.1 Стандартний цикл свердління та цикл свердління з затримкою.

8.2 Відносні координати в постійному циклі.

8.3 Цикли переривчастого свердління.

8.4 Цикли нарізання різьби

8.5 Цикли розточування

Короткий зміст розділу.

- Практично всі верстати з ЧПУ мають набір циклів для обробки отворів - цикли свердління, розточування і нарізування різьби. Ці цикли спрощують процес написання УП і економлять час, так як дозволяють за допомогою одного кадру виконати безліч переміщень.
- На верстатах з різними УЧПУ, функціонально однакові цикли можуть записуватися по-різному, що ускладнює створення програми обробки.
- Постійні цикли і їх параметри є модальними, тому при використанні циклів легко просвердлити безліч отворів, використовуючи мінімальну кількість кадрів.
- При роботі з постійним циклом можливе використання абсолютних або відносних координат.
- Площина відведення і початкова площина використовуються для управління переміщеннями по осі Z між отворами.
- Коли програміст задає глибину свердління в програмі обробки, він розраховує її щодо крайньої кромки свердла. Дуже часто на кресленнях глибина отвору вказується щодо прямої частини свердла. В цьому випадку, необхідно провести нескладний розрахунок для знаходження глибини крайньої кромки.

Запитання для самоперевірки.

1. Що називається постійним циклом?
2. Перерахуйте основні цикли свердління
3. Що таке площину відводу?
4. В чому різниця між площиною відведення та початковою площиною?
5. Для чого необхідно вказувати код G80 в УП?
6. Для чого використовують цикл переривчастого свердління?
7. Що визначається за допомогою Q і R слів даних?
8. У чому полягає різниця між G98 і G99 в постійних циклах?

Література: [1, с. 206 – 235]; [3, с. 62 – 68]; [6, с. 554 – 558].

9 АВТОМАТИЧНА КОРЕКЦІЯ РАДІУСУ ІНСТРУМЕНТА

9.1 Використання автоматичної корекції на радіус інструмента

9.2 Активація, підведення та відведення

Короткий зміст розділу.

- Автоматична корекція радіусу інструменту застосовується для автоматичного зміщення траєкторії інструменту щодо вихідного контуру.
- Код G41 активує корекцію зліва, код G42 активує корекцію справа.
- Адреса D визначає номер коректора, в якому знаходиться значення радіусу інструменту.
- Змінюючи значення радіусів в коректорах можна отримувати розміри деталі в межах допусків, зазначених на кресленні, без перерахунку програми.
- Для активації корекції зазвичай потрібно запрограмувати лінійне переміщення на відстань не менше, ніж радіус інструменту.
- Після того, як інструмент обійшов контур повністю, необхідно плавно відвести його від контуру і скасувати корекцію за допомогою коду G40 або G00.
- При роботі з автоматичною корекцією на радіус є деякі обмеження, які обов'язково потрібно враховувати.

Запитання для самоперевірки.

1. Для чого використовують функцію автоматичної корекції на радіус інструменту?
2. Як ви думаєте, функцію автоматичної корекції на радіус інструменту частіше застосовують для чорнової або чистової обробки?
3. Перерахуйте G коди для автоматичної корекції радіусу інструменту.
4. Звідки система ЧПУ дізнається про діаметр використовуваного інструменту?

5. Чи можна активувати корекцію в кадрі з переміщенням по дузі?
6. Коли потрібно скасувати автоматичну корекцію радіусу інструменту?
7. Які існують обмеження при роботі з функцією автоматичної корекції на радіус інструменту?
8. Що прийнято вказувати в УП раніше - компенсацію довжини інструменту або автоматичну корекцію радіусу інструменту?

Література: [2, с. 62 – 65]; [3, с. 47 – 52]; [6, с. 568 – 575].

10 ОСНОВИ ЕФЕКТИВНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

10.1 Підпрограми

10.2 Робота з віссю обертання (4ою координатою)

10.3 Параметричне програмування

Короткий зміст розділу.

