

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Пухальська Г.В.  
ТЕКСТИ (конспект) лекцій з дисципліни  
«Основи систем автоматизованого проектування»  
для студентів спеціальності  
131 «Прикладна механіка»  
освітньої програми «Технології машинобудування»  
усіх форм навчання

2024

Тексти (конспект) лекцій з дисципліни “Основи систем автоматизованого проектування” для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. доц. Пухальська Г.В, доц. Двірник Я.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024 – 58 с.

Укладач :            Пухальська Г.В., к.т.н., доц. каф. ТМБ  
                              Двірник Я.О., к.т.н., доц. каф. ТАД

Рецензент:           Козлова О.Б., к.т.н., доцент кафедри ТМБ

Відповідальний за  
випуск                Дядя С.І., к.т.н., доцент, зав. каф. ТМБ

Затверджено на засіданні кафедри  
«Технологія машинобудування»  
                                  Протокол № 1  
                                  від 06.08. 2024 р.

Рекомендовано до видання  
                                  НМК МФ  
Протокол № 1 від 27.08.2024 р.

## ЗМІСТ

1 Цілі і завдання курсу. Вступ	4
2 Геометричні основи	8
3 Структура і зміст програми ЧПК	17
4 Управління подачею та рух шпинделя	20
5 Мовні елементи програмування	21
6 Програмування команд переміщення	23
7 Панель оператора	31
8 Цикли	37
9 Виклик корекції інструменту	57
Перелік джерел посилання	58

## 1. Цілі і завдання курсу. Вступ

У зв'язку зі створенням і використанням гнучких виробничих комплексів механічної обробки різанням особливе значення мають верстати з числовим програмним управлінням (ЧПК). Про величезну роль обладнання з програмним управлінням свідчить той факт, що застосування його в вітчизняній промисловості тільки за останнє 10-річчя збільшилася майже в 4 рази. В результаті заміни універсального обладнання обладнанням з ЧПК трудомісткість виготовлення деталей виявилася можливим скоротити в кілька разів.

Ефективність верстатів з ЧПК пояснюється наступними факторами:

- скороченням термінів підготовки виробництва на 50-75%;
- скорочення загальної тривалості циклу виготовлення продукції на 50-60%;
- високої продуктивністю і гнучкістю;
- можливістю ефективної концепції універсальних операцій в одну;
- можливістю програмування обробки сложнопрофільних поверхонь, коли універсальними операціями виконати це неможливо;
- скороченням потреби в спеціальній технологічній оснастки;
- зменшення оборотних коштів, вкладених у незавершене виробництво;
- вивільнення значної частини виробничих площ;
- звільнення персоналу для виконання робіт на інших ділянках виробничого циклу, що вимагає участі висококваліфікованих робітників.

## 1.1 Основні терміни та визначення. Принципи числового програмного керування верстатами

Система ЧПК складається з двох основних частин:

- пристрій числового програмного керування;
- привід виконавчих механізмів.

Принцип числового програмного керування полягає в тому, що програма, яка містить дані про величину, швидкості і напрямком переміщень робочих органів та ін. Задається у вигляді символів (команд), записаних в строго визначеної формі, а так само у вигляді файлової структури і занесених на спеціальне апаратне забезпечення, яке управляє приводами руху верстата. До додаткового принципу програмного керування (ПК) належить, коригування положення і розмірів інструменту, цифрова індикація положення інструмента щодо деталі, ручна зміна швидкості подачі і д.р. Процес підготовки такої інформації рознесений по часу від процесу безпосередньої обробки деталі на верстаті. Для сучасних високошвидкісних верстатів, як правило витрати часу на підготовку складних керуючих програм (КП) перевищують час обробки самої деталі. Для обробки декількох різних деталей необхідно стільки ж керуючих програм, які мають необхідну інформацію.

## 1.2 Терміни і основні визначення.

*Пристрій числового програмного керування (УЧПК) (стійка)* - пристрій, що забезпечує програмування, збереження програми і її відтворення (тобто зчитування інформації і передача сигналів на виконавчі органи верстата відповідно до умов описаними в керуючій програмі).

*Числове програмне керування або Numerical Control (ЧПК або NC) верстатом* - це управління обробкою заготовки на верстаті по керуючій програмі (КП), в якій дані задані в алфавітно-цифровому або унітарній коді.

*Керуюча програма (КП)* - це сукупність команд на мові програмування, відповідна заданим алгоритмом функціонування верстата для обробки конкретної заготовки.

*Програма-носії* - носій даних, в яких записана КП. В якості носія даних можуть застосовуватися запам'ятовуючі пристрої (ЗП) різного виду: перфолента, магнітна стрічка, дискети, диски, флешки, і ін.

*Виконавчий пристрій* - реалізує рухові функції і в загальному випадку складається з пристрою пересування.

*Кадр керуючої програми* - складова частина КП, що вводиться або відпрацьовують як єдине ціле і що містить не менше однієї команди.

*Номер кадру КП* - слово на початку кадру, що визначає послідовність кадрів в КП.

*Головний кадр* - кадр керуючої програми, що містить всі дані, необхідні для відновлення процесу обробки заготовки після перерви. Головний кадр КП позначають спеціальним символом.

*Абсолютний розмір* - лінійний і кутовий розмір, що задається в КП та показує положення точки КП щодо прийнятого нуля відліку.

*Розмір в збільшенні (відносний)* - лінійний і кутовий розмір, що задається в КП та показує положення точки КП щодо координат точки попереднього положення робочого органу верстата.

*Нульова точка верстата (нуль верстата)* - точка, прийнята за початок координат верстата, задається виробником.

*Вихідна точка верстата (програмна точка)* - точка, певна щодо нульової точки верстата і використовується для початку роботи.

*Нульова точка деталі (нуль деталі)* - точка на деталі, щодо якої задані її розміри.

*Корекція інструменту* - зміна з пульта управління запрограмованих координат робочого органу верстата.

*Геометрична інформація* - інформація, яка описувала форму, розміри елементів деталі і інструменту і їх взаємне положення в просторі.

*Технологічна інформація* - інформація, яка описувала технологічні характеристики деталі та умови її виготовлення.

*Позиціонування* - автоматичне переміщення органів верстата на координату, задану в КП, без обробки в процесі переміщення (холостий хід).

*Дискретність (ціна імпульсу)* - переміщення механізму, відповідне одному імпульсу КП.

*Геометричний елемент* - безперервна ділянка розрахункової траєкторії, або контуру деталі, що задається одним і тим же законом, в одній і тій же системі координат.

*Опорна точка* - точка розрахункової траєкторії, в якій відбувається зміна або закону, або умов протікання технологічного процесу.

*Точність позиціонування* - величина поля розсіювання відхилень, положення центру інструменту, від заданих.

*Керована координата* - вісь системи координат, уздовж якої відносно переміщення центру інструменту здійснюється за допомогою одного виконавчого органу системи управління.

*Центр інструменту* - нерухома щодо державки точка інструменту, по якій ведеться розрахунок траєкторії.

*Еквідистанта* - лінія, рівновіддаленна від контуру деталі (заготовки).

*Постпроцесування* - переклад (перерахунок) кадрів в формат даних з мови системи програмування в координати і команди системи ЧПК верстата з урахуванням його особливостей.

*Системи програмування (CAD/CAM)* - програмне забезпечення, призначене для конструювання і розробок технологічних траєкторій з можливістю перегляду, контролю і коригування для подальшого виведення КП.

*Ручне програмування* - підготовка і контроль КП в основному без застосування електронно-обчислювальної машини (ЕОМ) за кресленням деталі, в яку вносять у часовій послідовності всі робочі рухи верстата.

*Автоматизована підготовка КП* - підготовка і контроль КП із застосуванням електронної обчислювальної машини і використання системи програмування.

## 2 Геометричні основи

### 2.1 Опис точок деталі

#### 2.1.1 Системи координат деталі

Щоб верстат або СЧПК могли працювати з зазначеними позиціями, ці дані повинні бути зроблені в базовій системі, яка відповідає напрямкам руху осьових санчат. Для цього використовується система координат з осями X, Y і Z.

