

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

До виконання будь-якої практичної роботи допускається студент, який:

- пройшов інструктаж з охорони праці та безпечної експлуатації верстата;
- знає розташування кнопки аварійної зупинки **Emergency Stop / E-STOP**;
- має закритий одяг без звисаючих частин, прибране волосся, захисні окуляри за потреби;
- працює лише за дозволом і під наглядом викладача або майстра виробничого навчання;
- не торкається рухомих частин, інструмента, заготовки та стружки під час руху верстата;
- не запускає програму до перевірки затиску заготовки, інструмента, нулів, коректорів, режиму роботи й траєкторії.

Перед реальним запуском УП необхідно перевірити правильність активного робочого зміщення, номерів та значень коректорів, нульової точки, інструмента, обмежень переміщень і траєкторії. Для перевірки рекомендовано послідовно застосовувати графічний режим, покадрове відпрацювання та Dry Run / «сухий прогін» без різання. У системах Haas графічний режим відображає траєкторію програми, а Dry Run виконує запрограмовані рухи без різання на заданій перевіірочній швидкості. [[haascnc](http://haascnc.com)][web.mae.ufl.edu][[i3detroit](http://i3detroit.com)]

Прийнято. У методичних матеріалах до дисципліни «Системи ЧПК» враховуємо лише системи керування **FANUC** і **Siemens SINUMERIK**; усі згадки про Haas вилучаємо.

Відповідно, у тексті слід використовувати не універсальні або Haas-специфічні назви клавіш, а терміни та режими, характерні для **FANUC** і **SINUMERIK**.

ОСНОВНІ ВІДПОВІДНИКИ

Навчальна дія	FANUC	Siemens SINUMERIK
Ручне переміщення осей	JOG, HANDLE, MPG	JOG, Handwheel / маховичок
Повернення в нуль верстата	ZERO RETURN / REFERENCE RETURN	REF POINT / Reference point approach
Ручне введення команд	MDI	MDA (Manual Data Automatic)
Редагування УП	EDIT	PROGRAM MANAGER / EDITOR
Автоматичне виконання УП	MEMORY / AUTO	AUTO
Покадрове виконання	SINGLE BLOCK	Single Block / покадрове виконання, залежно від конфігурації верстата
Графічна перевірка	GRAPHICS	Simulation / Program simulation
Перевірка без різання	DRY RUN, MACHINE LOCK, FEEDRATE OVERRIDE	DRY, PRT, RG0, Dry Run Feedrate, Reduced Rapid Traverse
Робочі зміщення	G54–G59, Work Offset	Zero Offsets, Work Offsets, G54–G59 / TRANS, залежно від режиму ISO
Коректори інструмента	Tool Offset, Geometry Offset, Wear Offset	Tool Offset, Tool List, Tool Edge Data
Перегляд аварій	ALARM / MESSAGE	Diagnostics / Messages / Alarms
Запуск циклу	CYCLE START	NC START
Тимчасова зупинка подачі	FEED HOLD	NC STOP / Feed Stop, залежно від панелі
Аварійна зупинка	EMERGENCY STOP	EMERGENCY STOP

У SINUMERIK режими JOG, MDI/MDA та AUTO вибираються з панелі керування верстатом або програмними клавішами; у JOG можливі безперервні, дискретні рухи осей або керування маховичком. Для тестування УП SINUMERIK Operate передбачає режими без руху осей, Dry Run Feedrate і знижені швидкості переміщення

RG0. [[cache.industry.siemens](http://cache.industry.siemens.com)][[cache.industry.siemens](http://cache.industry.siemens.com)][[static.dc.siemens](http://static.dc.siemens.com)]

Прийнято. Відтепер усі практичні роботи оформлюємо за **єдиною структурою**:

1. **Тема**
2. **Мета**
3. **Література**
4. **Теоретичні відомості**
5. **Завдання**
6. **Хід роботи з прикладом виконання**
7. **Контрольні питання** — 3 питання

Розділ «Звіт» окремо не виділяємо. Необхідні таблиці, схеми, результати спостережень і відповіді на контрольні питання студент включає безпосередньо до зошита або електронного звіту в процесі виконання роботи.

Нижче — остаточний уніфікований шаблон, за яким будуть оформлені всі 11 практичних робіт.

МЕТОДИЧНІ ІНСТРУКЦІЇ

ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

з дисципліни «СИСТЕМИ ЧПК»

Освітній рівень: фаховий молодший бакалавр

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

Системи ЧПК: FANUC, Siemens SINUMERIK

Практичні роботи виконуються на навчальних верстатах, тренажерах або програмних симуляторах систем FANUC і Siemens SINUMERIK. УП для робіт надає викладач. Самостійне створення повної керуючої програми належить до дисципліни «Програмування на верстатах з ЧПК».

