

ОПОРНИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ з дисципліни «Технологічні основи програмування на верстатах з ЧПК»

Спеціальність: G11 «Машинобудування»

Освітній рівень: фаховий молодший бакалавр

Змістовий модуль 1: «Системи координат і базові принципи програмування ЧПК»

Структура курсу формує послідовну логіку вивчення: **система координат → нульові точки та способи задання координат → структура програми → адреси й функції → траєкторії та цикли → програмування технологічних операцій → перевірка й симуляція.**

УЗАГАЛЬНЮВАЛЬНА СХЕМА КУРСУ

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. СИСТЕМИ КООРДИНАТ І БАЗОВІ ПРИНЦИПИ ПРОГРАМУВАННЯ ЧПК

Лекція	Ключове питання	Основний результат навчання
1	Для чого потрібні верстати з ЧПК і як у них організовані координати?	Розуміння призначення верстатів із ЧПК, основ технологічного програмування та відмінностей між системами координат верстата, деталі й інструмента
2	Як визначають нульові точки та задають координати?	Уміння розрізняти нульову точку верстата і деталі, вибирати робочий нуль та застосовувати абсолютний і відносний способи програмування

ЛОГІКА МОДУЛЯ

Верстат із ЧПК → координатні осі → система координат верстата → система координат деталі → нульові точки → G90/G91 → структура керуючої програми.

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2. ПРОГРАМУВАННЯ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ТА ФУНКЦІЇ КЕРУВАННЯ ВЕРСТАТОМ

Лекція	Ключове питання	Основний результат навчання
3	Як формується кадр керуючої програми?	Уміння розрізняти кадр, слово й адресу програми, читати формат кадру та застосовувати основні G-функції
4	Як програмою керують шпинделем, інструментом і допоміжними пристроями?	Розуміння призначення M-функцій, команд вибору інструмента, запуску шпинделя, охолодження та завершення програми
5	Як задають частоту обертання, швидкість різання та подачу?	Уміння розраховувати й задавати режими різання для токарної та фрезерної обробки, розрізняти подачу за оберт і подачу за хвилину

ЛОГІКА МОДУЛЯ

Формат кадру → адреси та слова → G-функції → M-функції → інструмент і шпиндель → швидкість різання → частота обертання → подача.

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 3. ПРОГРАМУВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ ТА ЦИКЛІВ ОБРОБКИ

Лекція	Ключове питання	Основний результат навчання
6	Як запрограмувати швидке та робоче переміщення інструмента?	Уміння застосовувати G00 і G01, будувати безпечні підведення та відведення інструмента
7	Як задати прямолінійну та криволінійну траєкторію?	Уміння використовувати лінійну й кругову інтерполяцію G01, G02, G03, визначати кінцеві точки, напрямки і центр дуги
8	Як врахувати геометричні параметри інструмента?	Розуміння корекції на радіус і довжину інструмента, уміння застосовувати G40–G43, G49, D- і H-коректори
9	Як скоротити програму для типових операцій?	Уміння застосовувати стандартні цикли свердління, розточування, чорнової та чистової обробки, а також правильно скасовувати цикл

ЛОГІКА МОДУЛЯ

Швидке переміщення → робоче переміщення → лінійна інтерполяція → кругова інтерполяція → корекція інструмента → стандартні цикли.

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 4. ВЕРИФІКАЦІЯ ТА СИМУЛЯЦІЯ КЕРУЮЧИХ ПРОГРАМ

Лекція	Ключове питання	Основний результат навчання
10	Як програмують основні технологічні операції?	Уміння узагальнено складати програми токарної та фрезерної обробки, свердління, розточування й нарізання різьби
11	Як виявити та виправити помилки в керуючій програмі?	Уміння перевіряти структуру, координати, режими, корекції, послідовність переходів і редагувати КП
12	Як перевірити траєкторію до запуску верстата?	Уміння виконувати backplot, симуляцію та верифікацію, виявляти зіткнення, неправильні відводи, помилки нуля та залишковий припуск

ЛОГІКА МОДУЛЯ

Технологічна операція → керуюча програма → перевірка синтаксису → перевірка координат і режимів → симуляція → редагування → підготовка до запуску.

ЗАГАЛЬНА ПОСЛІДОВНІСТЬ НАВЧАННЯ

Етап	Що вивчається	Навчальний результат
1	Координатні системи	Студент орієнтується у просторі верстата
2	Нульові точки	Студент уміє прив'язати програму до деталі
3	Абсолютні та відносні координати	Студент уміє записувати положення і прирости
4	Формат кадру	Студент читає структуру КП
5	G- і M-функції	Студент задає режими роботи верстата
6	Режими різання	Студент призначає технологічні параметри
7	Траєкторії	Студент програмує прямі та дуги
8	Корекції	Студент урахує геометрію інструмента
9	Стандартні цикли	Студент скорочує та структурує програму
10	Технологічні операції	Студент створює програми для реальних переходів
11	Редагування	Студент знаходить і виправляє помилки
12	Симуляція	Студент перевіряє програму до запуску верстата

ПІДСУМКОВА ХАРАКТЕРИСТИКА

Структура курсу формує послідовну логіку вивчення дисципліни: **просторова орієнтація на верстаті → визначення нуля деталі → запис координат → формування кадрів → керування верстатом → побудова траєкторій → використання корекцій і циклів → програмування технологічних операцій → перевірка та симуляція керуючої програми.**

Змістовний модуль 1. СИСТЕМИ КООРДИНАТ І БАЗОВІ ПРИНЦИПИ ПРОГРАМУВАННЯ ЧПК

Тема. ОСНОВНІ ПОЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬНЯТТЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ.

Понятійний апарат: верстат із ЧПК, числове програмне керування, технологічне програмування, керуюча програма, кадр, слово програми, адреса, команда, оброблювана поверхня, траєкторія інструмента, координатна система, координатна вісь, машинна система координат, система координат деталі, система координат інструмента, нульова точка, інструмент, заготовка, подача, швидкість різання, шпиндель, робочий орган.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кальченко В. В., Пасов Г. В., Венжега В. І. Верстати з ЧПК та ВК : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Чернігів : ЧНТУ, 2019. [Електронна версія](#). Видання підготовлене для студентів спеціальності 133; розглянуто призначення верстатів із ЧПК, їх класифікацію, системи координат і режими роботи.[\[kgemt.org\]](#)
2. Джемелінський В. В., Кагляк О. Д., Лесик Д. А. Основи професійної діяльності : методичні вказівки до виконання лабораторних та практичних робіт. Київ : НТУУ «КПІ», 2017. [PDF](#). У матеріалах розглянуто технологічний процес, операцію, переходи, робочі й допоміжні ходи, а також базові принципи програмування для верстатів із ЧПК.[\[ela.kpi\]](#)
3. Система координат верстата з ЧПК : навчальний матеріал. [Електронний ресурс](#). Описано стандартну систему координат, правило правої руки, осі токарних і фрезерних верстатів, нульову та вихідну точки.[\[dl.kfk.sumdu.edu\]](#)
4. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК. [PDF](#).

ПРИЗНАЧЕННЯ ВЕРСТАТІВ ІЗ ЧПК

Верстат із числовим програмним керуванням — це металообробний верстат, у якому переміщення робочих органів і виконання технологічних команд здійснюються автоматично за керуючою програмою.

Керуюча програма містить інформацію про:

- форму та розміри деталі;
- траєкторію руху інструмента;
- послідовність технологічних переходів;
- режими різання;
- вибір інструмента;
- керування шпинделем;
- подавання охолоджувальної рідини;
- зміну інструмента;
- завершення операції.

Основне призначення верстата з ЧПК — забезпечити автоматизоване виготовлення деталей із заданими розмірами, формою та якістю поверхні.

Верстати з ЧПК застосовують для:

- точіння;
- фрезерування;
- свердління;
- розточування;
- нарізання різьби;
- шліфування;
- обробки складних криволінійних поверхонь.

ПЕРЕВАГИ ВЕРСТАТІВ ІЗ ЧПК

Порівняно з традиційними універсальними верстатами верстати з ЧПК мають такі переваги:

- вища точність обробки;
- стабільна повторюваність розмірів;
- можливість обробки складних поверхонь;
- скорочення часу переналагодження;
- зменшення кількості ручних операцій;
- можливість автоматичної зміни інструмента;
- автоматичне виконання технологічних циклів;
- зменшення впливу людського фактора;
- зручне зберігання та повторне використання програм;
- можливість інтеграції з CAD/CAM-системами.

Універсальний верстат вимагає постійного ручного керування переміщеннями. На верстаті з ЧПК оператор переважно здійснює підготовку, перевірку та запуск програми, а переміщення виконуються автоматично.

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Технологічне програмування для верстатів із ЧПК — це процес розроблення керуючої програми, яка визначає порядок і параметри обробки деталі.

До основних етапів належать:

1. аналіз креслення деталі;
2. вибір заготовки;
3. визначення технологічних баз;
4. вибір верстата;
5. вибір інструмента;
6. визначення послідовності переходів;
7. вибір режимів різання;
8. установлення системи координат;
9. розрахунок координат опорних точок;
10. складання керуючої програми;
11. перевірка та симуляція програми.

КЕРУЮЧА ПРОГРАМА

Керуюча програма — це впорядкована послідовність команд, за якою система ЧПК керує верстатом.

Приклад початкового фрагмента програми:

text

O0100

G21 G90

G54

T01 M06

S1200 M03

У цьому прикладі:

- O0100 — номер програми;
- G21 — робота в міліметрах;
- G90 — абсолютне програмування;
- G54 — вибір робочої системи координат;
- T01 — вибір інструмента;
- M06 — зміна інструмента;
- S1200 — частота обертання шпинделя;
- M03 — запуск шпинделя.

Точне значення команд може відрізнятися залежно від системи ЧПК.

КАДР ПРОГРАМИ

Кадр — це один рядок керуючої програми, який містить одну або кілька команд.

Наприклад:

text

N020 G01 X50.0 Z-20.0 F0.15

Кадр складається зі слів програми:

- N020 — номер кадру;
- G01 — лінійна інтерполяція;
- X50.0, Z-20.0 — координати;
- F0.15 — подача.