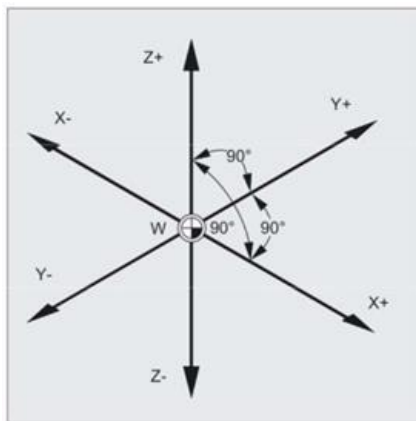


Рисунок 2.1 – Система координат при фрезеруванні



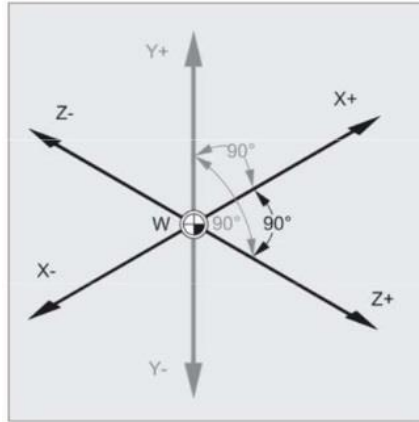
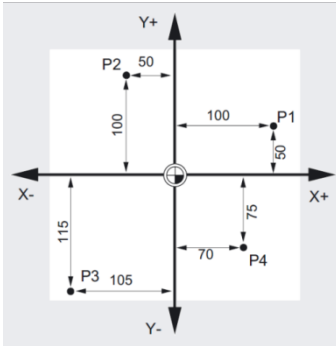


Рисунок 2.2 – Система координат при точинні

Для верстатів використовуються справа наліво, прямообертаючі (декартові) системи координат. Нульова точка деталі (W) є вихідною точкою системи координат деталі. Іноді має сенс або навіть необхідно працювати з негативними вказівками позиції. Тому позиції, що знаходяться відповідно зліва від нульової точки, отримують негативний знак (-).

На осі координат необхідно накласти масштаб (уявний). Завдяки цьому можна однозначно описати кожну точку в системі координат через напрямок (X, Y і Z) і три числових значення. Нульова точка деталі завжди має координати X0, Y0 і Z0. Для фрезерних обробок необхідно описати і глибину подачі. У токарних верстатів досить одній площині для опису контуру.

### 2.1.2 Декартови координати



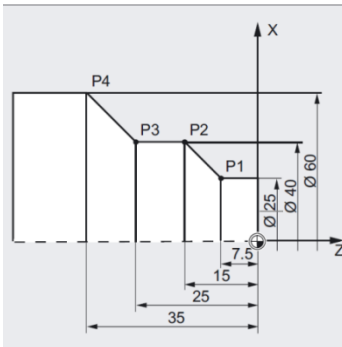
$$P1 = X100 Y50$$

$$P2 = X-50 Y100$$

$$P3 = X-105 Y-115$$

$$P4 = X70 Y-75$$

Рисунок 2.3 - Вказівка позицій в формі декартових координат для фрезерної обробки



$$P1 = X25 Z-7.5$$

$$P2 = X40 Z-15$$

$$P3 = X40 Z-25$$

$$P4 = X60 Z-35$$

Рисунок 2.4 – Вказівка позицій в формі декартових координат для токарній обробці

### 2.1.3 Полярні координати

Полярні координати мають сенс в тих випадках, коли деталь або частину деталі виміряні з радіусом і кутом. Вихідна точка вимірювання називається "Полус".

Точки P1 і P2 можуть бути описані щодо полюса наступним чином:

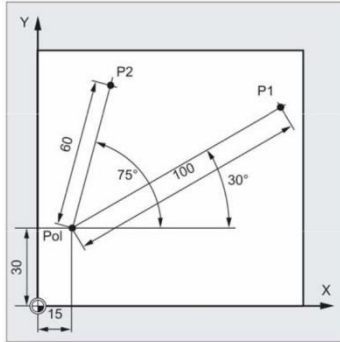
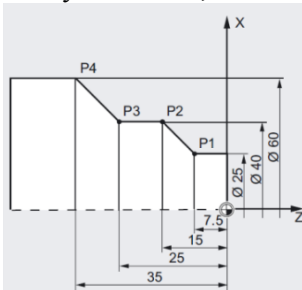


Рисунок 2.5 - Приклад вказівки полюса:  
 P1 відповідає радіусу = 100 плюс кут = 30 °  
 P2 відповідає радіусу = 60 плюс кут = 75 °

#### 2.1.4 Абсолютний розмір

У абсолютного розміру все вказівки позицій завжди відносяться до діючої в даний момент нульовій точці. Відносно руху інструменту це означає: вказівка абсолютного розміру описує позицію, до якої повинен рухатися інструмент.



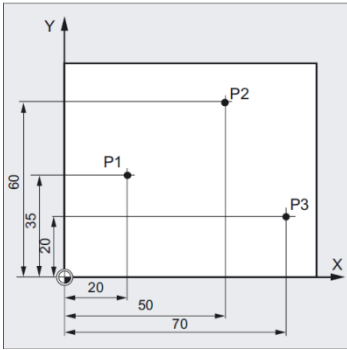
$$P1 = X25 Z-7.5$$

$$P2 = X40 Z-15$$

$$P3 = X40 Z-25$$

$$P4 = X60 Z-35$$

Рисунок 2.6 - Токарна обробка



$$P1 = X20 Y35$$

$$P2 = X50 Y60$$

$$P3 = X70 Y20$$

Рисунок 2.7 – Фрезерна обробка

### 2.1.5 Складовий розмір

Часто зустрічаються робочі креслення, у яких розміри відносяться не до нульової, а до іншої точки деталі. Щоб уникнути перерахунку даних розмірів, існує можливість вказівки складеного розміру (інкрементальний розмір). При введенні складеного розміру вказівка позиції відноситься до відповідної попередньої точки. Відносно руху інструменту це означає: на скільки винен переміститися інструмент.

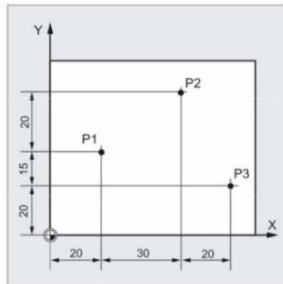


Рисунок 2.8 – Фрезерна обробка:

P1 відповідає X20 Y35; (щодо нульової точки)

P2 відповідає X30 Y20; (щодо P1)

P3 відповідає X20 Y-35; (щодо P2)

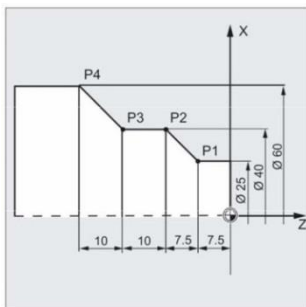


Рисунок 2.9 - Приклад токарного оброблення:

P1 відповідає X25 Z-7,5; (щодо нульової точки)

P2 відповідає X15 Z-7,5; (щодо P1)

P3 відповідає Z-10; (щодо P2)

P4 відповідає X20 Z-10; (щодо P3)

## 2.2 Робочі площини

Програма ЧПК повинна містити інформацію про те, в якій площині повинна виконуватися обробка (рис.2.10-2.11). Тільки в цьому випадку при виконанні програми ЧПК може правильно враховувати значення корекції інструменту. Крім цього вказівка робочої площини має значення для певних видів програмування кіл і для полярних координат. Відповідно дві осі координат визначають площину. Третя вісь координат варто відповідно вертикально на цій площині і визначає напрямок подачі інструменту (наприклад, для обробки 2D).

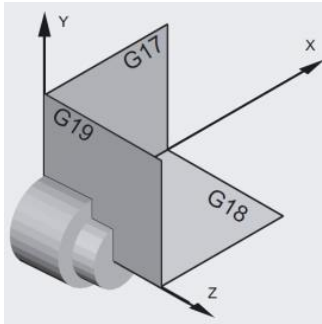


Рисунок 2.10 - Робочі площини при токарній обробці

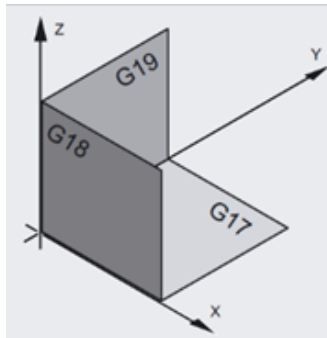


Рисунок 2.11 - Робочі площини при фрезерній обробці

### 2.3.Нульові і референтні точки

2.3.1 На верстаті з ЧПК визначені різні нульові і референтні точки. Положення нульових точок.

На верстаті з ЧПК визначаються різні нульові і референтні точки. Це вихідні точки, до яких здійснюється підведення верстата і до яких відноситься програмування вимірювання деталі. Розташовані поряд малюнки пояснюють

нульові і референтні точки для токарних і свердлильних / фрезерних верстатів.