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема. АНАЛІЗ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ ЧПК.

Мета. Отримання практичних навичок роботи по вивченню структурної схеми системи ЧПК, визначення основних функціональних елементів верстата та аналізу зв'язків між системою керування, приводами, датчиками й виконавчими механізмами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Siemens. SINUMERIK 840D SL HMI ADVANCED. OPERATING MANUAL. [Електронний ресурс.](#)
2. Siemens. CATALOG NC 62. SINUMERIK. [Електронний ресурс.](#)
3. FANUC. SERIES 16I/18I-MA OPERATOR'S MANUAL. [Електронний ресурс.](#)

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Система ЧПК забезпечує автоматичне керування рухами верстата відповідно до керуючої програми. Вона приймає команди з УП, розраховує траєкторію, керує приводами осей і шпинделя, контролює фактичне положення робочих органів та забезпечує роботу допоміжних механізмів.

Основні функціональні елементи та їх призначення

- **Пристрій ЧПК (УЧПК / CNC Controller):** «Мозок» системи. Він зчитує керуючу програму (G-код), обробляє її, розраховує траєкторію руху (інтерполяція) і видає команди на приводи. Також він контролює допоміжні функції (охолодження, заміна інструменту) через PLC (програмований логічний контролер).
- **Приводи подач (Серводвигуни або крокові двигуни):** Перетворюють електричні сигнали від ЧПК у механічний рух робочих органів верстата по осях.
- **Привод головного руху (Шпиндель):** Забезпечує обертання заготовки або інструменту з заданою швидкістю (різання).
- **Виконавчі механізми:** Механічні вузли верстата — ходові гвинти (КГП — кульково-гвинтові пари), направляючі, револьверні головки, робочі столи, супорти.
- **Датчики зворотного зв'язку (ЗЗ):** Енкодери (кругові датчики) або оптичні лінійки. Вони вимірюють реальну швидкість і координату зміщення виконавчого механізму та передають ці дані назад в УЧПК для коригування помилок.

Аналіз зв'язків у системі (Як це працює)

Взаємодія між елементами відбувається через інформаційні та енергетичні потоки:

Прямий зв'язок (Керування): ЧПК →right arrow→Підсилювач (Драйвер)→right arrow→Двигун→right arrow→Механізм. Контролер дає команду «переміститися на 10 мм». Драйвер подає струм на двигун, двигун крутить гвинт КГП, стіл починає рух.

Зворотний зв'язок (Корекція): Датчик→right arrow→ЧПК.

Під час руху датчик фіксує кожен мікрофон переміщення. Якщо стіл недоїхав через навантаження або люфт, ЧПК бачить розбіжність між *заданим* і *реальним* положенням і додає потужності на двигун, поки координати не збігатимуться.

Елемент	Призначення
Система ЧПК	Зчитує УП, виконує інтерполяцію, формує команди
Панель оператора	Забезпечує введення команд і контроль роботи
Привод подачі	Керує рухом осей X, Y, Z
Серводвигун	Перетворює електричний сигнал на механічний рух
Енкодер	Передає фактичне положення осі
Привод шпинделя	Забезпечує обертання шпинделя
PLC / PMC	Керує допоміжними функціями
Магазин інструментів	Забезпечує автоматичну зміну інструмента

ЗАВДАННЯ

1. Визначити, яка система ЧПК встановлена на навчальному верстаті.
2. Накреслити структурну схему системи ЧПК.
3. Позначити на схемі щонайменше вісім основних елементів.
4. Заповнити таблицю «Елемент — функція — ознака можливої несправності».
5. Дати письмові відповіді на контрольні питання.

ХІД РОБОТИ

1. Оглянути верстат, стійку (пульт керування) шафу керування та приводи.
2. Визначити модель Модуля керування (за шильдиками - металевими табличками).
3. Проаналізувати літературні джерела розділу «Технічні характеристики» верстата та визначити функціональні елементи системи: ЧПК, приводи, шпиндель, енкодери, механізм зміни інструмента. Їх назву, типи та функціональне призначення у системі керування верстатом
4. Отриманні данні занести в таблицю «Аналіз структурної схеми верстата»
5. Дати відповіді на запитання