Що може містити керуюча програма?

А. Координати переміщення

Б. Режими різання

В. Команди керування шпинделем

ТРАЄКТОРІЯ ІНСТРУМЕНТА

Траєкторія інструмента — це лінія, яку описує робоча точка інструмента під час переміщення.

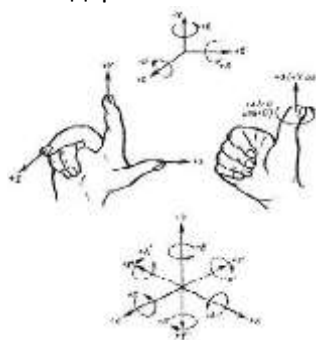
Вона може містити:

- швидкі переміщення;
- робочі прямолінійні ділянки;
- кругові дуги;
- вертикальні переміщення;
- підвід і відвід інструмента;
- переходи між окремими поверхнями.

Під час розроблення програми необхідно враховувати не лише траєкторію різальної кромки, а й довжину, радіус та положення інструмента.

СТАНДАРТНА СИСТЕМА КООРДИНАТ

Стандартна система координат верстата є правою прямокутною системою. Напрямки осей визначають за правилом правої руки:



правилом правої руки:

- великий палець — додатний напрямок осі X;
- вказівний палець — додатний напрямок осі Y;
- середній палець — додатний напрямок осі Z.

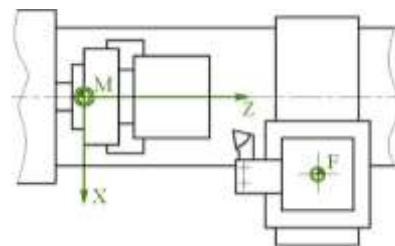
ОСІ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА

Для токарного верстата:

- вісь Z паралельна осі шпинделя;
- вісь X перпендикулярна до осі шпинделя;
- додатний напрямок Z зазвичай спрямований

від патрона до задньої бабки;

- вісь X задають від осі обертання до зовнішньої поверхні деталі.



На токарному верстаті основними координатами є X і Z.

У різних системах ЧПК напрямки можуть бути описані з погляду руху

інструмента або руху робочого органа. Тому під час практичної роботи потрібно орієнтуватися на паспорт конкретного верстата.

ОСІ ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА

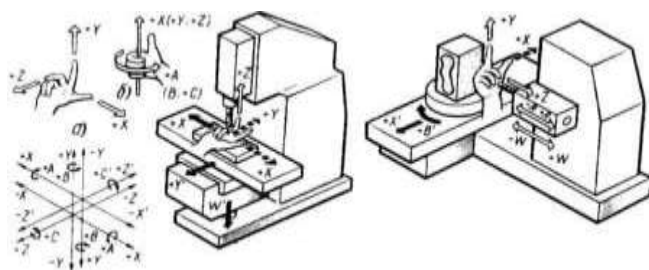
Для фрезерного верстата:

- вісь Z зазвичай паралельна осі шпинделя;
- осі X і Y лежать у площині стола;
- X відповідає поздовжньому переміщенню;
- Y відповідає поперечному переміщенню.

Основними координатами фрезерної обробки є X, Y, Z.

Для кругової інтерполяції вибирають площину:

- G17 — XY;
- G18 — XZ;
- G19 — YZ.



КООРДИНАТИ ДЕТАЛІ

Координати деталі визначають положення геометричних елементів щодо нульової точки деталі.

Система координат деталі використовується для опису геометрії заготовки та готової деталі.

Нуль деталі можна розташовувати:

- у центрі заготовки;
- у куті заготовки;
- на торцевій поверхні;
- на осі симетрії;
- у центрі отвору;
- на осі шпинделя.

Для токарної обробки нуль деталі часто встановлюють:

- по осі XXX — на осі обертання шпинделя;
- по осі ZZZ — на торцевій поверхні заготовки.

Для фрезерування нуль деталі може бути встановлений у верхньому куті заготовки або в її центрі.

КООРДИНАТИ ІНСТРУМЕНТА

Координати інструмента можуть задавати:

- вершину токарного різця;
- центр радіуса вершини різця;
- центр фрези;
- вісь свердла;
- кінцеву точку інструмента;
- програмовану точку державки.

Під час фрезерування необхідно відрізнати:

1. координати контуру деталі;
2. координати центра фрези;
3. координати з урахуванням корекції радіуса.

Система координат інструмента пов'язана з положенням його робочої точки.

Робочою точкою може бути:

- вершина токарного різця;
- центр фрези;
- кінцева точка свердла;
- центр інструментальної осі;
- точка контакту різальної кромки з поверхнею.

Під час програмування враховують:

- довжину інструмента;
- діаметр або радіус;
- радіус вершини різця;
- напрямок встановлення;
- корекцію інструмента;
- зношування різальної кромки.

Координати деталі задають геометрію оброблюваної поверхні, а координати інструмента визначають, як саме робоча точка інструмента повинна переміщуватися відносно цієї поверхні.

УЗГОДЖЕННЯ КООРДИНАТ ДЕТАЛІ ТА ІНСТРУМЕНТА

Під час програмування відбувається взаємне узгодження:

машинна система координат
↓
система координат деталі
↓
координати робочої точки інструмента
↓
фактичне переміщення робочих органів

Система ЧПК враховує:

- машинний нуль;
- зміщення нуля деталі;
- довжину інструмента;
- радіус інструмента;
- корекцію зношування;
- поточне положення робочого органа.

Наприклад, програміст може задати координату $Z = -20Z = -20$ відносно нуля деталі. Система ЧПК перетворює цю координату у відповідне машинне переміщення з урахуванням положення заготовки та довжини інструмента.

Висновок. Верстати з ЧПК забезпечують автоматизоване виготовлення деталей за керуючою програмою. Основою технологічного програмування є правильне визначення систем координат, нульової точки деталі, положення інструмента та траєкторії його руху. Координати деталі описують геометрію обробки, а координати інструмента визначають положення його робочої точки. Правильне узгодження цих систем є необхідною умовою точного виконання програми.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яке призначення мають верстати з ЧПК?
2. Що називають керуючою програмою?
3. Що таке кадр керуючої програми?
4. Яке розташування осей ХХХ, УУУ, ZZZ характерне для фрезерного верстата?
5. Як узгоджуються координати деталі та інструмента?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Одне правильне питання

Що визначає послідовність роботи верстата з ЧПК?

- А. Керуюча програма
- Б. Колір заготовки
- В. Маса захисного кожуха

Правильна відповідь: А.

2. Одне правильне питання

Як називають один рядок керуючої програми?

- А. Кадр
- Б. Підшипник
- В. Напрямна

3. Декілька правильних відповідей

Що може містити керуюча програма?

- А. Координати переміщення
- Б. Режими різання
- В. Команди керування шпинделем

4. Декілька правильних відповідей

Що необхідно визначити під час технологічного програмування?

- А. Нуль деталі
- Б. Траєкторію інструмента
- В. Послідовність технологічних переходів

Тема. ПРАВИЛА ПОЗИЦІОНУВАННЯ

Понятійний апарат: машинний нуль, нуль верстата, нуль деталі, робочий нуль, референтна точка, система координат верстата, система координат деталі, абсолютне програмування, відносне програмування, інкрементальне програмування, координатний відлік, зміщення нуля, керуюча програма, кадр, слово програми, номер програми, початок програми, кінець програми, G90, G91, G54.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кальченко В. В., Пасов Г. В., Венжега В. І. Верстати з ЧПК та ВК. [PDF](#). У матеріалах наведено способи задання розмірів в абсолютних значеннях і приращеннях, методику прив'язки системи відліку до деталі та структуру КП. [\[kgemt.org\]](#)
2. Джемелінський В. В., Кагляк О. Д., Лесик Д. А. Основи професійної діяльності. [PDF](#). Наведено визначення слова, адреси, кадру та базову структуру програми, а також функції G90 і G91. [\[ela.kpi\]](#)
3. Система координат верстата з ЧПК. [Електронний ресурс](#). Розглянуто нульову точку верстата, вихідну точку та плаваючий нуль. [\[dl.kfk.sumdu.edu\]](#)
4. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК. [PDF](#). [\[web.kpi.kharkov\]](#)

ВИХІДНА ТОЧКА

Вихідна точка визначає положення, з якого зручно:

- починати оброблення;
- виконувати зміну інструмента;
- встановлювати заготовку;
- здійснювати вимірювання;
- завершувати програму.

Вихідна точка не обов'язково збігається з нульовою точкою верстата. Вона визначається з урахуванням безпеки та мінімізації допоміжних ходів.

Наприклад, для токарного верстата вихідною точкою може бути положення різця праворуч від заготовки та на безпечній відстані від її торця.

НУЛЬОВА ТОЧКА ВЕРСТАТА

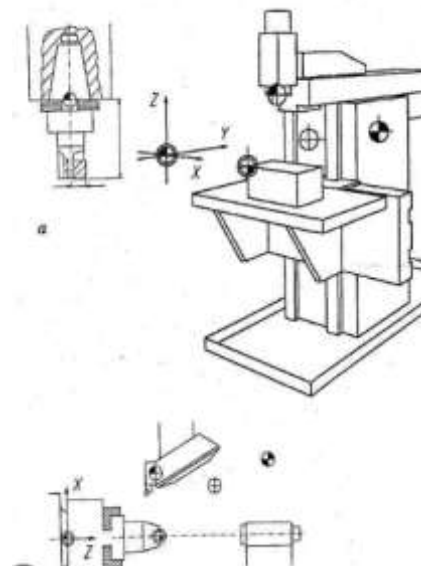
Нульова точка верстата, або машинний нуль, — це базова точка машинної системи координат, яка визначається конструкцією та системою керування верстата.

Відносно машинного нуля система ЧПК визначає:

- положення робочих органів;
- межі переміщень;
- координати референтної точки;
- положення кінцевих вимикачів;
- допустимі робочі зони.

Машинний нуль установлюється виробником і не змінюється під час звичайного програмування.