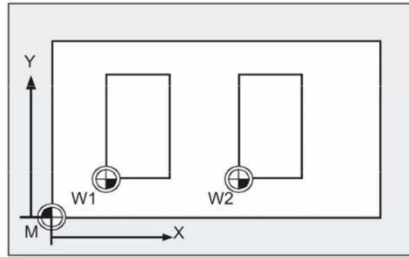


Рисунок 2.12 - Фрезерування

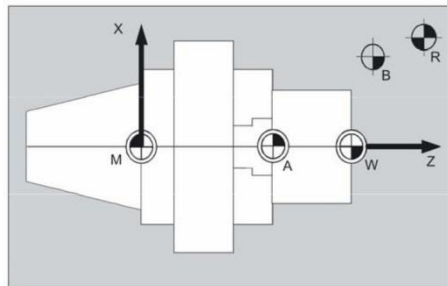


Рисунок 2.13 - Токарна обробка

Вихідні точки:

**М** - нульова точка верстата; нульова точка верстата **М** запрограмована на заводі і не може бути змінена. При фрезеруванні вона лежить в початковій точці системи координат верстата, а при токарній обробці - на поверхні упору переднього кінця шпинделя.

**W** - нульова точка деталі; нульова точка деталі **W**, також звана нульовою точкою програми, це початкова точка системи координат деталі. Вона може вибиратися вільно і при

фрезеруванні повинна розташовуватися там, звідки на кресленні виходить більшість розмірів. При токарній обробці нульова точка деталі завжди лежить на осі обертання і, як правило, на торцевій поверхні.

**A** - точка упору, може збігатися з нульовою точкою деталі (тільки токарні верстати);

**B** - стартова точка. Визначається програмою. Тут перший інструмент починає обробку.

**R** - референтна точка. Певна кулачками і вимірювальною системою позиція. Відстань до нульової точки верстата **M** має бути відомою, щоб позиція осі в цьому місці могла бути встановлена точно на це значення. Підведення до референтної точці **R** здійснюється для обнулення вимірювальної системи, так як підведення до нульової точки верстата в більшості випадків неможливе. Таким чином, СЧПК знаходить свою вихідну точку в системі вимірювання переміщення.

## 2.4 Системи координат

Відрізняються такі системи координат:

- система координат верстата (MCS) з нульовою точкою верстата **M**;
  - базова кінематична система (BKS);
  - базова система нульової точки (BNS);
  - система нульової точки, що настроюється (ENS);
  - система координат деталі (WCS) з нульовою точкою деталі **W**.
- Обертання навколо вісей координат **X**, **Y** і **Z** позначаються за допомогою **A**, **B** і **C**. Напрямок обертання є позитивним тоді, коли обертання виконується за годинниковою стрілкою, якщо дивитися в позитивному напрямку осі координат.



### 3 Структура і зміст програми ЧПК

Кадри ЧПК можуть бути позначені на початку кадру номерами кадрів. Вони складаються з символу "N" і позитивного цілого числа, наприклад: N10. Послідовність номерів кадрів може бути будь-який, але рекомендується зростаюча послідовність номерів кадрів. Номери кадрів всередині однієї програми повинні бути однозначними, щоб отримати однозначний результат при пошуку. Кадр може складатися максимум з 512 символів.

Послідовність операторів:

N... G... X... Y... Z... F... S... T... D... M... H...

Таблиця 3.1 – Адреси та їх значення у кадрі

Адреса	Значення
N	Адреса номера кадра
G	Функція переміщення
X,Y,Z	Інформація про довжину переміщення
F	Подача
S	Число обертів
T	Інструмент
D	Номер корекції інструменту
M	Додаткова функція
H	Допоміжна функція

Деякі адреси можуть використовуватися кілька разів в одному кадрі, наприклад:

G..., M..., H....

#### Коментарі.

Для того, щоб зробити програму ЧПК більш зрозумілою, кадри ЧПК можуть бути забезпечені коментарями. Коментар варто в кінці кадру і відокремлюється від програмної частини кадру ЧПК крапкою з комою (",").

**Пропущені кадри.**

Кадри, які повинні бути пропущені, позначаються символом "/" (коса риска) перед номером кадру. Можуть пропускатися і кілька послідовних кадрів. Оператори в пропущених кадрах не виконуються, програма триває на відповідному наступному, не пропущеному кадрі.

**Кінець програми.**

Останній кадр в послідовності операцій містить спеціальне слово для кінця програми:

M2 - закінчення головної програми з поверненням до початку програми;

M17-кінець підпрограми;

M30-кінець програми, як M2.

### 3.1 Створення програми ЧПК

Базовий принцип:

- визначення нульової точки деталі;
- нанесення системи координат;
- обчислення можливо відсутніх координат.

#### «Шапка» програми

Кадри ЧПК, що стоять перед кадрами руху для виготовлення контуру деталі, позначаються як "шапка" програми.

"Шапка" програми містить інформацію / оператори щодо:

- зміни інструменту;
- корекція інструменту;
- рух шпинделя;
- регулювання подачі;

- геометричних установок (зміщення нульової точки, вибір робочої площини).

```
T1 M6
MSG("МОЯ ПРОГРАММА")
FGROUP(X,Y,Z)
G0 G90 G17 G54 X10 Y10 S800 M3
Z10
G1 G60 Z-5 F500 M8
Y20 F800
X20
Y10
G0 Z150 M9
M5
M30
```

Рисунок 3.1 – Приклад програми ЧПК

#### 4 Управління подачею та рух шпинделя

##### 4.1 *Рух шпинделя*

S...- число обертів шпинделя об/хв. для майстер-шпинделя;

Sn...- число обертів шпинделя об/хв. для шпинделя n;

M3 - напрямок обертання шпинделя вправо для майстер-шпинделя;

M4 - напрямок обертання шпинделя вліво для майстер-шпинделя;

M5 – зупинка шпинделя для майстер-шпинделя;

LIMS= - задається максимальне обмеження числа обертів для  
(значення) майстер-шпинделя.

##### 4.2 *Характеристики переміщення*

G0 - лінійна інтерполяція з прискореним ходом;

G1 - лінійна інтерполяція з подачею F;

G4 - час очікування (діє в одному кадрі);

Приклад:                    G4F3                    G4S4  
     (3 секунди)                    (кількість обертів шпинделя);

G94 - лінійна подача F в мм/хв. або дюйм/хв;

G95 - окружна подача в мм/об;

G96 - постійна швидкість різання включена.

Залежно від відповідного діаметру деталі, число обертів шпинделя змінюється таким чином, що швидкість різання залишається постійною на різці (м/хв.). Завдяки цьому досягаються рівномірні поверхні після обточування і тим самим краща якість поверхонь і захист інструменту.

G97 - відключає постійну швидкість різання.

## 5 Мовні елементи програмування

### 5.1 Абсолютна / відносна вказівка розмірів

#### 5.1.1 Введення абсолютного розміру (G90, X = AC)

За допомогою команди G90 або покадровим зазначенням AC визначається систематика опису для підведення окремих осей до заданих позицій в абсолютному розмірі.

Програмується, куди повинен рухатися інструмент.

Програмування:

G90

або

$X = AC \dots Y = AC \dots Z = AC \dots$

G90    Абсолютна вказівка базового розміру

XYZ    Осьові позначення вісей, що переміщуються

= AC    Введення абсолютного розміру, діє покадрово

Команда G90 діє модально. G90 завжди діє для всіх вісей, які програмуються в наступних кадрах ЧПК.

### 5.1.2 Введення складеного розміру (G91, X = IC)

За допомогою команди G91 або покадровим зазначенням IC визначається систематика опису для підведення окремих осей до заданих позицій в складеному розмірі. Програмується, на скільки повинен переміститися інструмент.

Програмування:

G91

або

X = IC (...) Y = IC (...) Z = IC (...)

G91 Відносне введення складеного розміру

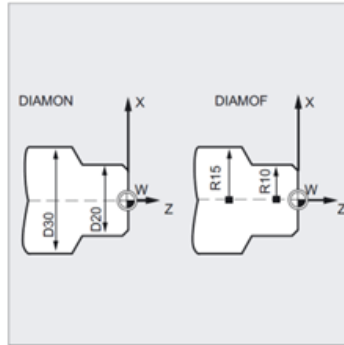
XYZ Осьові позначення вісей, що переміщуються

= IC Вказівка складеного розміру (інкрементальне), діє покадрово

## 5.2 Спеціальні токарні функції

### 5.2.1 Дані розмірів для радіуса, діаметра (DIAMON, DIAMOF, DIAM90)

При токарній обробці розміри для поперечної осі можуть бути вказані в діаметрі або в радіусі. Для того, щоб можна було передати ці вказівки розмірів безпосередньо без перерахунку з технічного креслення в програму ЧПК, через діючі модально команди DIAMON, DIAM90 і DIAMOF включається специфічне для каналу програмування діаметра або радіуса.



**DIAMON.** Команда для включення незалежного специфічного для каналу програмування діаметра. Дія DIAMON не залежить від запрограмованого типу переміщення (вказівка абсолютних розмірів G90 або вказівка складових розмірів G91):

G90 вказівка розмірів в діаметрі;

G91 вказівка розмірів в діаметрі.