Таблиця-Аналіз структурної схеми верстата

№ з/п	Функціональний елемент	Конкретна назва / Модель	Тип та напрямок зв'язку	Функціональна роль у системі керування верстатом
Блок I	Модуль керування (контролери):			
Блок II	Приводи (Двигуни та Драйвери):			
Блок III	Датчики:			
Блок IV	Виконавчі механізми:			

Приклад заповнення таблиці аналізу структурної схеми верстата плазмового різання ЧПК

№ з/п	Функціональний елемент	Конкретна назва / Модель	Тип та напрямок зв'язку	Функціональна роль у системі керування верстатом
1	Модуль керування	Автономний контролер Purilogics MyCNC-ET7 (керування через ПК з ПЗ MyCNC)	Вхід: G-код з ПК, сигнали датчиків Home/Limit, сигнал напруги дуги від THC. Вихід: Імпульси Step/Dir на драйвери	Головний контролер. Зчитує траєкторію різання, керує швидкістю переміщення порталу та синхронізує

			осей, релейні команди на увімкнення плазмотрона.	роботу джерела плазми з механікою.
2	Привод головного руху	Джерело плазмової дуги Hypertherm Powermax 65 Sync з плазмотроном	Вхід: Команда «Старт підпалу дуги» від контролера. Вихід: Високотемпературна плазмова дуга (різальний інструмент), сигнал зворотного зв'язку «Дуга горить».	Забезпечує безпосередній процес роздільного різання металу (замінює шпиндель фрезерного верстата).
3	Приводи подач	Гібридні крокові двигуни (сервокроки) Leadshine 86HSM85-E1 з драйверами H2-858	Вхід: Сигнали керування Step/Dir від контролера, силове живлення 80В. Вихід: Обертотворний момент на приводні шестерні (осі X, Y) та гвинт (ось Z).	Переміщують важкий портал (вісь Y), каретку (вісь X) та плазмотрон (вісь Z) вздовж зони розкрою листа.
4	Датчики зворотного зв'язку	1. Вбудовані інкрементальні енкодери Leadshine (1000 імпульс/об). 2. Індуктивні датчики Omron TL-W5MC1 .	Вхід: 1. Обертання вала двигуна. 2. Наближення металевого упору. Вихід: 1. Сигнал помилки позиціонування на драйвер. 2. Сигнал «Номе» (База) в контролер.	Енкодери виправляють пропуск кроків двигунів (замкнений контур). Індуктивні датчики визначають нульову точку верстата та аварійні межі.
5	Виконавчі механізми	Косозуба зубчаста рейка-шестерня (осі X, Y), кульково-гвинтова пара (КГП) (ось Z)	Вхід: Обертання від валів двигунів через редуктори. Вихід: Лінійне переміщення різача над листом металу.	Перетворює обертання двигунів у плавний та швидкий рух порталу. Рейка забезпечує високу швидкість холостих ходів.
6	Модуль електроавтоматики	Контролер висоти плазми THC (Torch Height Control) та блок реле	Вхід: Фактична напруга дуги з джерела плазми. Вихід: Сигнали «Вгору / Вниз» на контролер MyCNC для корекції осі Z.	Підтримує постійну відстань між плазмотроном і металом під час різання, навіть якщо лист деформований або вигнутий.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які основні елементи входять до складу системи ЧПК?
2. Для чого в системі ЧПК потрібний зворотний зв'язок?
3. Яку функцію виконує PLC у Siemens SINUMERIK або PMC у FANUC?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2**Тема. ВИВЧЕННЯ ПАНЕЛІ ОПЕРАТОРА ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ВЕРСТАТА.**

МЕТА. Отримання практичних навичок роботи з панеллю оператора систем чпк fanuc або siemens, вибору режимів роботи верстата та безпечного ручного переміщення його осей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Siemens. SINUMERIK 840D SL HMI ADVANCED. OPERATING MANUAL. [Електронний ресурс.](#)
2. Siemens. SINUMERIK 840D SL GRINDING. OPERATOR MANUAL. [Електронний ресурс.](#)
3. FANUC. SERIES 0I-MODEL F. OPERATION AND MAINTENANCE HANDBOOK. [Електронний ресурс.](#)

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Панель оператора призначена для вибору режиму роботи, введення даних, переміщення осей, запуску програми, перегляду координат, коректорів, нульових зміщень та аварійних повідомлень.