Після ввімкнення верстата оператор зазвичай виконує повернення осей у референтну точку. Після цього система відновлює правильний відлік машинних координат.



НУЛЬОВА ТОЧКА ДЕТАЛІ

Нульова точка деталі — це початок системи координат, відносно якого програмують геометрію обробки.

Нульова точка верстата є базою машинної системи координат. Вона визначається конструкцією верстата та, як правило, не змінюється під час виготовлення окремої партії деталей.

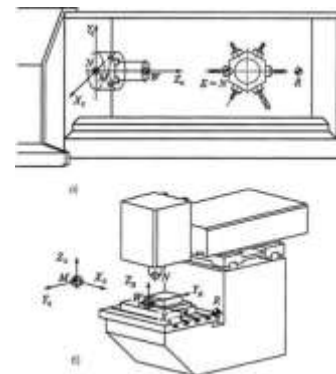
Її використовують для:

- визначення положення робочих органів;
- контролю меж переміщення;
- повернення у вихідне положення;
- прив'язки інструмента;
- визначення зміщення нуля деталі;
- роботи системи координат верстата.

У методичних матеріалах зазначено, що нульова точка верстата визначається відносно конструктивних елементів, а від неї задають абсолютні переміщення, якщо початок відліку не перенесено за допомогою плаваючого нуля. [dl.kfk.sumdu.edu]

Нуль деталі вибирають з урахуванням:

- форми деталі;
- технологічних баз;
- способу закріплення;
- зручності розрахунку координат;
- послідовності обробки;
- типу верстата.



Нуль деталі зазвичай задають:

ДЛЯ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ

- на осі обертання по координаті X;
- на торцевій поверхні заготовки по координаті Z;
- на перетині осі обертання з торцем.

У цьому випадку:

- $X=0$ — вісь обертання;
- $Z=0$ — вибраний торець.

Нуль верстата та нуль деталі, як правило, не збігаються. Зв'язок між ними задають зміщенням нуля.

M — нуль верстата ————— W — нуль деталі
вектор зміщення

ДЛЯ ФРЕЗЕРНОЇ ОБРОБКИ

- у верхньому лівому куті заготовки;
- у центрі верхньої поверхні;
- на перетині базових площин;
- у центрі отвору.

У сучасних системах ЧПК робочі системи координат можуть задавати командами:

G54
G55
G56
G57
G58
G59

Кожна з них викликає окреме попередньо встановлене зміщення нуля.

АБСОЛЮТНЕ ПРОГРАМУВАННЯ G90

У режимі G90 координати задають відносно нульової точки деталі.

Приклад:

G90
G01 X40 Y20
G01 X70 Y20
G01 X70 Y50

Точки траєкторії:

Точка	X	Y
A	40	20
B	70	20
C	70	50

Кожна координата відраховується від одного й того самого нуля деталі.

ВІДНОСНЕ ПРОГРАМУВАННЯ G91

У режимі G91 задають прирости від поточного положення:

G91
G01 X30
G01 Y30
G01 X-30

Якщо початкова точка — A(40;20), то:

- після X30 — B(70;20);
- після Y30 — C(70;50);
- після X-30 — D(40;50).

ПОРІВНЯННЯ G90 І G91

Ознака	Абсолютне програмування	Відносне програмування
Команда	G90	G91
Початок відліку	Нуль деталі	Попередня точка
Зміна попередньої точки	Не впливає на задані координати	Змінює подальше положення
Перевага	Зручне для креслень і контурів	Зручне для повторюваних кроків
Ризик	Помилка у виборі нуля	Накопичення помилки
Приклад	X70 Y50	X30 Y30

Необхідно уважно контролювати перехід між G90 і G91.

СТРУКТУРА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

Типова програма складається з:

1. символу початку;
2. номера програми;
3. початкових або підготовчих кадрів;
4. кадрів вибору системи координат;
5. кадрів виклику інструмента;
6. кадрів задання режимів;
7. кадрів підведення;
8. кадрів оброблення;
9. кадрів відведення;
10. кадрів завершення.

Приклад:

```
%  
O0001  
N10 G21 G17 G40 G49 G80 G90  
N20 G54  
N30 T01 M06  
N40 S1200 M03  
N50 G43 H01 Z50  
N60 M08  
N70 G00 X0 Y0  
N80 G01 Z-2 F100  
N90 G01 X50 Y0 F250  
N100 G01 X50 Y30  
N110 G01 X0 Y30  
N120 G01 X0 Y0  
N130 G00 Z50  
N140 M09  
N150 M05  
N160 M30  
%
```

КАДР І СЛОВО ПРОГРАМИ

Керуюча програма складається з кадрів, а кадр — зі слів.

Наприклад:

N80 G01 Z-2 F100

містить:

- N80 — номер кадру;
- G01 — лінійне переміщення;
- Z-2 — координата;
- F100 — подача.

Матеріали КПІ визначають керуючу програму як послідовність кадрів, а кадр — як рядок із номером і одним або кількома інформаційними словами. [\[ela.kpi\]](#)

ОСНОВНІ АДРЕСИ

Адреса	Призначення
O	номер програми
N	номер кадру
G	підготовча функція
X, Y, Z	координати
I, J, K	параметри центра дуги
F	подача
S	швидкість шпинделя або швидкість різання
T	інструмент
M	допоміжна функція
%	початок або кінець програми в окремих системах

ЗАВЕРШЕННЯ ПРОГРАМИ

Основні команди завершення:

- M02 — кінець програми;
- M30 — кінець програми та повернення до її початку;
- M99 — повернення з підпрограми.

Приклад завершення:

N150 M09

N160 M05

N170 M30

У деяких системах після M30 програма автоматично повертається до початку, що зручно для повторного запуску, але потребує уважності оператора.

КОМЕНТАРІ В ПРОГРАМІ

Коментарі підвищують зрозумілість програми:

(ЧОРНОВЕ ТОЧІННЯ)

N20 T0101

N30 G97 S1000 M03

Формат коментарів залежить від системи ЧПК. У більшості ISO-подібних систем використовують круглі дужки.

РЕКОМЕНДОВАНА СТРУКТУРА ПОЧАТКОВИХ КАДРІВ

На початку програми бажано явно задати:

G21

G17 або G18

G40

G49

G80

G90

G54

Це дає змогу скасувати небажані режими, установити одиниці вимірювання, вибрати площину, систему координат і спосіб програмування.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МАШИННОГО НУЛЯ ТА НУЛЯ ДЕТАЛІ

Машинний нуль пов'язаний із конструкцією верстата, а нуль деталі — з конкретною заготовкою.

Зміщення між цими точками вводиться в систему ЧПК як робоча система координат. У багатьох системах застосовують команди:

G54

G55

G56

G57

G58

G59

Наприклад, команда G54 активує перше робоче зміщення. Після цього координати програми сприймаються відносно нуля деталі, записаного у відповідній таблиці.

СТРУКТУРА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

Керуюча програма зазвичай має таку структуру:

номер програми;

початкові налаштування;

вибір системи координат;

вибір інструмента;

установлення режимів різання;

підведення інструмента;

виконання робочих переходів;

відведення інструмента;

завершення роботи;

команда кінця програми.

Приклад простої програми позиціювання:

O0100

N010 G21 G90

N020 G54

N030 G00 X20.0 Z5.0

N040 G00 X40.0 Z-10.0

N050 G00 X60.0 Z-20.0

N060 M30

У цій програмі:

O0100 — номер програми;

G21 — міліметрова система;

G90 — абсолютний режим;

G54 — робоча система координат;

G00 — швидке позиціювання;

M30 — завершення та повернення на початок програми.

ПОЧАТОК І ЗАВЕРШЕННЯ ПРОГРАМИ

Програма починається з номера, який дає змогу системі ЧПК ідентифікувати файл.

Початкові кадри можуть містити:

- одиниці вимірювання;
- режим абсолютного програмування;
- вибір площини;
- вибір робочої системи координат;
- скасування попередніх корекцій;
- вибір інструмента.

Завершення програми повинно забезпечувати:

- припинення обробки;
- зупинку шпинделя;
- відведення інструмента;
- вимкнення охолодження;
- повернення системи у визначений стан.

Поширеною командою завершення є M30, однак конкретне призначення команд залежить від системи ЧПК.

ТИПОВІ ПОМИЛКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З НУЛЬОВИМИ ТОЧКАМИ

Найпоширеніші помилки:

- не виконано базування осей;
- неправильно вибрано G54;
- нуль деталі встановлено не на тій поверхні;
- переплутано знак координати;
- неправильно визначено торцеву базу;
- використано не той інструмент;
- не враховано корекцію довжини;
- абсолютні координати прийнято за відносні;
- відносний режим залишено активним для наступних кадрів.

Для запобігання помилкам перед запуском потрібно перевірити режим G90/ G91, активну систему координат, координати нуля деталі та положення інструмента.

Висновок. Машинний нуль є базовою точкою системи координат верстата, а нуль деталі визначає початок програмування конкретної заготовки. Абсолютне програмування задає координати відносно фіксованого нуля, а відносне — відносно попередньої точки. Керуюча програма складається з послідовності кадрів, які мають початок, технологічну частину та завершення. У навчальних посібниках із програмування ЧПК нуль деталі, абсолютне й інкрементальне програмування розглядаються як базові елементи побудови програми.web.kpi.kharkov

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що називають машинним нулем?
2. Як вибирають нуль деталі для токарної та фрезерної обробки?
3. У чому полягає відмінність абсолютного та відносного програмування?
4. Які команди зазвичай використовують для режимів G90G90G90 і G91G91G91?
5. З яких основних частин складається керуюча програма?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Одне правильне питання

Яка команда зазвичай активує абсолютне програмування?

- A. G90
- Б. G91
- В. M30

2. Одне правильне питання

Яка точка є початком системи координат деталі?

- A. Нуль деталі
- Б. Кінцева точка інструмента
- В. Точка змашування

3. Декілька правильних відповідей

Що може містити початкова частина керуючої програми?

- A. Вибір одиниць вимірювання
- Б. Вибір робочої системи координат
- В. Вибір режиму програмування

4. Декілька правильних відповідей

Які помилки можуть виникнути під час неправильного встановлення нуля деталі?