**DIAM90.** Команда для включення залежного специфічного для каналу програмування діаметра. Дія DIAM90 залежить від запрограмованого типу переміщення:

G90 вказівка розмірів в діаметрі;

G91 вказівка розмірів в радіусі.

**DIAMOF.** Команда для виключення специфічного для каналу програмування діаметра. При відключенні програмування діаметра активується програмування радіусу.

## 6 Програмування команд переміщення

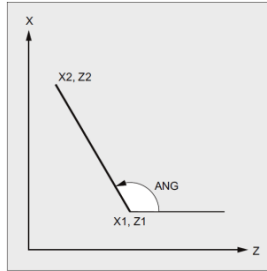
### 6.1 Лінії контуру

#### Пряма (ANG)

Кінцева точка прямої визначається такими даними:

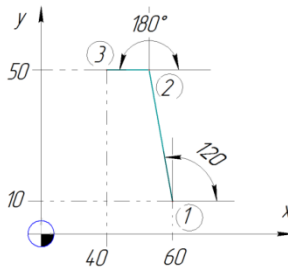
- кут ANG;

- одна декартова координата кінцевої точки (X2 або Z2).



ANG - кут прямої;  
 X1, Z1 - початкові координати;  
 X2, Z2 - координати кінцевої точки прямої.

Точка перетину двох прямих може бути виконана як кут, закруглення або як фаска. Кінцева точка першої з двох прямих може бути запрограмована через програмування координат або через вказівку кута.



N10 G1 X60 Y10 F100  
 N20 ANG=120  
 N30 ANG=180 X40 Y50

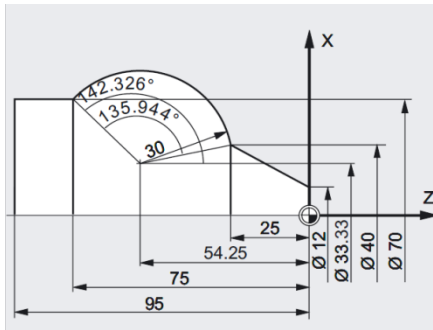
## 6.2 Типи кругової інтерполяції (G2/G3, ...)





- G3 - кругова інтерполяція проти годинникової стрілки;  
 X Y Z - кінцева точка в декартових координатах;  
 I J K - центр кола в декартових координатах в напрямку X, Y, Z;  
 CR = радіус кола;  
 AR = апертурний кут;  
 AP = кінцева точка в полярних координатах, тут полярний кут;  
 RP = кінцева точка в полярних координатах, тут полярний радіус  
 відповідає радіусу кола

Приклад токарного оброблення:



№120 G0X12Z0

№125G1X40Z-25F0.2

№130G3X70Z-75I-6.67K-29.25 – кінцева точка кола, центр в складеному розмірі;

або

№130G3X70Z-75I=AC(33.33)K=AC(-54.25) - кінцева точка кола, центр в абсолютному розмірі;

або

№130G3X70Z-75CR=30 - кінцева точка кола, радіус кола;

або

№130G3X70Z-75AR=135.944 - апертурний кут, кінцева точка кола;

або

№130G3I=6.67K-29.95AR=135.944 - апертурний кут, центр в складеному розмірі;

або

№130G3I=AC(33.33)K=AC(-54.25)AR=135.944 - апертурний кут, центр в абсолютному розмірі;

або

№130G111X33.33Z-54.25;

№135G3RP=30AP=142.326; полярні координати.

### 6.3 Фаска, закруглення (*CHF, CHR, RND, RNDM, FRC, FRCM*)

У кут контуру можуть бути вставлені наступні елементи:

- фаска або
- закруглення.

Якщо необхідно послідовне однакове закруглення декількох кутів контуру, то це досягається за допомогою RNDM "Модальне закруглення". За допомогою цієї адреси після кожного кадру руху між лінійними і круговими контурами може бути вставлено закруглення. Наприклад, для обрізки гострих країв деталі. Подача для фаски / заокруглення може програмуватися за допомогою FRC (покадрово) або FRCM (модально). Якщо FRC / FRCM не запрограмовані, то діє звичайна подача по траєкторії F.

Програмування:

CHF = ...

або

CHR = ...

або

RND = ...

або

RNDM = ...

або

FRC = ...

або

FRCM = ...

CHF = ...

Зняття фасок кута контуру

значення = довжина фаски

CHR = ...

Зняття фасок кута контуру

Програмування фаски в первісному напрямку руху

Значення = ширина фаски в напрямку руху

RND = ...

Закруглення кута контуру

значення = радіус заокруглення

RNDM = ...

Модальне заокруглення: однакове заокруглення

декількох послідовних

кутів контуру

значення = радіус заокруглень.

З RNDM = 0 заокруглення відключається.

FRC = ...

Покадрова подача для фаски / заокруглення

Значення = подача в мм / хв (G94) або

мм / об (G95); FRC > 0

FRCM = ...

Модальна подача для фаски / заокруглення

Значення = подача в мм / хв (G94)

або мм / об (G95)

= 0: запрограмована в F подача для

фаски / заокруглення активна.

Для оптимізації якості поверхні для елементів контуру "фаска / заокруглення" може бути запрограмована власна подача. При цьому FRC діє покадрово, а FRCM - модально.

*Приклад фаски, CHF/CHR.*

Для перелому кромки між лінійними і круговими контурами в будь-якій комбінації вставляється інша лінійна частина, фаска. Є дві можливості:

N30 G1 X... Z... F... CHF=2(cos α 2)

N40 G1 X... Z...

N30 G1 X... Z... F... CHR=2

N40 G1 X... Z...

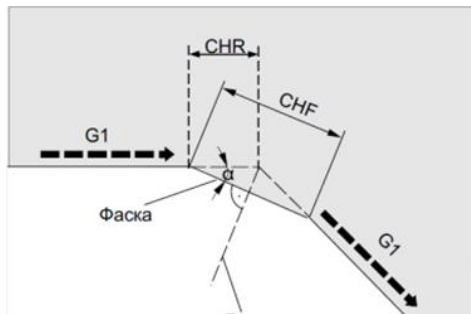


Рисунок 6.1 - Приклад фаски, CHF/CHR

Фаска вставляється після кадру, в якому вона запрограмована.

*Приклад закруглення, RND.*

Між лінійними і круговими контурами в будь-якій комбінації за допомогою тангенціального примикання може бути вставлений елемент кругового контуру.

N30 G1 X... Z... F... RND=2

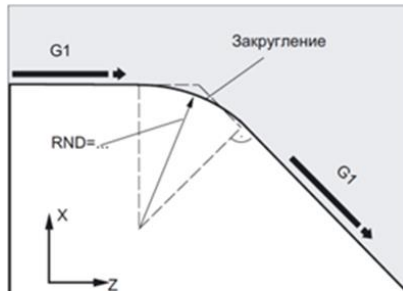


Рисунок 6.2 - Закруглення між двома прямими

При цьому закруглення завжди знаходиться в площині, включеної за допомогою G17 до G19.

N30 G1 X... Z... F... RND=2

N40 G3 X... Z... I... K...

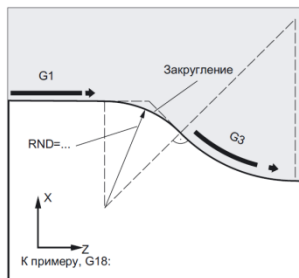


Рисунок 6.2 - Закруглення між прямою і колом

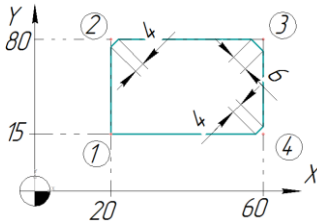
*Приклад модального закруглення, RNDM.*

Зняття гострих кромки деталі:

N30 G1 X ... Z ... F ... RNDM = 2; модальне закруглення 2мм

N40 ...

N120 RNDM = 0; відключити модальне заокруглення.

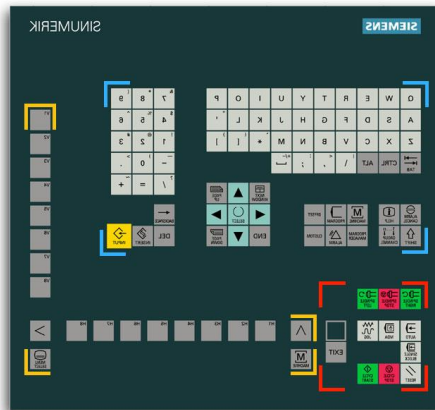


```

N10 G01 X20 Y15 F100
N20 G01 Y80 CHF=4
N30 G01 X60 CHF=6
N40 G01 Y15 CHF=4
7 Панель оператора
  
```

### Опис і призначення кнопок панелей стійки.

На зображеній навчальній клавіатурі є всі клавіші плоскої панелі оператора і повної клавіатури ЧПК, а також найважливіші клавіші верстатного пульта, які використовуються і на РС. Звернення до всіх необхідних для роботи з SinuTrain функцій можливо і безпосередньо або через комбінації клавіш звичайної клавіатури РС.