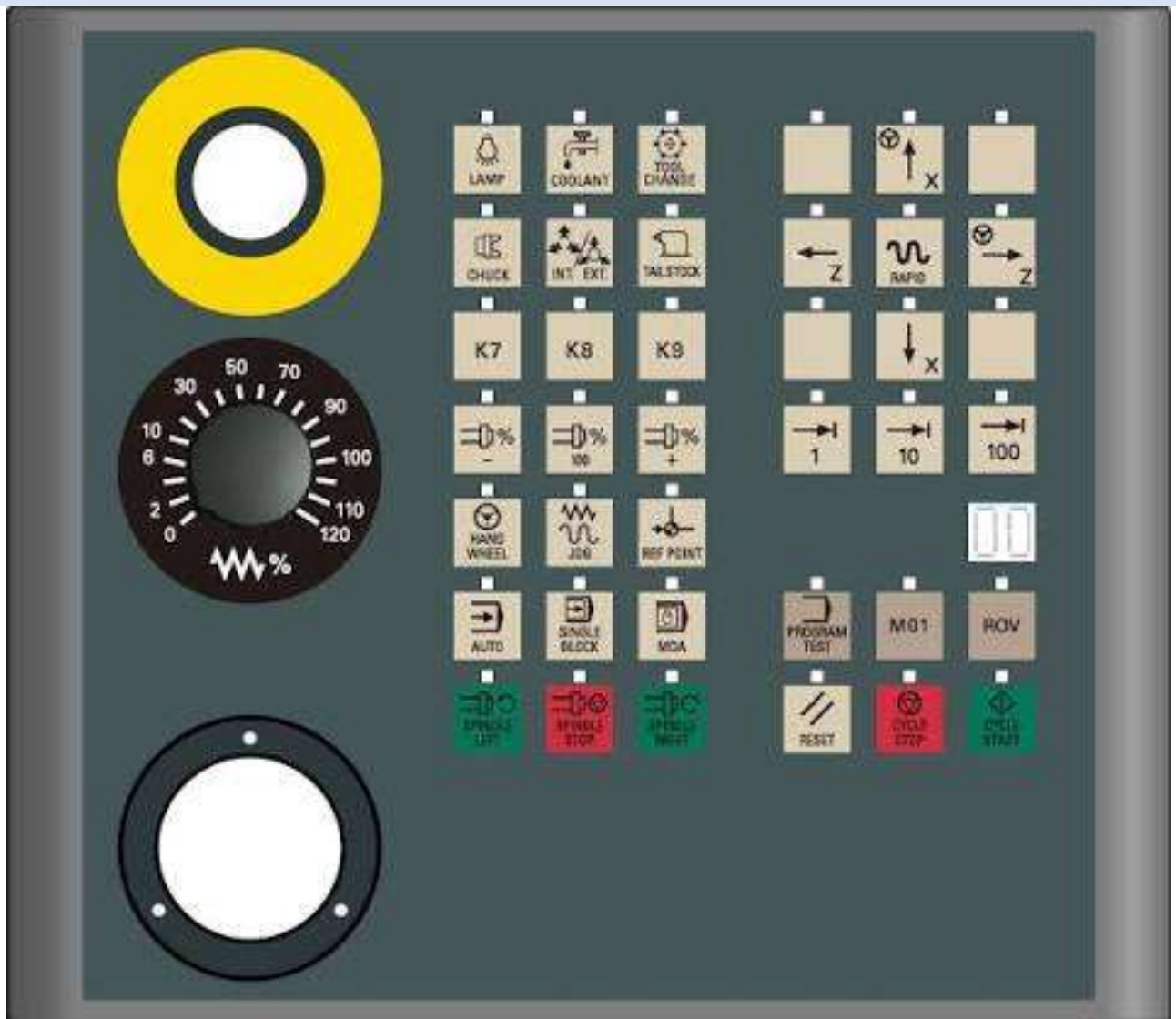
Дія	FANUC	Siemens SINUMERIK
Ручне переміщення	JOG	JOG
Маховичок	HANDLE / MPG	Handwheel
Реферування осей	ZERO RETURN	REF POINT
Ручне введення команд	MDI	MDA
Редагування УП	EDIT	Program Manager / Editor
Автоматичне виконання	MEMORY / AUTO	AUTO
Покадровий режим	SINGLE BLOCK	Single Block
Запуск циклу	CYCLE START	NC START
Зупинка подачі	FEED HOLD	NC STOP
Аварійна зупинка	EMERGENCY STOP	EMERGENCY STOP

У режимі JOG оператор вручну переміщує осі. Режим AUTO застосовують для автоматичного виконання УП. MDI/MDA використовують для введення окремих команд, наприклад пробного ввімкнення шпинделя або позиціювання інструмента.[\[ad.siemens.com\]](http://ad.siemens.com)[\[cache.industry.siemens\]](http://cache.industry.siemens)

ЗАВДАННЯ

1. Визначити на панелі оператора основні клавіші та перемикачі.
2. Заповнити таблицю режимів роботи.
3. Вибрати режим JOG.
4. За дозволом викладача виконати ручне переміщення однієї осі.
5. Пояснити різницю між JOG, MDI/MDA, EDIT і AUTO.
6. Дати письмові відповіді на контрольні питання.