- A. Зміщення всієї траєкторії інструмента
- Б. Обробка деталі в неправильному місці
- В. Неправильне розташування отворів або поверхонь

Змістовий модуль 2. ПРОГРАМУВАННЯ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ТА ФУНКЦІЇ КЕРУВАННЯ ВЕРСТАТОМ

Тема. ФОРМАТ КАДРУ. АДРЕСИ ТА СЛОВА ПРОГРАМИ. ПІДГОТОВЧІ ФУНКЦІЇ G

Понятійний апарат: керуюча програма (КП); кадр; слово програми; адреса; формат кадру; підготовча функція G; модальна функція; немодальна функція; абсолютне програмування; інкрементальне програмування

ЛІТЕРАТУРА

1. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК. Харків : НТУ «ХПІ», 2003. [Електронний посібник](#). У посібнику подано визначення програми, кадру, слова, адреси та формату кадру, а також таблиці G- і M-функцій.[\[web.kpi.kharkov\]](#)
2. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Вінниця : ВНТУ, 2004. [PDF](#). Посібник містить матеріал щодо адрес, підготовчих і допоміжних функцій, режимів різання та програмування токарної обробки.[\[pdf.lib.vntu.edu\]](#)
3. Рузметов А. Р. Програмування верстатів з ЧПК : силабус дисципліни. НТУ «ХПІ», 2024. [PDF](#). Документ містить структуру курсу для спеціальності 133, зокрема теми кодування програм, систем координат, функцій G, корекцій та циклів.[\[web.kpi.kharkov\]](#)

СТРУКТУРА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

Керуюча програма зазвичай має таку структуру:

%	У різних системах ЧПК позначення номера програми може бути різним.
O0001	• O0001 — номер програми;
N10 G21 G17 G40 G49 G80	• N10 — номер кадра; G21 — робота в міліметрах;
N20 G90 G54	• N20 — номер кадра; G90 — абсолютне програмування; G54 — робоча система координат;
N30 T01 M06	• N30 — номер кадра; T01 M06 — вибір і зміна інструмента;
N40 S1200 M03	• N40 — номер кадра S1200 M03 — частота обертання шпинделя та його запуск;
N50 G00 X0 Y0 Z5	• N50 — номер кадра G00, G01 — види переміщення;
N60 G01 Z-2 F100	• N60 – N80 — номери кадрів, переміщення інструмента по осі Z з подачею F ;
N70 G00 Z50	• N90 M30 — завершення програми.
N80 M05	
N90 M30	
%	

ФОРМАТ КАДРУ

У загальному вигляді кадр може містити:

N– G– X– Y– Z– I– J– K– F– S– T– M–

Типовий порядок слів:

1. номер кадру N;
2. підготовчі функції G;
3. координати X, Y, Z;
4. параметри кругової інтерполяції I, J, K;
5. подача F;
6. частота обертання шпинделя S;
7. інструмент T;
8. допоміжні функції M.

АДРЕСИ ТА СЛОВА

Основні адреси:

Адреса	Призначення
N	номер кадру
G	підготовча функція
X, Y, Z	координати переміщення
I, J, K	параметри центра дуги
F	подача
S	частота обертання шпинделя або швидкість різання
T	номер інструмента та коректора
M	допоміжна функція
P, Q, R	параметри циклів, підпрограм або дуг

Наприклад,

кадр	N50 — номер кадру;
N50 G01 X40.0 Z-25.0 F0.2	G01 — лінійна інтерполяція; X40.0 — координата по осі X; Z-25.0 — координата по осі Z; F0.2 — подача 0,2 мм/об або мм/хв залежно від активного режиму.

Підготовчі функції G

Найпоширеніші функції:

Код	Призначення
G00	швидке позиціювання
G01	лінійна інтерполяція
G02	кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою
G03	кругова інтерполяція проти годинникової стрілки
G04	пауза
G17	вибір площини XY
G18	вибір площини XZ
G19	вибір площини YZ
G40	скасування корекції радіуса
G41	корекція радіуса зліва
G42	корекція радіуса справа
G43	додатна корекція довжини інструмента
G49	скасування корекції довжини
G54–G59	робочі системи координат
G80	скасування циклу
G81–G89	стандартні цикли
G90	абсолютне програмування
G91	інкрементальне програмування
G94	подача за хвилину
G95	подача за оберт
G96	постійна швидкість різання
G97	постійна частота обертання шпинделя

У посібнику Доли наведено, зокрема, призначення G00, G01, G02, G03, G40–G43, G54–G59, G80, G90, G91, G94–G97. [web.kpi.kharkov]

МОДАЛЬНІСТЬ G-ФУНКЦІЙ

Наприклад:

N10 G01 X20 F0.2

N20 Z-30

N30 X40

Якщо система підтримує модальність G01, то в кадрах N20 і N30 продовжується робоче переміщення з лінійною інтерполяцією.

Для безпечного програмування важливо:

- не покладатися на невідомий попередній стан системи;
- на початку програми явно задавати основні режими;
- скасовувати непотрібні корекції та цикли;
- не змішувати взаємовиключні G-функції в одному кадрі.

Приклад початкового кадру:

N10 G21 G17 G40 G49 G80 G90

Він задає міліметри, площину XY, скасовує корекцію радіуса, корекцію довжини та цикли, а також установлює абсолютне програмування.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що називають кадром керуючої програми?
2. З яких елементів складається слово програми?
3. Яке призначення адрес G, F, S, T і M?
4. Чим модальна функція відрізняється від немодальної?
5. У чому відмінність абсолютного та інкрементального програмування?

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

ТЕСТ 1 — ОДНА ПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Яка адреса використовується для задання підготовчої функції?

- A. G;
- Б. M;
- В. S.

ТЕСТ 2 — ОДНА НЕПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Укажіть неправильне твердження:

- A. кадр складається зі слів;
- Б. слово містить адресу та дані;
- В. адреса F призначена для номера інструмента.

ТЕСТ 3 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

До підготовчих функцій належать:

- A. G00;
- Б. G01;
- В. G90;
- Г. M03.

ТЕСТ 4 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Кадр програми може містити:

- A. номер кадру;
- Б. координати;
- В. подачу;
- Г. особистий підпис оператора як обов'язковий елемент.

Тема. ДОПОМІЖНІ ФУНКЦІЇ М. ЧАСТОТА ОБЕРТАННЯ ШПИНДЕЛЯ. ШВИДКІСТЬ РІЗАННЯ ТА ПОДАЧА

Понятійний апарат: допоміжна функція М; головний рух; подача; частота обертання шпинделя; швидкість різання v ; постійна швидкість різання; робоча подача; швидке переміщення; охолоджувальна рідина (ЗОР)

ЛІТЕРАТУРА

1. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. [PDF](#). Посібник містить окремі розділи про М-функції, частоту обертання шпинделя, подачу та режими токарної обробки. [pdf.lib.vntu.edu]
2. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК. [PDF](#). У джерелі наведено таблиці допоміжних функцій M00–M30, а також пояснення адрес S, F, T. [web.kpi.kharkov]
3. Програмування верстатів з ЧПК. НТУ «ХПІ». [PDF](#). [web.kpi.kharkov]

ОСНОВНІ М-ФУНКЦІЇ

Поширені допоміжні функції:

Код	Призначення
M00	програмована зупинка
M01	зупинка з підтвердженням
M02	кінець програми
M03	обертання шпинделя за годинниковою стрілкою
M04	обертання шпинделя проти годинникової стрілки
M05	зупинка шпинделя
M06	зміна інструмента
M07	увімкнення додаткового охолодження
M08	увімкнення охолодження
M09	вимкнення охолодження
M19	орієнтована зупинка шпинделя
M30	завершення та скидання програми

У конкретній системі ЧПК можуть використовуватися додаткові або відмінні М-коди. Наприклад, деякі системи окремо задають затискання патрона, розтискання, продування або керування транспортером стружки.

ПРАВИЛА ВИКОРИСТАННЯ М-ФУНКЦІЙ

Приклад початку токарної програми:

N10 G21 G40 G80 G90
N20 T0101
N30 G97 S1200 M03
N40 M08

- T0101 — виклик інструмента №1 і коректора №1;
- G97 — режим постійної частоти обертання;
- S1200 — 1200 об/хв;
- M03 — запуск шпинделя;
- M08 — увімкнення охолодження.

Завершення:

N100 G00 X100 Z100
N110 M09
N120 M05
N130 M30

ЧАСТОТА ОБЕРТАННЯ ШПИНДЕЛЯ

Для точіння частоту обертання визначають за формулою:

$$n=1000v/\pi D,$$

де:

n — частота обертання шпинделя, об/хв;

v — швидкість різання, м/хв;

D — діаметр оброблення, мм.

Наприклад,

для точіння діаметра D=50 мм зі швидкістю різання v=120 м/хв:

$$n=1000*120/3,14*50(\text{об/хв})$$

У програмі можна задати:

G97 S760

Фактичне значення

округлюють до доступного або рекомендованого діапазону верстата.

ПОСТІЙНА ШВИДКІСТЬ РІЗАННЯ

У режимі G96 значення S задають у м/хв:

G96 S180 M03

Система ЧПК підтримує швидкість різання, змінюючи частоту обертання шпинделя залежно від діаметра.

Для обмеження максимальної частоти часто використовують:

G50 S2500

або відповідну команду конкретної системи.

Перед швидким відведенням або завершенням роботи доцільно повернутися до режиму обертів за хвилину:

G97 S1000

ПОДАЧА

Подачу можуть задавати:

- у мм/об — G95;
- у мм/хв — G94.

Приклад токарного режиму:

G95 F0.20

Приклад фрезерного режиму:

G94 F250

де F=250 мм/хв.

Зв'язок між подачею за оберт і хвилинною подачею:

$$F_{\text{хв}}=f_{\text{об}}*n,$$

де:

- f — подача за оберт, мм/об;
- n — частота обертання, об/хв;
- F — хвилинна подача, мм/хв.