## Клавiші панелі оператора



- **Кнопка області верстата.**

Прямий перехід в область управління «Верстат».



За допомогою клавiші <**Перемикання області**> відкривається головне меню з областями управління.



Індикація символу 'i' в діалогової рядку вказує на те, що за допомогою цієї інформаційної клавiші можна викликати допоміжні пояснення до актуального стану.



Якщо на дисплеї відкрито кілька вікон, то активним, що видно за кольором рамки вікна, є тільки одне з них. За допомогою цієї клавiші можна перемикатися між вікнами.



За допомогою клавiш <**Page Up**> і <**Page Down**> переміщається повзунок прокрутки вікна. Таким чином, можлива, наприклад, "прокрутка" довгих програм обробки деталі.



Ця клавіша переміщує курсор на кінець рядка.



За допомогою чотирьох <клавіш-стрілок> можна переміщати курсор.

За допомогою <клавіші вибору "або" клавіші-перемикача> здійснюється активація або деактивація поля або вибір між різними можливостями в полях введення.



За допомогою клавіші <Delete> здійснюється видалення виділеного символу в редакторі або значення поля введення.



За допомогою <Клавіші стирання> (<Backspace>) видаляється символ зліва від курсора.



За допомогою клавіші <Recall> закривається вікно і здійснюється повернення в верхнє меню. Ця функція доступна тоді, коли символ клавіші видно над першою горизонтальною програмною клавішею.

Кнопка <Далі> розширює горизонтальну панель програмних клавіш.





Клавiша **Shift**. Перемикання клавiш з подвійним значенням.  
Перемикання каналу.

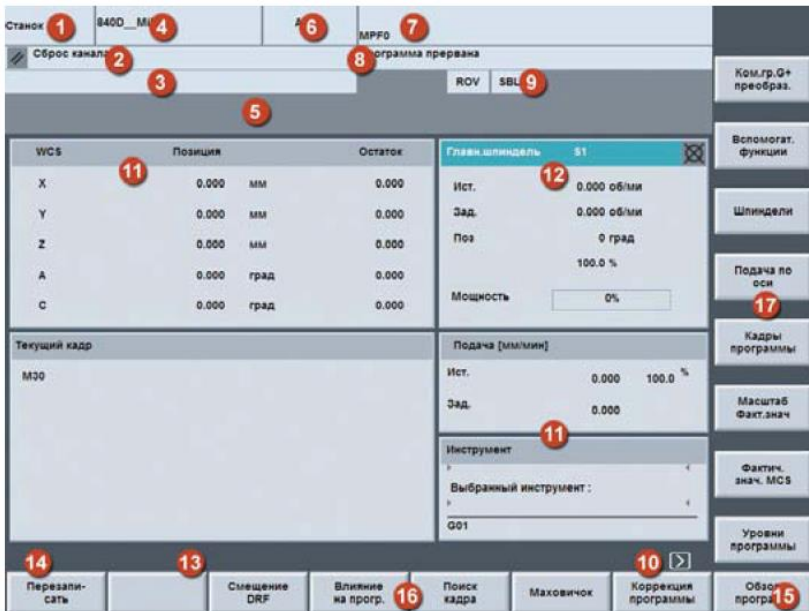


Процентвка подачі / прискороного ходу (перемикач корекції подачі). Діапазон регулювання: 0% до 120% програмованої подачі. При прискороеному ході значення 100% не перевищується. установки: 0%, 1%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90% , 95%, 100%, 105%, 110%, 115%, 120%.



Процентвка шпинделя (перемикач корекції числа обертів шпинделя). Поворотний перемикач з фіксацією дозволяє зменшувати або збільшувати запрограмоване число обертів шпинделя. Діапазон регулювання: 50% до 120% запрограмованого числа обертів шпинделя. Розмір кроку: 5% від позиції фіксації до позиції фіксації.

## Структура дисплея



1. Тут показується актуальна область управління (верстат, параметри ...).
2. Стан каналу (Reset, перерваний, активний).
3. Робочі повідомлення каналу (наприклад, "Зупинка: активно аварійне відключення" або "Очікувати: активний час очікування").
4. Назва каналу (в SinuTrain в цьому місці варто обрана технологія, наприклад, "SinuTrain\_Mill").
5. У цій області показуються помилки і повідомлення разом з номером, за яким в документації можна отримати додаткові пояснення.
6. Режим роботи (AUTO, MDA, JOG) в галузі управління "Верстат".

7. Шлях і ім'я обраної програми.
8. Стан програми (перервана, виконується, зупинена).
9. Індикація стану каналу (наприклад, ROV: корекція для подачі діє і на подачу прискореного ходу, SBL1: окремий кадр з зупинкою після кожного кадру функцій верстата).
11. В центральній області дисплея знаходяться в залежності від галузі управління робочі вікна (наприклад, редактор програм) і / або, як тут, індикації ЧПК (позиція, подача, ...).
12. Активним є тільки одне робоче вікно. Воно виділено кольором. У цьому вікні можливе введення.
16. Горизонтальні програмні клавіші: Тут знаходяться галузі управління або головні функції.
17. Вертикальні програмні клавіші: Тут знаходяться підміню і функції.

## 8 Цикли

### 8.1 Огляд циклів

Цикли це технологічні підпрограми, за допомогою яких може бути здійснена стандартна реалізація певного процесу обробки, наприклад, нарізування внутрішньої різі або фрезерування кишені. Узгодження циклів з конкретними ситуаціями здійснюється за допомогою параметрів.

В системі ЧПК пропонуються різні стандартні цикли для технологій:

- свердління;
- фрезерування;
- токарна обробка.

### **Цикли свердління, цикли формування отворів, фрезерувальні цикли та токарні цикли**

#### *Цикли свердління:*

- |          |   |
|----------|---|
| CYCLE81  | свердління, центрування;                                |
| CYCLE82  | свердління, зенкування;                                 |
| CYCLE83  | глибоке свердління;                                     |
| CYCLE84  | нарізування внутрішньої різі без компенсуючого патрона; |
| CYCLE840 | нарізування внутрішньої різі з компенсуючим патроном;   |
| CYCLE85  | висвердлювання 1;                                       |
| CYCLE86  | висвердлювання 2;                                       |
| CYCLE87  | висвердлювання 3;                                       |
| CYCLE88  | висвердлювання 4;                                       |
| CYCLE89  | висвердлювання 5.                                       |

#### *Цикли формування отворів:*

- |        |                       |
|--------|-----------------------|
| HOLES1 | обробка ряду отворів; |
| HOLES2 | обробка кола отворів; |

CYCLE801 матриця отворів.

*Фрезерувальні цикли:*

CYCLE90 різьофрезерування;  
 LONGHOLE характер фрезерованої поверхні: поздовжні пази на колі;  
 SLOT1 характер фрезерованої поверхні: пази на колі;  
 SLOT2 характер фрезерованої поверхні: кільцеві канавки;  
 POCKET1 фрезерування прямокутної кишені (торцевою фрезею);  
 POCKET2 фрезерування кругової кишені (торцевою фрезею);  
 POCKET3 фрезерування прямокутної кишені (будь-якою фрезею);  
 POCKET4 фрезерування кругової кишені (будь-якою фрезею);  
 CYCLE71 плоске фрезерування;  
 CYCLE72 фрезерування контуру;  
 CYCLE76 фрезерування прямокутної цапфи;  
 CYCLE77 фрезерування кругової цапфи;  
 CYCLE73 фрезерування кишень з острівцями;  
 CYCLE74 передача контуру кромки кишені;  
 CYCLE75 передача контуру острівця;  
 CYCLE800 поворот;  
 CYCLE832 High Speed Settings;  
 CYCLE60 цикл гравіювання.

*Токарні цикли:*

CYCLE93 виточення;  
 CYCLE94 канавка (форма E і F);  
 CYCLE95 обробка різанням з поднутреніями;  
 CYCLE96 різьова канавка (форми A, B, C і D);  
 CYCLE97 різьонарізання;  
 CYCLE98 ланцюжки різь;

CYCLE950 розширена обробка різанням.

## 8.2 Програмування циклів

Стандартний цикл визначається як підпрограма з ім'ям і списком параметрів.