1.SIEMENS SINUMERIK



2.Fanuc



ХІД РОБОТИ З ПРИКЛАДОМ ВИКОНАННЯ

1. Виконати малюнок пульта панелі оператора з основними клавішами та перемикачами.
2. Заповнити таблицю з умовним позначенням клавиш та функціональним призначенням їх.
3. Описати порядок дій оператора для ручного переміщення інструмента
4. Дати відповіді на контрольні запитання

Таблиця- Елементи керування пульта оператора

№	Графічне позначення	Назва кнопки / органа керування	Функціональне призначення

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Яке призначення має режим JOG?
 2. У чому різниця між MDI у FANUC та MDA у Siemens SINUMERIK?
 3. Чим відрізняється FEED HOLD/NC STOP від EMERGENCY STOP?
-

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3**ТЕМА. ВВЕДЕННЯ ТА РЕДАГУВАННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ**

.

МЕТА. Отримання практичних навичок роботи з відкриванням, введенням, переглядом, редагуванням і збереженням готової керуючої програми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Siemens. SINUMERIK OPERATE USER GUIDE. [Електронний ресурс](#).
2. FANUC. SERIES 16I/18I-MA OPERATOR'S MANUAL. [Електронний ресурс](#).
3. Siemens. SINUMERIK 840D/840DI/810D OPERATING MANUAL. [Електронний ресурс](#).

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Керуюча програма складається з кадрів, які містять технологічні команди. Перед редагуванням завжди потрібно створювати резервну копію програми, оскільки неправильне внесення даних може призвести до небезпечних переміщень.

%

O0100 (НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА)

G21 G17 G40 G49 G80 G90

G54

T01 M06

S1000 M03

G00 G43 H01 Z50.

M08

G00 X0 Y0

G01 Z-2. F100.

G01 X40. F250.

G00 Z50.

M09

M05

M30

%

Команда

O0100

G21

G90

G54

T01 M06

G43 H01

S1000 M03

F100

M30

Значення

Номер УП

Метрична система

Абсолютні координати

Робочий нуль деталі

Виклик і зміна інструмента

Коректор довжини

Оберти та напрям шпинделя

Подача

Завершення УП

ЗАВДАННЯ

1. Відкрити готові керуючі програми на двох токарних верстатах з ЧПК — Fanuc та Siemens.
2. Переписати (законспектувати) текст керуючої програми з кожного верстата.
3. Розшифрувати кожен кадр програми: визначити номер УП, систему координат деталі (G54), інструмент (T), коректор (H/D), обороти шпинделя (S) та подачу (F), а також основні підготовчі (G) і допоміжні (M) команди.
4. Порівняти структуру та синтаксис керуючих програм на обох верстатах.
5. Зробити висновки щодо відмінностей між системами Fanuc та Siemens у форматі запису керуючої програми.
6. Дати письмові відповіді на контрольні питання.

ХІД РОБОТИ З ПРИКЛАДОМ ВИКОНАННЯ

1. Відкриття керуючої програми

- Fanuc: перейти в режим PROG → EDIT, обрати потрібну УП зі списку.
- Siemens: Program Manager → обрати УП → Editor.

2. Зберегти текст програми

Законспектувати повний текст керуючої програми з екрана кожного верстата (у зошит) для подальшого аналізу.

3. Розшифрувати кадри програми

Для кожного рядка (кадру) програми визначити та записати в таблицю значення основних параметрів:

№ кадру	Текст кадру	Коментар	№ кадру	Текст кадру	Коментар
Siemens			Fanuc		

4. Порівняльний аналіз

Скласти порівняльну таблицю відмінностей між системами Fanuc і Siemens (наприклад, за форматом запису кадру, позначенням коректорів, синтаксисом команд, способом виклику інструменту тощо):

Параметр	Siemens	Fanuc
Формат запису кадру		
Виклик інструменту		
Позначення коректора		
...		

5. Формулювання висновків

На основі порівняльної таблиці сформулювати письмові висновки про принципові відмінності побудови керуючих програм у системах Fanuc і Siemens.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Чому перед редагуванням УП необхідно створювати резервну копію?
2. Яке призначення має коректор N у фрезерній УП?
3. До яких наслідків може призвести невідповідність між T01 і H02?