Приклад:

$$F=0,2*800=160\text{мм/хв}$$

ВИБІР РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

Під час вибору режимів враховують:

- матеріал заготовки;
- матеріал і геометрію інструмента;
- вид оброблення;
- діаметр;
- глибину різання;
- жорсткість системи;
- потужність верстата;
- вимоги до точності та шорсткості;
- наявність охолодження.

Для чорнкової обробки зазвичай застосовують більшу глибину різання та подачу, а для чистової — меншу подачу й меншу глибину різання.

БЕЗПЕКА

Неправильно задані S і F можуть спричинити:

- поломку інструмента;
- перегрівання;
- вібрації;
- пошкодження заготовки;
- перевищення потужності верстата;
- небезпечне утворення стружки.

Перший запуск програми виконують у режимі покадрової перевірки або зниженої подачі

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яке призначення M-функцій?
2. Чим відрізняються M03, M04 і M05?
3. Як розраховують частоту обертання шпинделя?
4. Чим відрізняються режими G94 і G95?
5. Коли доцільно використовувати G96, а коли G97?

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

ТЕСТ 1 — ОДНА ПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Яка команда вмикає обертання шпинделя за годинниковою стрілкою?

- A. M03;
- Б. M05;
- В. M09.

ТЕСТ 2 — ОДНА НЕПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Укажіть неправильне твердження:

- A. M08 вмикає охолодження в типових системах;
- Б. M05 зупиняє шпиндель;
- В. M03 скасовує корекцію радіуса інструмента.

ТЕСТ 3 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

До параметрів режиму різання належать:

- A. швидкість різання;
- Б. частота обертання шпинделя;
- В. подача;
- Г. номер аудиторії.

ТЕСТ 4 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Під час вибору режимів різання враховують:

- A. матеріал заготовки;
- Б. матеріал інструмента;
- В. вид оброблення;
- Г. колір корпусу верстата.

Змістовий модуль 3. ПРОГРАМУВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ ТА ЦИКЛІВ ОБРОБКИ

Тема. ПРОГРАМУВАННЯ ШВИДКИХ І РОБОЧИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ. ЛІНІЙНА ТА КРУГОВА ІНТЕРПОЛЯЦІЯ

Понятійний апарат: траєкторія інструмента; швидке переміщення; робоче переміщення; інтерполяція; лінійна інтерполяція; кругова інтерполяція; опорна точка; вхід у контур; вихід із контуру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК. [PDF](#). Посібник містить команди G00–G03, опис переміщень, кругової інтерполяції та формат задання параметрів дуги. [web.kpi.kharkov]
2. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. [PDF](#). [pdf.lib.vntu.edu]
3. Програмування верстатів з ЧПК. [PDF](#). [web.kpi.kharkov]

ШВИДКЕ ПОЗИЦІЮВАННЯ G00

Команда G00 переміщує інструмент у запрограмовану точку зі швидкістю швидкого ходу:

G00 X50 Y20 Z5

Команда не призначена для різання. Її використовують для:

- підведення інструмента;
- відведення інструмента;
- переходу між ділянками;
- зміни позиції;
- виходу в безпечну точку.

Під час одночасного переміщення кількох осей конкретна траєкторія залежить від системи ЧПК. Тому між заготовкою та інструментом потрібно залишати безпечний зазор.

Небажано програмувати G00 безпосередньо через матеріал заготовки:

G00 Z-20

Якщо інструмент перебуває над заготовкою, така команда може спричинити зіткнення.

ЛІНІЙНА ІНТЕРПОЛЯЦІЯ G01

Команда G01 забезпечує рух по прямій із заданою робочою подачею:

G01 X40 Y20 F150

Якщо запрограмовані дві координати, система рухається по прямій у площині:

G01 X60 Z-30 F0.2

Для токарної обробки часто використовують площину XZ, а для фрезерування — XY, XZ або YZ.

КРУГОВА ІНТЕРПОЛЯЦІЯ G02 І G03

- G02 — рух за годинниковою стрілкою;
- G03 — рух проти годинникової стрілки.

Приклад із параметрами центра дуги:

G02 X40 Y20 I10 J0 F100

Тут:

- X40 Y20 — кінцева точка дуги;
- I10 J0 — координати центра дуги відносно початкової точки;
- F100 — подача.

У деяких системах центр задають радіусом:

G03 X40 Y20 R10 F100

Вибір формату залежить від конкретної системи ЧПК.

ВИБІР ПЛОЩИНИ

Для кругової інтерполяції потрібно правильно встановити площину:

G17

— XY;

G18

— XZ;

G19

— YZ.

Для токарного верстата типово застосовують G18, якщо координатні осі — X і Z.

ВХІД І ВИХІД ІНСТРУМЕНТА

Для безпечного програмування контурів використовують:

- | | |
|---|------------------|
| 1. швидке переміщення до безпечної точки; | G00 X-5 Y-5 Z5 |
| 2. підведення до точки входу; | G01 Z-2 F80 |
| 3. робоче врізання; | G01 X55 Y-5 F150 |
| 4. оброблення контуру; | G01 X55 Y35 |
| 5. вихід із контуру; | G01 X-5 Y35 |
| 6. відведення в безпечну точку. | G01 X-5 Y-5 |
| | G00 Z50 |

АБСОЛЮТНІ ТА ВІДНОСНІ КООРДИНАТИ

Абсолютний режим:

G90

G01 X50 Y20

Координати відраховуються від нуля деталі.

Інкрементальний режим:

G91

G01 X10 Y-5

Задається приріст від попередньої точки.

Після роботи в G91 потрібно повернутися до G90, якщо наступна частина програми розроблена в абсолютних координатах.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Для чого використовують G00?
2. Чим G01 відрізняється від G00?
3. У чому різниця між G02 і G03?
4. Для чого задають площину G17, G18 або G19?
5. Які правила безпеки необхідно дотримуватися під час швидкого переміщення?

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

ТЕСТ 1 — ОДНА ПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Яка команда задає лінійну інтерполяцію?

- A. G01;
- Б. G02;
- В. G80.

ТЕСТ 2 — ОДНА НЕПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Укажіть неправильне твердження:

- A. G00 призначена для швидкого переміщення;
- Б. G02 і G03 використовують для кругової інтерполяції;
- В. G00 завжди забезпечує безпечну траєкторію незалежно від положення заготовки.

ТЕСТ 3 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

До команд траєкторного переміщення належать:

- A. G00;
- Б. G01;
- В. G02;
- Г. M08.

ТЕСТ 4 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Під час програмування дуги потрібно визначити:

- A. початкову точку;
- Б. кінцеву точку;
- В. напрямок руху;
- Г. колір інструмента.

ема. КОРЕКЦІЯ НА РАДІУС І ДОВЖИНУ ІНСТРУМЕНТА

Понятійний апарат: корекція інструмента; корекція на радіус інструмента; корекція на довжину інструмента; коректор інструмента; ліва корекція; права корекція; скасування корекції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК. [PDF](#). Джерело містить опис G40, G41, G42, G43, G44 і принципів задання корекції. [[web.kpi.kharkov](#)]
2. Основи обробки на верстатах з числовим програмним керуванням. [PDF](#). У матеріалі наведено призначення G40, G41, G42, G43. [[svarog](#)]
3. Посібник з програмування та експлуатації токарного верстата. [PDF](#). Матеріал містить приклади корекції вершини токарного інструмента та корекції довжини. [[abplanalp](#)]

ЧОМУ ПОТРІБНА КОРЕКЦІЯ

Під час фрезерування програміст задає геометричний контур деталі. Але фактично рухається не контурна лінія, а центр фрези. Якщо не врахувати радіус фрези, розмір готового паза або контуру буде неправильним.

Наприклад, для оброблення зовнішнього прямокутника фрезою діаметром 10 мм центр інструмента має рухатися на відстані 5 мм від контуру деталі.

Корекція дає змогу:

- використовувати один код для різних діаметрів фрез;
- враховувати фактичний знос інструмента;
- коригувати розмір без перерахунку всієї траєкторії;
- обробляти контур за номінальними координатами.

КОРЕКЦІЯ РАДІУСА

Основні команди:

Код	Призначення	
		G00 X-10 Y-10 Z5
		G01 Z-2 F80
G40	скасування корекції	G41 D01 X0 Y0 F150
G41	корекція зліва	G01 X60 Y0
G42	корекція справа	G01 X60 Y40
		G01 X0 Y40
		G01 X0 Y0
		G40 G01 X-10 Y-10
		G00 Z50

D01 — номер коректора радіуса в таблиці інструментів.

ВИБІР G41 АБО G42

Вибір залежить від напрямку обходу контуру:

- якщо інструмент має бути ліворуч від напрямку руху — G41;
- якщо праворуч — G42.

У разі заміни напрямку обходу контуру може змінитися потрібний код корекції.

Не можна вмикати корекцію в точці, де немає достатнього простору для переміщення. Для коректного входу потрібна лінія або дуга підведення.

КОРЕКЦІЯ ДОВЖИНИ

На фрезерних верстатах застосовують:

Код	Призначення	Приклад:
G43	додавання корекції довжини	T01 M06
G44	віднімання корекції довжини	G43 H01 Z50
G49	скасування корекції довжини	

H01 — номер коректора довжини інструмента.

Корекція довжини особливо важлива під час:

- заміни фрези;
- використання інструментів різної довжини;
- оброблення на різних установах;
- роботи з кількома інструментами;
- автоматичної зміни інструмента.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Типова послідовність для фрези:

1. виклик інструмента;
2. запуск шпинделя;
3. виклик корекції довжини;
4. швидке переміщення в безпечну точку;
5. підведення до контуру;
6. увімкнення корекції радіуса;
7. оброблення;
8. скасування корекції радіуса;
9. відведення;
10. скасування корекції довжини.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Навіщо потрібна корекція радіуса фрези?
2. Коли використовують G41, а коли G42?
3. Яке призначення G40?
4. Для чого застосовують G43 і G49?
5. Чому корекцію не можна вмикати безпосередньо в куті контуру?

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

ТЕСТ 1 — ОДНА ПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Яка команда скасовує корекцію радіуса інструмента?

- A. G40;
- B. G41;
- B. G43.