### 8.2.1 Умови виклику і повернення

Активні перед викликом циклу G-функції і програмований фрейм зберігаються і після циклу. Площина обробки (G17, G18, G19) визначається перед викликом циклу. Цикл працює в актуальній площині з:

- абсцисою (1-а геометрична вісь);
- ординатою (2-а геометрична вісь);
- аплікатою (3-я геометрична вісь для площині в просторі).

У циклах свердління отвір виконується в осі, що стоїть вертикально на площині (3-я геометрична площина). При фрезеруванні в цій осі здійснюється подача на глибину.

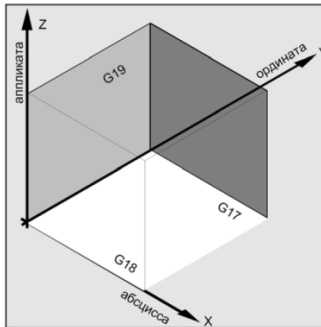


Рисунок 8.1 – Актуальні площини

### 8.2.2 Повідомлення при виконанні циклу

Для деяких циклів при виконанні на дисплей СЧПК виводяться повідомлення, що дають вказівки станом обробки. Ці повідомлення не переривають обробки програми і залишаються до тих пір, або поки не з'явиться нове повідомлення або поки цикл не скінчиться. Тексти повідомлень і їх значення описуються в відповідному циклі.

### 8.2.3 Виклик циклу і список параметрів

Стандартні цикли працюють з певними призначеними для користувача змінними. Параметри, необхідні для циклів можуть передаватися через список параметрів при виклику циклу. Для виклику циклу завжди потрібен окремий кадр. Керівництво по параметрування визначає переліки параметрів для кожного циклу за допомогою:

- послідовності і
- типу.

Послідовність параметрів завжди повинна дотримуватися.

Кожен параметр забезпечення для циклу має певний тип даних. При виклику циклу враховувати ці типи для використовуваних в даний момент параметрів. У списку параметрів можуть передаватися

- змінні значення або
- постійні.

Якщо в списку параметрів передаються змінні, то вони спочатку повинні бути визначені в зухвалій програмі і їм повинні бути присвоєні значення. При цьому цикли можуть викликатися

- з неповним списком параметрів або
- з пропуском параметрів.

Різні можливості запису виклику циклу в подальшому пояснюються на прикладі циклу CYCLE 100, для якого потрібні наступні вступні параметри:

**FORM** визначення оброблюваної форми, значення: E і F;

**MID**                   глибина подачі (введення без знака);  
**FFR**                   подача;  
**VARI**                 режим обробки, значення: 0, 1 або 2;  
**FAL**                   чистовий припуск.

Цикл викликається через команду **CYCLE100 (FORM, MID, FFR, VARI, FAL)**.

Замість окремих параметрів можна безпосередньо задавати конкретні значення, з якими повинен виконуватися цикл.

Приклад:

**CYCLE100 ("E", 5, 0.1, 1, 0)**                   виклик циклу.

Параметри можуть передаватися як R-змінні, які повинні бути визначені і отримати значення перед викликом циклу.

Якщо параметр не потрібно для циклу або він повинен мати значення нуль, то можна пропустити його в списку параметрів. На цьому місці записується кома "...,, ...", щоб забезпечити правильне узгодження наступних параметрів або список параметрів завершується достроково з ")".

Приклад:

**CYCLE100 ("F", 3, 0.3, , 1)** - виклик циклу, 4-ий параметр пропущено (тобто значення нуль);

**CYCLE100 ("F", 3, 0.3)** - виклик циклу, останнім двом параметрам присвоєно значення нуль.

### 8.3 Цикли свердління і схеми свердління

Цикли свердління можуть діяти модально, тобто вони виконуються в кінці кожного кадру, що містить команди руху. Інші створені користувачем цикли також можуть викликатися модально. Існує два типи параметрів:



геометричні параметри;  
параметри обробки.

Геометричні параметри ідентичні для всіх циклів свердління, циклів формування отворів і фрезерувальних циклів.

Вони визначають базову площину і площину відводу, безпечну відстань, а також абсолютну або відносну кінцеву глибину свердління. Геометричні параметри описуються один раз при першому циклі свердління CYCLE 81. Параметри обробки мають різне значення і дію для окремих циклів. Тому вони описуються окремо при кожному циклі.

### *Умови виклику і повернення*

Цикли свердління запрограмовані незалежно від конкретних імен осей. Підведення до позиції свердління перед викликом циклу у вищій програмі. Відповідні значення для подачі, числа обертів шпинделя і напрямку обертання шпинделя програмуються в програмі обробки деталей, якщо для цього немає відповідних параметрів забезпечення в циклі свердління. Активні перед викликом циклу G-функції зберігаються після завершення циклу.

#### **8.3.1 Свердління, центрування CYCLE 81**

Інструмент здійснює свердління із запрограмованим числом обертів шпинделя і швидкістю подачі до заданої кінцевої глибини свердління.

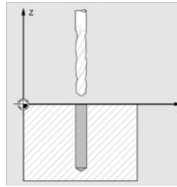


Рисунок 8.2 - CYCLE 81

Програмування:

**CYCLE 81 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR)**

Параметри:

**RTP** площина відведення (абсолютна);

**RFP** базова площина (абсолютна);

**SDIS** безпечна відстань (вводиться без знака);

**DP** кінцева глибина свердління (абсолютна);

**DPR** глибина щодо базової площини (введення без знака).

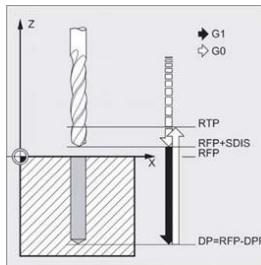


Рисунок 8.3 - Пояснення параметрів

Як правило, базова площина (**RFP**) і площина відводу (**RTP**) мають різні значення. Цикл має на увазі, що площина відводу лежить перед базовою площиною. Таким чином, відстань від площини відведення до кінцевої глибини свердління більше відстані від базової площини до кінцевої глибини свердління.

При ідентичних значеннях для базової площини і площини відведення відносна вказівка глибини не допускається. **SDIS** - (безпечна відстань). Безпечна відстань (**SDIS**) діє відносно базової площини. Вона висувається на безпечну відстань. Напрямок дії безпечної відстані автоматично визначається циклом.

**DP** і **DPR** - (кінцева глибина свердління). Кінцева глибина свердління може задаватися на вибір абсолютно (**DP**) або (**DPR**) щодо базової площини. При відносній задачі цикл автоматично обчислює одержувану глибину на основі положення базової площини і площини відведення.

### 8.3.2 Свердління, зенкування – CYCLE 82

Інструмент здійснює свердління із запрограмованим числом обертів шпинделя і швидкістю подачі до заданої кінцевої глибини свердління. Після досягнення кінцевої глибини свердління може починати діяти час очікування.

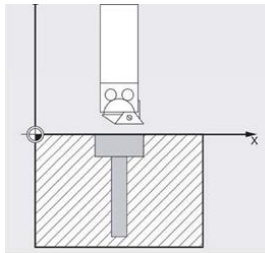


Рисунок 8.4 - CYCLE 82

Програмування:

**CYCLE 82 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB)**

Параметри:

**RTP** площина відведення (абсолютна);

**RFP** базова площина (абсолютна);

**SDIS** безпечна відстань (вводиться без знака);

**DP** кінцева глибина свердління (абсолютна);

**DPR** глибина щодо базової площини (введення без знака);

**DTB** час очікування на кінцевій глибині свердління.

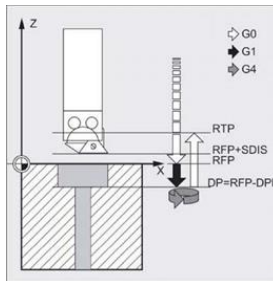


Рисунок 8.5 - Пояснення параметрів

**DTB** (час очікування). У **DTB** програмується час очікування на кінцевій глибині свердління (ломка стружки) в секундах.

Досягнута позиція перед початком циклу:

Цикл створює наступний процес руху:

підведення до виступаючої на безпечну відстань базової площини з **G0**;

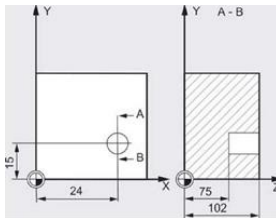
рух до кінцевої глибини свердління з подачею, запрограмованої в зухвалій програмі (**G1**);

виконання часу очікування на кінцевій глибині свердління;

відведення на площину відводу з **G0**.