- Якщо УП містить часто повторювану дію або працює за певним шаблоном, то використання підпрограм дозволяє спростити УП і зробити її набагато меншою в розмірі.

- Існує два види підпрограм - внутрішні і зовнішні.

- За допомогою слова даних L визначається скільки разів потрібно викликати ту чи іншу підпрограму. Якщо підпрограму потрібно викликати всього один раз, то слово даних L можна не вказувати.

- Дуже часто 3-х координатні верстати з ЧПУ додатково забезпечуються поворотним столом або ділильною головкою.

- Для управління поворотним столом досить в кадр з лінійною інтерполяцією, позиціонуванням або постійним циклом додати слово даних A.

- Більшість верстатних систем ЧПУ надають спеціальну мову для параметричного програмування (макропрограмування).

- У пам'яті СЧПУ існує область, в якій зберігаються значення змінних. Ви можете заглянути в цю область, якщо знайдете розділ пам'яті СЧПУ, який зазвичай називається MACRO або VARIABLES.

Запитання для самоперевірки.

1. Для чого потрібні підпрограми?
2. Чим відрізняються внутрішні підпрограми від зовнішніх підпрограм?
3. Для чого використовується код M98?
4. Для чого використовується код M99?

5. Чи можна з однієї підпрограми викликати іншу підпрограму?
6. Назвіть особливості програмування 4-ої осі (поворотного стола).
7. Який символ використовується для позначення змінної в Macro B?
8. Що таке макропрограми?

Література: [3, с. 93]; [6, с. 577 – 582].

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка [Электронный ресурс] / [А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, та ін.] // М: ФЛИНТА. – 2014 – 355 с. – Режим доступу до ресурсу: http://diplom-college.ru/a/kimb/files/23892/26230/operator_ChPU.pdf
2. Глебов И. Т. Учимся работать на фрезерном станке с ЧПУ [Электронный ресурс] / И. Т. Глебов // Екатеринбург: УГЛТУ. – 2015 – 115 с. – Режим доступу до ресурсу: <https://core.ac.uk/download/pdf/42049301.pdf>
3. Сосонкин В. Л. Методика программирования станков с ЧПУ на наиболее полном полигоне вспомогательных G-функций. [Электронный ресурс] / В. Л. Сосонкин, Г. М. Мартинов – Режим доступу до ресурсу: https://technomash.ru/library/metodika_programirovaniya_stanko_cnc.pdf
4. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК: Навчальний посібник. [Электронный ресурс] / В. М. Доля // НТУ: "ХПИ". – 2004 – 169 с. – Режим доступу до ресурсу: http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/5820/1/Dolya_Prohramuvannia_vvedennia_2004.pdf
5. Кряжев Д. Ю. Фрезерная обработка на станках с ЧПУ [Электронный ресурс] / Д. Ю. Кряжев // ИРЛЕН инжиниринг. – 2005. – 41 с. – Режим доступу до ресурсу: https://www.mirstan.ru/files/CNC_Literature/frez_CNC.pdf.
6. Киф Г. Б. Руководство по станкам с ЧПУ: учебник [Электронный ресурс] / Г. Б. Киф, Г. А. Рошиваль, К. Шварц. – Нур-Султан: Фолиант, 2019. – 778 с. – Режим доступу до ресурсу: https://www.gov.kz/uploads/2020/10/8/4d52df48d2048af40e703382adde6042_original.26159361.pdf
7. Сосонкин В. Л. Системы числового программного управления: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. Л. Сосонкин, Г. М. Мартинов. – М.: Логос,

2005. – 296 с. – Режим доступа до ресурсу: https://technomash.ru/library/8_sistemi_chpu.pdf

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
з курсу: «Верстати з ЧПУ та програмування верстатів з ЧПУ»
(для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»)

Укладач: Мірошніченко Олександр Володимирович