ТЕСТ 2 — ОДНА НЕПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Укажіть неправильне твердження:

- A. G41 і G42 визначають бік корекції;
- B. G43 пов'язана з корекцією довжини інструмента;
- B. G40 вмикає корекцію радіуса фрези.

ТЕСТ 3 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Для корекції інструмента можуть використовуватися:

- A. G41;
- B. G42;
- B. G43;
- Г. M30.

ТЕСТ 4 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

До таблиці коректорів можуть вводити:

- A. радіус інструмента;
- B. довжину інструмента;
- B. значення зносу;
- Г. прізвище оператора як геометричний параметр.

Тема. СТАНДАРТНІ ЦИКЛИ ОБРОБКИ

Понятійний апарат: стандартний цикл; цикл свердління; цикл глибокого свердління; цикл розточування; цикл нарізання різьби мітчиком; цикл чорнового точіння; цикл чистового точіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК. [PDF](#). У посібнику наведено стандартні цикли G81–G89, їх призначення та послідовність рухів. [web.kpi.kharkov]
2. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. [PDF](#). Описано токарні цикли чорнового точіння, свердління, канавок і різьбонарізання. [pdf.lib.vntu.edu]
3. Програмування верстатів з ЧПК. НТУ «ХПІ». [PDF](#). У структурі курсу окремо передбачені теми циклів токарної обробки, осьового інструмента, фрезерування та багатоопераційних верстатів. [web.kpi.kharkov]

ПЕРЕВАГИ ЦИКЛІВ

Стандартні цикли:

- скорочують текст програми;
- зменшують кількість повторюваних кадрів;
- спрощують редагування;
- знижують ризик помилок;
- полегшують програмування типових операцій;
- забезпечують узгоджену послідовність рухів.

Водночас параметри циклів відрізняються в різних системах ЧПК.

СВЕРДЛІННЯ G81

Типовий формат:

G81 X... Y... Z... R... F...

де:

- X, Y — координати отвору;
- Z — глибина;
- R — безпечна площина;
- F — подача.

Приклад:

G90 G54

G00 X20 Y20 Z5

G81 X20 Y20 Z-15 R2 F100

X60 Y20

X60 Y50

G80

Цикл діє для наступних координат, доки його не скасовано командою G80.

ГЛИБОКЕ СВЕРДЛІННЯ G83

Приклад:

G83 X20 Y20 Z-40 R2 Q5 F80

G80

Q5 задає глибину одного врізання. Після кожного врізання інструмент частково або повністю відводиться для видалення стружки.

НАРІЗАННЯ РІЗЬБИ МІТЧИКОМ G84

Типовий приклад:

G84 X30 Y20 Z-20 R2 F1.25

G80

Для жорсткого нарізання різьби подача повинна відповідати кроку різьби:

$F=f \cdot n$,

де f — крок різьби, мм/об.

В окремих системах для G84 подача задається безпосередньо як крок або як хвилинна подача.

РОЗТОЧУВАННЯ G85

Приклад:

G85 X40 Y30 Z-25 R2 F60

G80

Цикл забезпечує робочу подачу під час входу та виходу. Точний алгоритм залежить від системи ЧПК.

ТОКАРНІ ЦИКЛИ

Для токарних верстатів у системах Fanuc часто застосовують:

- G70 — чистове точіння;
- G71 — чорнове поздовжнє точіння;
- G72 — чорнове торцеве точіння;
- G73 — повторне точіння або швидке чорнове зняття припуску;
- G74 — торцеве свердління або канавка залежно від системи;
- G75 — канавка;
- G76 — багатопрохідне нарізання різьби.

Значення деяких циклів не є універсальними. Наприклад, G74 і G75 можуть мати різне призначення у різних системах, тому формат обов'язково перевіряють за інструкцією верстата.

ПРИКЛАД G71/G70

Фрагмент програми:

G00 X52 Z2

G71 U2 R0.5

G71 P100 Q200 U0.3 W0.1 F0.25

N100 G00 X20 Z0

N110 G01 X30 Z-20

N120 X40 Z-40

N200 X50 Z-60

G70 P100 Q200

Фактичний синтаксис залежить від системи ЧПК.

Умовно:

- U2 — глибина чорнового проходу;
- R0.5 — величина відведення;
- P100 Q200 — початок і кінець контуру;
- U0.3 W0.1 — припуски;

G70 — чистовий прохід по тому самому контуру.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Для чого використовують стандартні цикли?
2. Яке призначення G80?
3. Чим G81 відрізняється від G83?
4. Які параметри задають у циклі свердління?
5. Чому формат токарних циклів потрібно перевіряти за документацією конкретного верстата?

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

ТЕСТ 1 — ОДНА ПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Яка команда скасовує стандартний цикл?

- A. G80;
- B. G81;
- B. G90.

ТЕСТ 2 — ОДНА НЕПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Укажіть неправильне твердження:

- A. G81 застосовують для свердління;
- B. G83 може використовувати періодичне виведення інструмента;
- B. G80 запускає цикл глибокого свердління.

ТЕСТ 3 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

До параметрів циклу свердління можуть належати:

- A. координата глибини Z;
- B. безпечна площа R;
- B. подача F;
- Г. колір заготовки.

ТЕСТ 4 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Перевагами стандартних циклів є:

- A. скорочення програми;
- B. спрощення редагування;
- B. зменшення повторюваних кадрів;
- Г. незалежність від системи ЧПК.

Змістовий модуль 4 ВЕРИФІКАЦІЯ ТА СИМУЛЯЦІЯ КЕРУЮЧИХ ПРОГРАМ

Тема. ПРОГРАМУВАННЯ ТОКАРНОЇ, ФРЕЗЕРНОЇ ОБРОБКИ, СВЕРДЛІННЯ, РОЗТОЧУВАННЯ ТА НАРІЗАННЯ РІЗЬБИ

Понятійний апарат: токарна обробка; фрезерна обробка; свердління; розточування; нарізання різьби; технологічний перехід; чорнова обробка; чистова обробка; підпрограма.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рузметов А. Р. Програмування верстатів з ЧПК. [PDF](#). Силабус містить теми програмування токарних, свердлильних, розточних, фрезерних верстатів і багатоопераційних центрів. [web.kpi.kharkov]
2. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. [PDF](#). [pdf.lib.vntu.edu]
3. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК. [PDF](#). [web.kpi.kharkov]
4. Методичні вказівки до розроблення керуючих програм для верстатів з ЧПК за допомогою CAD/CAM-систем. [PDF](#). [ir.lib.vntu.edu]

ЗАГАЛЬНА ПОСЛІДОВНІСТЬ ПРОГРАМУВАННЯ

Перед написанням програми необхідно:

1. проаналізувати креслення;
2. визначити заготовку;
3. вибрати бази;
4. установити нуль деталі;
5. визначити систему координат;
6. вибрати інструмент;
7. визначити послідовність переходів;
8. розрахувати режими різання;
9. побудувати траєкторію;
10. скласти програму;
11. виконати перевірку;
12. провести симуляцію.

ТОКАРНА ОБРОБКА

Типова структура токарної програми:

%
O0100
G21 G40 G80 G90
G54
T0101
G97 S1000 M03
M08
G00 X52 Z2
G01 Z0 F0.2
G01 X30
G01 Z-30
G00 X100 Z100
M09
M05
M30
%

Під час токарної обробки потрібно врахувати:

- вісь Z зазвичай збігається з віссю шпинделя;
- координата X може задаватися як діаметр або радіус;
- напрямок обертання шпинделя;
- положення вершини різця;
- припуск;
- безпечні відводи.

ФРЕЗЕРНА ОБРОБКА

Типова структура:

%

O0200

G21 G17 G40 G49 G80 G90

G54

T01 M06

S1800 M03

G43 H01 Z50

M08

G00 X-5 Y-5

G00 Z5

G01 Z-2 F100

G01 X55 F250

G01 Y35

G01 X-5

G01 Y-5

G00 Z50

M09

M05

M30

%

Під час фрезерування потрібно визначити:

- площину оброблення;
- нуль деталі;
- діаметр фрези;
- корекцію радіуса;
- висоту безпечної площини;
- напрямок оброблення;
- спосіб входу та виходу.

СВЕРДЛІННЯ

Приклад одного отвору:

G00 X30 Y20 Z5

G81 Z-15 R2 F100

G80

Для кількох отворів:

G81 X20 Y20 Z-15 R2 F100

X60 Y20

X60 Y50

X20 Y50

G80

Перед свердлінням потрібно визначити:

- діаметр отвору;
- глибину;
- необхідність центрування;
- тип свердла;
- потребу в циклі глибокого свердління;
- подачу та швидкість різання.

РОЗТОЧУВАННЯ

Розточування виконують після попереднього утворення отвору. Програміст має врахувати:

- мінімальний діаметр отвору;
- виліт розточувального різця;
- жорсткість інструмента;
- припуск;
- остаточний діаметр;
- спосіб відведення різця, щоб не пошкодити поверхню.

НАРІЗАННЯ РІЗЬБИ

Різьбу можна нарізати:

- різцем;
- мітчиком;
- плашкою;
- різьбовою фрезою.

Для різьби різцем необхідно задати:

- номінальний діаметр;
- крок;
- довжину;
- початкову та кінцеву точки;
- кількість проходів;
- спосіб врізання;
- канавку для виходу різця.

Для мітчика подача має бути узгоджена з кроком різьби.

Приклад принципової структури:

G97 S500 M03

G00 X24 Z2

G76 P020060 Q100 R0.05

G76 X21.5 Z-20 R1250 Q250 F1.5

Це лише приклад формату. Параметри P, Q, R у системах ЧПК можуть мати різне значення.

УЗГОДЖЕННЯ ПРОГРАМУВАННЯ З ТЕХНОЛОГІЄЮ

Керуюча програма повинна відображати технологічний процес. Не можна скласти програму лише за геометричним контуром без урахування:

- базування;
- жорсткості;
- припуску;
- послідовності оброблення;
- доступності інструмента;
- відведення стружки;
- контролю розмірів;
- безпеки.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які етапи передують написанню керуючої програми?
2. У чому полягають особливості токарного програмування?
3. Які параметри потрібно визначити для свердління?
4. Чим розточування відрізняється від свердління?
5. Які параметри необхідні для програмування різьби?