*Приклад свердління / зенкування*

Програма виконує на позиції X24Y15 в площині ХУ одноразове свердління глибини 27 мм з використанням циклу CYCLE 82. Час очікування становить 2 сек, безпечну відстань в осі свердління Z 4 мм



N10 G0 G90 F200 S300 M3      визначення      технологічних значень;  
 N20 D1 T3 Z110      підведення до площини відведення;  
 N21 M6  
 N30 X24 Y15      підведення до позиції свердління;  
 N40 CYCLE82 (110, 102, 4, 75,, 2)      виклик      циклу      з абсолютною глибиною свердління і безпечною відстанню:  
 N50 M30      кінець програми.

### 8.3.3 Глибоке свердління – CYCLE 83

Інструмент здійснює свердління із запрограмованим числом обертів шпинделя і швидкістю подачі до заданої кінцевої глибини свердління. При цьому глибоке свердління здійснюється за допомогою багаторазової покрокової подачі на глибину, максимальне значення якої може задаватися до досягнення кінцевої глибини свердління. За вибором можливе відведення свердла після кожної глибини подачі для видалення

стружки на базову площину + безпечну відстань, або, для ломки стружки, на запрограмований хід відведення.

Програмування:

**CYCLE 83 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, FDEP, FDPR, DAM, DTB, DTS, FRF, VARI, \_AXN, \_MDEP, \_VRT, \_DTD, \_DIS1)**

Параметри:

**RTP** площа відведення (абсолютна);

**RFP** базова площа (абсолютна);

**SDIS** безпечна відстань (вводиться без знака);

**DP** кінцева глибина свердління (абсолютна);

**DPR** глибина щодо базової площини (введення без знака);

**FDEP** перша глибина свердління (абсолютна);

**FDPR** перша глибина свердління щодо базової площини (вводиться без знака);

**DAM** депресія (введення без знака); значення:**> 0**: депресія як величина **<0**: коефіцієнт депресії = **0**: немає депресії;

**DTB** час очікування на глибині свердління (ломка стружки); значення:**> 0**: в секундах **<0**: в оборотах;

**DTS** час очікування в початковій точці і для видалення стружки; значення:**> 0**: в секундах **<0**: в оборотах;

**FRF** коефіцієнт подачі для першої глибини свердління (вводиться без знака);

**VARI** режим обробки; значення:**0**: ломка стружки **1**: видалення стружки;

**\_AXN** ось інструменту; значення:**1**: 1-а геометрична вісь **2**: 2-а геометрична вісь інакше 3-я геометрична вісь;

**\_MDEP** мін. глибина свердління (тільки в комбінації з коефіцієнтом депресії);

**\_VRT** змінне значення відведення при ламанні стружки (**VARI** = 0) значення:**> 0**: це значення відведення;**= 0**: встановлено значення відведення 1 мм.

**\_DTD** час очікування на кінцевій глибині свердління.  
Значення: > **0**: в секундах <**0**: в оборотах = **0**: значення як **DTB**;  
**\_DIS1** програмований попереджуючий зазор при повторному вході в отвір (при видаленні стружки **VARI** = 1). значення: > **0**: діє запрограмоване значення = **0**: автоматичне обчислення.

*Глибоке свердління з видаленням стружки (VARI = 1):*

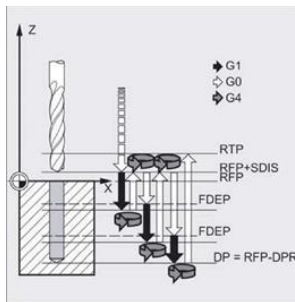


Рисунок 8.6 - Пояснення параметрів

підведення до виступаючої на безпечну відстань базової площини з **G0**;

рух до першої глибини свердління з **G1**, при цьому подача виходить з запрограмованої при виклику циклу подачі, обчисленої з параметром **FRF** (коефіцієнт подачі);

виконання часу очікування на кінцевій глибині свердління (параметр **DTB**);

відведення на виступаючу на безпечну відстань базову площину з **G0** для видалення стружки;

виконання часу очікування в початковій точці (параметр **DTS**);

підведення до останньої досягнутої глибини свердління, зменшеної на обчислений всередині циклу або програмований попереджуючий зазор, з **G0**;

рух до наступної глибини свердління з **G1** (процес руху триває до досягнення кінцевої глибини свердління);

відведення на площину відводу з **G0**.

*Глибоке свердління з ламкою стружки ( $VARI = 0$ ):*

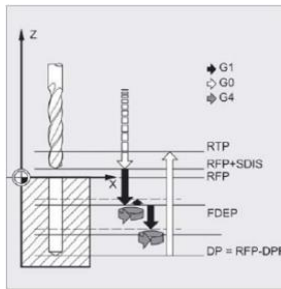


Рисунок 8.7 - Пояснення параметрів

підведення до виступаючої на безпечну відстань базової площини з **G0**;

рух до першої глибини свердління з **G1**, при цьому подача виходить з запрограмованої при першому виклику циклу подачі, обчисленої з параметром **FRF** (коефіцієнт подачі);

виконання часу очікування на кінцевій глибині свердління (параметр **DTB**);

змінне відведення (параметр **\_VRT**) від актуальної глибини свердління з **G1** і запрограмованої в зухвалій програмі подачею (для ломки стружки);

рух до наступної глибини свердління з **G1** і запрограмованої подачею (процес руху триває до досягнення кінцевої глибини свердління);

відведення на площину відводу з **G0**.



Пояснення параметрів:

**FDEP** і **FDPR** (перша глибина свердління абсолютна або відносна.)

Перша глибина свердління програмується за вибором через один з цих двох параметрів. Параметр **FDPR** діє в циклі як параметр **DPR**. При ідентичних значеннях для базової площини і площини відведення можливе відносне завдання першої глибини свердління.

**DAM** (дегресія). У разі глибоких отворів, свердління яких здійснюється в кілька етапів, має сенс працювати зі значеннями, які зменшуються для окремих ходів свердління (дегресія). Тим самим можна відводити стружку і не виникають поломки інструменту. Для цього в параметрі можна запрограмувати або інкрементальне значення дегресії, на яке поетапно зменшується перша глибина свердління, або значення в %, яке діє як коефіцієнт дегресії.

**DAM = 0** немає дегресії;

**DAM > 0** дегресія як значення.

**DTB** (час очікування).

У **DTB** програмується час очікування на кінцевій глибині свердління (ломка стружки) в секундах або оборотах головного шпинделя.

**DTS** (час очікування).

Час очікування в початковій точці виконується тільки при **VARI = 1** (видалення стружки).

**FRF** (коефіцієнт подачі). Через цей параметр можна вказати зменшуваний коефіцієнт для активної подачі, який враховується циклом тільки при руху до першої глибини свердління. Якщо **FRF** запрограмований занадто великим, то помилка не виникає. Коефіцієнт обмежується всередині циклу до 1.

**VARI** (режим обробки). Якщо встановлено параметр **VARI = 0**, то свердло після досягнення кожної глибини свердління рухається вільним ходом для ломки стружки на

запрограмований шлях відведення. При **VARI = 1** (для видалення стружки) свердло рухається відповідно на виступаючу на безпечну відстань базову площину.

**MDEP** (мінімальна глибина свердління).

При обчисленнях ходу свердління через коефіцієнт дегресії може бути визначена мінімальна глибина свердління.

### 8.3.4 Модальний виклик циклів свердління

Програмування ЧПК дозволяє викликати підпрограми і цикли модально, тобто з самозбереженням. Ця функція має значення особливо для циклів свердління. Модальний виклик підпрограми створюється через кодове слово **MCALL** (модальний виклик підпрограми) перед ім'ям підпрограми. За допомогою цієї функції підпрограми автоматично викликається і виконується після кожного кадру з рухом по траєкторії.

Вимкнення функції здійснюється за допомогою програмування **MCALL** без подальшого імені підпрограми або через новий модальний виклик іншої підпрограми. Вкладення модальних викликів не допускається, тобто підпрограми, які самі викликаються модально, не можуть містити всередині іншої модальний виклик підпрограми. Кількість модально викликаних циклів свердління може бути будь-яким і не обмежується певним числом зарезервованих для цього G-функцій.

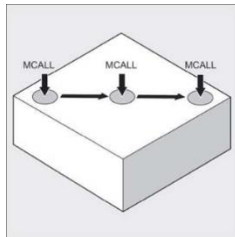


Рисунок 8.8 - Модальний виклик підпрограми

Програмування:

MCALL

Приклад з циклом свердління CYCLE81:

MCALL CYCLE81 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR)

#### 8.4 Цикли формування отворів

Цикли формування отворів описують тільки геометрію розташування отворів в площині. Зв'язок з циклом свердління створюється через модальний виклик цього циклу свердління перед програмуванням циклу формування отворів.

##### 8.4.1 Ряд отворів HOLES1

За допомогою цього циклу можна виготовити ряд отворів, тобто певну кількість отворів, що лежать на одній прямій. Тип отвору визначається через обраний до цього модально цикл свердління.