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

ТЕСТ 1 — ОДНА ПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Яка операція призначена для збільшення діаметра вже наявного отвору?

- А. розточування;
- Б. відрізання;
- В. точіння торця..

ТЕСТ 2 — ОДНА НЕПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Укажіть неправильне твердження:

- А. під час свердління потрібно задати глибину отвору;
- Б. під час нарізання різьби потрібно враховувати крок;
- В. під час програмування не потрібно враховувати послідовність технологічних переходів.

ТЕСТ 3 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Під час програмування токарної операції визначають:

- А. траєкторію різця;
- Б. режими різання;
- В. систему координат;
- Г. розклад занять.

ТЕСТ 4 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Для програмування різьби потрібно знати:

- А. крок різьби;
- Б. довжину різьбової ділянки;
- В. номінальний діаметр;
- Г. колір патрона.

Тема. ПЕРЕВІРКА ТА РЕДАГУВАННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

Понятійний апарат: синтаксична помилка; геометрична помилка; технологічна помилка; логічна помилка; редагування програми; покадрове виконання; сухий прогін; контроль нульової точки; аварійна зупинка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК. [PDF](#). Посібник містить порядок введення, перевірки, корекції та відпрацювання програм. [web.kpi.kharkov]
2. Рузметов А. Р. Програмування верстатів з ЧПК. [PDF](#). У структурі курсу передбачено порядок створення та перевірки керуючих програм і різні методи їх контролю. [web.kpi.kharkov]
3. Системи автоматизованого програмування верстатів з ЧПК. [PDF](#). Матеріал містить питання симуляції, backplot і верифікації. [web.kpi.kharkov]

ПОСЛІДОВНІСТЬ ПЕРЕВІРКИ

Перевірку виконують у такій послідовності:

1. перевірити формат програми;
2. перевірити номер програми;
3. перевірити початкові налаштування;
4. перевірити одиниці вимірювання;
5. перевірити систему координат;
6. перевірити інструменти та коректори;
7. перевірити режими різання;
8. перевірити координати;
9. перевірити команди циклів;
10. перевірити безпечні переміщення;
11. виконати сухий прогін;
12. виконати покадровий запуск;
13. провести симуляцію;
14. за потреби внести зміни.

ТИПОВІ ПОМИЛКИ

ПОМИЛКИ ФОРМАТУ

G1 X20 Y

Після адреси Y відсутнє числове значення.

N10 G01 G00 X20

У кадрі задано взаємовиключні режими переміщення.

ПОМИЛКИ КООРДИНАТ

G00 Z-100

Інструмент може пройти крізь заготовку або пристосування.

ПОМИЛКИ ТЕХНОЛОГІЇ

- надто велика подача;
- неправильна частота обертання;
- відсутній припуск на чистову обробку;
- різьба програмується без узгодження подачі;
- свердління виконується без попереднього центрування.

ПОМИЛКИ КОРЕКЦІЇ

- не викликана корекція довжини;
- застосовано неправильний номер H або D;
- корекція не скасована;
- G41 і G42 вибрано неправильно.

ПОМИЛКИ ЗАВЕРШЕННЯ

- відсутня команда зупинки шпинделя;
- не вимкнено охолодження;
- інструмент не відведено;
- відсутня команда завершення програми.

МЕТОДИ ПЕРЕВІРКИ

ВІЗУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ

Програму читають послідовно, порівнюючи кожен кадр із кресленням і технологічною картою.

ПЕРЕВІРКА КООРДИНАТ

Для кожної точки визначають:

- початкове положення;
- кінцеве положення;
- напрямок руху;
- наявність безпечного зазору;
- відповідність нулю деталі.

ПОКАДРОВА ПЕРЕВІРКА

Дозволяє контролювати програму після кожного кадру. Особливо корисна під час:

- першого запуску;
- роботи з новим інструментом;
- перевірки корекцій;
- перевірки циклів.

Приклад:

Було:

N50 G01 Z-30 F0.3

Після аналізу режимів:

N50 G01 Z-30 F0.18

Причина: зменшення подачі під час чистового проходу

СУХИЙ ПРОГІН

Виконують без контакту інструмента з матеріалом. За можливості зменшують подачу та вимикають автоматичне різання.

СИМУЛЯЦІЯ

Програму завантажують у симулятор, де перевіряють траєкторію, форму деталі та зіткнення.

РЕДАГУВАННЯ ПРОГРАМИ

Під час редагування важливо:

- змінювати лише необхідні кадри;
- зберігати резервну копію;
- додавати коментарі;
- повторно перевіряти програму після кожної зміни;
- не редагувати програму під час небезпечного руху верстата;
- фіксувати причину зміни.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які види помилок можуть бути в керуючій програмі?
2. У чому полягає покадрова перевірка?
3. Що таке сухий прогін?
4. Які елементи перевіряють перед першим запуском?
5. Чому після редагування програму потрібно перевіряти повторно?

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

ТЕСТ 1 — ОДНА ПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Який режим дає змогу виконувати програму по одному кадру?

- А. покадровий;
- Б. автоматичний без контролю;
- В. режим очищення стружки.

ТЕСТ 2 — ОДНА НЕПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Укажіть неправильне твердження:

- А. після редагування програму потрібно повторно перевірити;
- Б. сухий прогін допомагає виявити небезпечні переміщення;
- В. якщо програма синтаксично правильна, зіткнення неможливе.

ТЕСТ 3 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Перед запуском програми перевіряють:

- А. систему координат;
- Б. інструмент і коректори;
- В. режими різання;
- Г. колір екрана.

ТЕСТ 4 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

До типових помилок належать:

- А. неправильний номер коректора;
- Б. помилкова координата;
- В. відсутність безпечного відведення;
- Г. наявність коментаря в програмі.

ТЕМА. СИМУЛЯЦІЯ ТРАЄКТОРІЇ ІНСТРУМЕНТА

Понятійний апарат: симуляція оброблення; backplot; верифікація; цифрова заготовка; залишковий припуск; зіткнення; холостий хід; постпроцесорна симуляція.

ЛІТЕРАТУРА

1. Системи автоматизованого програмування верстатів з ЧПК. [PDF](#). Джерело містить матеріали щодо backplot і верифікації оброблення. [web.kpi.kharkov]
2. Методичні вказівки до розроблення керуючих програм для верстатів з ЧПК за допомогою CAD/CAM-систем. [PDF](#). Матеріал присвячений підготовці та перевірці програм у CAD/CAM-середовищі. [ir.lib.vntu.edu]
3. Рузметов А. Р. Програмування верстатів з ЧПК. [PDF](#). Силабус передбачає симуляцію як частину практичної підготовки та самостійної роботи. [web.kpi.kharkov]

ЗАВДАННЯ СИМУЛЯЦІЇ

Симуляція дає змогу до запуску на реальному верстаті:

- перевірити траєкторію;
- побачити послідовність оброблення;
- оцінити форму готової деталі;
- виявити зіткнення;
- виявити вихід за межі робочої зони;
- перевірити корекції;
- визначити залишковий матеріал;
- порівняти результат із кресленням;
- скоротити час налагодження;
- зменшити ризик пошкодження обладнання.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ СИМУЛЯЦІЇ

1. Вибрати тип верстата.
2. Вибрати систему ЧПК або постпроцесор.
3. Завантажити керуючу програму.
4. Визначити заготовку.
5. Визначити пристосування.
6. Увести інструменти.
7. Указати геометрію та коректори.
8. Встановити нуль деталі.
9. Перевірити одиниці вимірювання.
10. Запустити backplot.
11. Запустити симуляцію зняття матеріалу.
12. Перевірити зіткнення.
13. Переглянути кінцеву форму.
14. Проаналізувати помилки.
15. Відредагувати програму.
16. Повторити симуляцію.
17. Зберегти остаточну версію.

ЩО ПОТРІБНО ПЕРЕВІРИТИ НА ЕКРАНІ

Під час симуляції аналізують:

- напрямок обертання шпинделя;
- траєкторію швидких переміщень;
- траєкторію робочих ходів;
- входи та виходи з контуру;
- положення інструмента;
- правильність зміни інструмента;
- корекцію радіуса;
- корекцію довжини;
- форму поверхонь;
- припуски;
- зіткнення;
- час оброблення.

ТИПОВІ РЕЗУЛЬТАТИ СИМУЛЯЦІЇ

ПРАВИЛЬНА ТРАЄКТОРІЯ

Інструмент переміщується у визначених межах, обробляє всі необхідні поверхні та відводиться без зіткнень.

НЕПРАВИЛЬНИЙ НУЛЬ ДЕТАЛІ

Уся траєкторія зміщена відносно заготовки. Причиною може бути неправильне значення G54 або помилково визначена базова точка.

НЕПРАВИЛЬНА КОРЕКЦІЯ

Контур виходить занадто великим або занадто малим, фреза вірізається в деталь або залишає припуск.

НЕБЕЗПЕЧНИЙ ШВИДКИЙ РУХ

Інструмент переміщується через заготовку в режимі G00.

НЕПРАВИЛЬНИЙ ПОСТПРОЦЕСОР

Команди можуть бути записані у форматі, який не відповідає системі ЧПК верстата.

СИМУЛЯЦІЯ НЕ ЗАМІНЮЄ РЕАЛЬНИЙ ЗАПУСК

Навіть успішна симуляція не гарантує повної безпеки, оскільки модель може не враховувати:

- люфти;
- пружні деформації;
- фактичний знос інструмента;
- помилки налагодження;
- неправильний виступ інструмента;
- неточність вимірювання;
- особливості затискання;
- реальні обмеження верстата.

Тому після симуляції потрібно виконати:

1. перевірку програми на пульті;
2. сухий прогін;
3. покадрове виконання;
4. запуск зі зниженою подачею;
5. контроль першої деталі.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яке призначення симуляції траєкторії?
2. Що таке backplot?
3. Які зіткнення можна виявити під час симуляції?
4. Які дані потрібно ввести до симулятора?
5. Чому симуляція не замінює перевірку на реальному верстаті?

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

ТЕСТ 1 — ОДНА ПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Що відображає backplot?

- А. траєкторію інструмента;
- Б. хімічний склад матеріалу;
- В. температуру в цеху.

ТЕСТ 2 — ОДНА НЕПРАВИЛЬНА ВІДПОВІДЬ

Укажіть неправильне твердження:

- А. симуляція допомагає виявити зіткнення;
- Б. під час симуляції можна перевірити форму готової деталі;
- В. успішна симуляція повністю усуває необхідність перевіряти нуль деталі на верстаті.

ТЕСТ 3 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Для симуляції потрібно задати:

- А. заготовку;
- Б. інструмент;
- В. систему координат;
- Г. оцінку за попередній семестр.

ТЕСТ 4 — КІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Під час симуляції можна перевірити:

- А. траєкторію інструмента;
- Б. зіткнення;
- В. залишковий припуск;
- Г. особисті уподобання оператора.

ГЛОСАРІЙ

Верстат із числовим програмним керуванням (ЧПК) — металорізальний верстат, рухи робочих органів, режими оброблення та допоміжні функції якого керуються програмою, записаною у цифровій формі.

Числове програмне керування — керування верстатом за допомогою команд, заданих числами, символами та кодами.

Система ЧПК — сукупність пристроїв і програм, що приймають, декодують та виконують керуючу програму.

Керуюча програма (КП) — послідовність команд, яка визначає порядок оброблення конкретної заготовки.

Технологічне програмування — розроблення керуючої програми на основі креслення деталі, технологічного процесу, траєкторій інструмента та режимів різання.

Технологічна операція — завершена частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці.

Технологічний перехід — завершена частина операції, яку виконують одним інструментом або за незмінних умов оброблення.

Робочий хід — переміщення інструмента, під час якого відбувається зняття матеріалу або зміна властивостей заготовки.

Допоміжний хід — переміщення інструмента без зміни форми, розмірів або властивостей заготовки.

Траєкторія інструмента — лінія переміщення програмованої точки інструмента відносно заготовки.

Координатна вісь — напрям, уздовж якого визначають положення робочого органа або інструмента.

Система координат верстата — система відліку, пов'язана з конструктивними елементами верстата.

Система координат деталі — система відліку, початок якої технолог встановлює на деталі або заготовці.

Система координат інструмента — система, що описує положення вершини, центра або іншої програмованої точки інструмента.

Стандартна система координат — права прямокутна декартова система координат, прийнята відповідно до рекомендацій ISO.

Нульова точка верстата M — точка, прийнята за початок системи координат верстата.

Нульова точка деталі W — точка, прийнята за початок системи координат деталі.

Програмована точка інструмента — точка інструмента, координати якої використовують під час формування траєкторії.

Нульова точка верстата M — фіксована точка, відносно якої визначають координати робочих органів верстата.

Нульова точка деталі W — точка, яку технолог обирає на деталі або заготовці для задання координат у програмі.

Вихідна точка верстата — точка, у яку робочий орган або інструмент може повертатися для початку роботи, зміни інструмента чи завершення програми.

Референтна точка — фізично або програмно визначена точка, яку використовують для прив'язки системи координат і виходу верстата у вихідне положення.

Робоча система координат — система координат, пов'язана з нулем деталі.

Зміщення нуля — вектор переходу від нульової точки верстата до нульової точки деталі.

Плаваючий нуль — можливість перенести початок відліку з нульової точки верстата в інше положення.

Абсолютне програмування — задання координат відносно нульової точки деталі.

Відносне або інкрементальне програмування — задання приростів координат відносно попередньої точки.

Кадр — частина керуючої програми, що вводиться та виконується як одне ціле.

Слово програми — послідовність, що складається з адреси та числового значення.

Адреса — буква, яка визначає призначення числових даних у слові.

Номер кадру — адреса N з числовим значенням, що дає змогу ідентифікувати кадр.

Початок програми — службовий символ або команда, що визначає початок керуючої програми.

Кінець програми — команда або службовий символ, що завершують виконання програми.

Керуюча програма (КП) — сукупність команд, що задають послідовність роботи верстата з ЧПК.

Кадр — частина керуючої програми, яку система ЧПК вводить і обробляє як єдине ціле.

Слово програми — складова частина кадру, що містить адресу та числове або буквено-цифрове значення.

Адреса — буква, яка визначає призначення наступних даних у слові.

Формат кадру — встановлений порядок розташування слів та службових символів у кадрі.

Підготовча функція G — команда, яка визначає режим роботи системи ЧПК, спосіб переміщення, систему координат, цикл або корекцію.

Модальна функція — функція, дія якої зберігається в наступних кадрах до її скасування або заміни іншою функцією тієї самої групи.

Немодальна функція — функція, яка діє лише в поточному кадрі.

Абсолютне програмування — задання координат відносно нульової точки деталі.

Інкрементальне програмування — задання переміщення відносно попередньої точки.

Допоміжна функція M — команда керування допоміжними діями верстата.

Головний рух — рух, який забезпечує процес різання; для токарного верстата ним є обертання шпинделя.

Подача — переміщення інструмента відносно заготовки за один оберт або за одиницю часу.

Частота обертання шпинделя n — кількість обертів шпинделя за хвилину, об/хв.

Швидкість різання v — лінійна швидкість точки різальної кромки відносно заготовки.

Постійна швидкість різання — режим, за якого система ЧПК автоматично змінює частоту обертання шпинделя відповідно до поточного діаметра.

Робоча подача — подача, під час якої відбувається різання.

Швидке переміщення — переміщення без оброблення з максимально допустимою швидкістю верстата.

Охолоджувальна рідина (ЗОР) — технологічне середовище, що відводить тепло, зменшує тертя та поліпшує відведення стружки.

Траєкторія інструмента — геометрична лінія, яку описує програмована точка інструмента під час оброблення.

Швидке переміщення — переміщення інструмента без різання з максимально допустимою швидкістю.

Робоче переміщення — переміщення інструмента з установленою подачею під час оброблення.

Інтерполяція — математичне формування проміжних точок траєкторії між заданими програмістом точками.

Лінійна інтерполяція — переміщення програмованої точки по прямій лінії.

Кругова інтерполяція — переміщення по дузі кола.

Опорна точка — точка, координати якої задають форму та послідовність траєкторії.

Вхід у контур — контрольоване підведення інструмента до початку оброблюваної ділянки.

Вихід із контуру — відведення інструмента від деталі після завершення оброблення.

Корекція інструмента — автоматичне врахування геометричних параметрів і фактичного положення інструмента під час виконання програми.

Корекція на радіус інструмента — зміщення траєкторії центра фрези відносно запрограмованого контуру.

Корекція на довжину інструмента — зміна координати по осі інструмента з урахуванням його довжини.

Коректор інструмента — запис у таблиці ЧПК, що містить значення довжини, радіуса, зносу або інших параметрів інструмента.

- Ліва корекція** — положення інструмента ліворуч від запрограмованої траєкторії за напрямком руху.
- Права корекція** — положення інструмента праворуч від запрограмованої траєкторії за напрямком руху.
- Скасування корекції** — команда повернення до програмування без автоматичного зміщення траєкторії.
- Стандартний цикл** — запрограмована послідовність типових переміщень і технологічних дій, що виконується однією або кількома командами.
- Цикл свердління** — стандартний цикл для осьового переміщення інструмента в отвір і його відведення.
- Цикл глибокого свердління** — цикл із періодичним виведенням інструмента для дроблення та видалення стружки.
- Цикл розточування** — цикл оброблення внутрішньої циліндричної поверхні.
- Цикл нарізання різьби мітчиком** — цикл узгодженого руху шпинделя та подачі мітчика.
- Цикл чорнового точіння** — багатопрохідна обробка заданого контуру зняттям припуску.
- Цикл чистового точіння** — оброблення за заздалегідь заданим контуром.
- Токарна обробка** — оброблення заготовки обертанням і переміщенням різального інструмента відносно осі обертання.
- Фрезерна обробка** — оброблення заготовки обертовою фрезою та її переміщенням відносно деталі.
- Свердління** — утворення отвору осьовим різальним інструментом.
- Розточування** — збільшення або коригування діаметра вже наявного отвору.
- Нарізання різьби** — формування гвинтової поверхні різцем, мітчиком, плашкою або різбовою фрезою.
- Технологічний перехід** — завершена частина операції, що виконується одним інструментом за незмінних умов оброблення.
- Чорнова обробка** — зняття основної частини припуску.
- Чистова обробка** — обробка для отримання остаточних розмірів і шорсткості.
- Підпрограма** — окрема частина програми, яку можна викликати з основної програми.
- Синтаксична помилка** — порушення правил запису команди або кадру.
- Геометрична помилка** — неправильне задання координат, напрямку або траєкторії.
- Технологічна помилка** — невідповідність програми технологічним вимогам оброблення.
- Логічна помилка** — неправильна послідовність дій або умов виконання програми.
- Редагування програми** — внесення змін до її кадрів, команд, координат і параметрів.
- Покадрове виконання** — режим, у якому система виконує по одному кадру після команди оператора.
- Сухий прогін** — перевірка програми без контакту інструмента із заготовкою.
- Контроль нульової точки** — перевірка відповідності запрограмованої та фактичної систем координат.
- Аварійна зупинка** — негайне припинення роботи верстата для запобігання пошкодженню.
- Симуляція оброблення** — комп'ютерне моделювання роботи верстата та зміни форми заготовки за керуючою програмою.
- Backplot** — графічне відображення траєкторії запрограмованої точки інструмента.
- Верифікація** — комплексна перевірка програми, геометрії, технологічних параметрів і можливих зіткнень.
- Цифрова заготовка** — модель матеріалу, з якої під час симуляції вилучається об'єм.
- Залишковий припуск** — матеріал, який залишається після моделювання оброблення.
- Зіткнення** — небажаний контакт інструмента, державки, патрона або іншого елемента з деталлю, заготовкою чи пристосуванням.
- Холостий хід** — переміщення без зняття матеріалу.
- Постпроцесорна симуляція** — перевірка вже сформованої керуючої програми з урахуванням команд конкретної системи ЧПК.