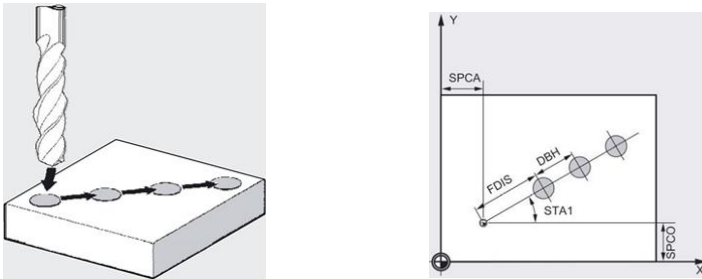


Рисунок 8.9 - Пояснення параметрів

Програмування:

HOLES1 (SPCA, SPCO, STA1, FDIS, DBH, NUM)

Параметри:

**SPCA** абсциса вихідної точки на прямій (абсолютно);

**SPCO** ордината цієї вихідної точки (абсолютно);

**STA1** кут до абсциси (діапазон  $-180 < STA1 < 180$  градусів);

**FDIS** відстань від першого отвору до вихідної точки (введення без знака);

**DBH** відстань між отворами (вводиться без знака);

**NUM** кількість отворів.

Всередині циклу, щоб уникнути непотрібних холостих ходів, на основі фактичної позиції вісей площини і геометрії ряду отворів, визначається, чи почнеться обробка ряду отворів з останнього або з першого отвори. Після цього здійснюється підведення прискореним ходом до позицій свердління.

Пояснення параметрів:

**SPCA** і **SPCO** (вихідна точка абсциси і ординати). Задається точка на прямій ряду отворів, яка розглядається в якості вихідної точки для визначення інтервалів між отворами. Від цієї точки вказується відстань до першого отвору **FDIS**.

**STA1** (кут). Пряма може приймати будь-яке положення в площині. Воно встановлюється, поряд з певною через **SPCA** і **SPCO** точкою, через кут, який утворює пряма з абсцисою актуальною при виклику системи координат деталі. Кут вводиться в **STA1** в градусах.

**FDIS** і **DBH** (відстань). У **FDIS** задається відстань від першого отвору до певної в **SPCA** і **SPCO** вихідної точки. Параметр **DBH** містить відстань між двома відповідними отворами.

**NUM** (кількість). За допомогою параметра **NUM** визначається кількість отворів.

#### 8.4.2 Ряд отворів HOLES2

За допомогою цього циклу може оброблятися окружність отворів. Площина обробки визначається перед викликом циклу. Тип отвору визначається через обраний до цього модально цикл свердління.

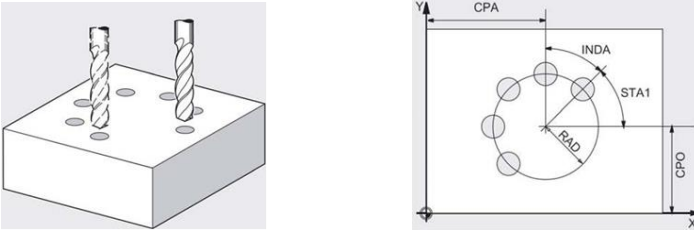


Рисунок 8.10 - Пояснення параметрів

Програмування:

HOLES2 (CPA, CPO, RAD, STA1, INDA, NUM)

Параметри:

**CPA** центр кола отворів, абсциса (абсолютно);

**CPO** центр кола отворів, ордината (абсолютно);

**RAD** радіус кола отворів (вводиться без знака);

**STA1** початковий кут (діапазон значень:  $-180 < STA1 < 180$  градусів);

**INDA** кут повторного включення;

**NUM** кількість отворів.

Пояснення параметрів:

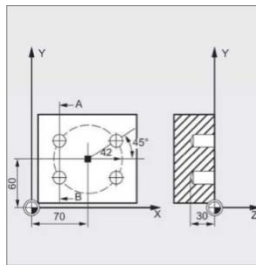
**CPA**, **CPO** і **RAD** (центр і радіус абсциси, ординати). Положення колу в площині обробки визначено через центр (параметр **CPA** і **CPO**) і радіус (параметр **RAD**). Для радіуса допускаються тільки позитивні значення.

**STA1** і **INDA** (початковий кут і кут повторного включення). Через ці параметри визначається розташування отворів на

окружності отворів. Параметр **STA1** вказує кут повороту між позитивним напрямом абсциси актуальною перед викликом циклу системи координат деталі і першим отвором. Параметр **INDA** містить кут повороту від одного отвору до наступного. Параметр **NUM** визначає кількість отворів. Якщо параметр **INDA** має значення нуль, то кут повторного включення обчислюється всередині циклу з кількості отворів, розташовуючи їх рівномірно на колі.

### *Приклад кола отворів*

За допомогою програми при використанні циклу **CYCLE82** виготовляються 4 отвори завглибшки 30 мм. Кінцева глибина свердління вказана щодо базової площини. Коло визначається через центр **X70 Y60** і радіус 42 мм в площині **XY**. Початковий кут складає 45 градусів. Безпечна відстань в осі свердління **Z** становить 2 мм.



N10 T1 D1 M6 - вибір інструменту і корекції;  
 N15 G0 G90 G54 G17 S800 M3 - визначення технологічних значень;  
 N20 G1 X50 Y45 Z2 F500;  
 N25 MCALL CYCLE82 (2,0,2,, - 30) - модальний виклик циклу свердління;  
 N30 HOLES2 (70,60,42,45,, 4) - виклик матриці отворів;

N35 MCALL - відключення модального виклику;  
 N40 M30 – кінець програми.

### 8.4.3 Матриця отворів - CYCLE801

За допомогою циклу CYCLE801 може бути виконаний зразок обробки "решітка отворів". Тип отвору визначається через обраний до цього модально цикл свердління.

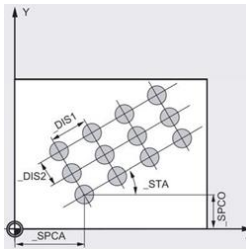


Рисунок 8.11 - Пояснення параметрів

Програмування:

```
CYCLE801 (_SPCA, _SPCO, _STA, _DIS1, _DIS2, _NUM1, _NUM2)
```

Параметри:

**\_SPCA** вихідна точка для решітки отворів в 1-ій осі,  
абсциса (абсолютна);

**\_SPCO** вихідна точка для решітки отворів у 2-ої осі,  
ордината (абсолютна);

**\_STA** кут до абсциси;

**\_DIS1** відстань між стовпчиками (без знака);

**\_DIS2** відстань між рядами (без знака);

**\_NUM1** кількість стовпців;

**\_NUM2** кількість рядів.

Цикл здійснює внутрішнє визначення послідовності отворів таким чином, щоб макс. скоротити холості ходи між

ними. Початкова позиція для обробки визначається на основі останньої досягнутої перед викликом позиції в площині.

Пояснення параметрів:

**\_SPCA** і **\_SPCO** (вихідна точка абсциси і ординати). Обидва цих параметра визначають першу точку решітки отворів. Від цієї точки вказується відстань між рядами і стовпцями.

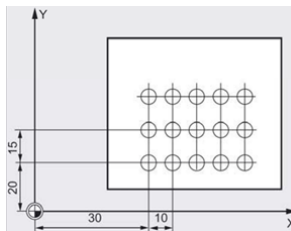
**\_STA** (кут). Решітка отворів може лежати під будь-яким кутом в площині. Він програмується в **\_STA** в градусах і відноситься до абсциси актуальною при виклику системи координат деталі.

**\_DIS1** і **\_DIS2** (відстань між стовпцями і рядами). Відстані вводяться без знака. Щоб уникнути зайвих холостих ходів через порівняння величин інтервалів матриця отворів обробляється по рядах або за стовпцями.

**\_NUM1** і **\_NUM2** (кількість). За допомогою цього параметра визначається кількість стовпців або рядів.

Приклад.

За допомогою циклу CYCLE801 обробляється матриця отворів, що складається з 15 отворів в 3 рядах і 5 шпальтах. Відповідна програма свердління викликається перед цим модально.



N10 T1 D1 M6 - вибір інструменту і корекції;

N15 G1 G90 G54 G17 F500 S4000 M3 - визначення технологічних значень;



N20 MCALL CYCLE82 (10,0,1, -22,0,0) - модальний виклик циклу свердління;  
N25 CYCLE801 (30,20,0,10,15,5,3) - виклик матриці отворів;  
N30 M30 - кінець програми.

### 9 Виклик корекції інструменту

**D** - команда активації блоку даних корекції для активного інструменту;

**D0** - команда деактивації блоку даних корекції для активного інструменту.

Корекція радіусу інструменту повинна бути включена додатково через **G41/G42**.

**G41** – команда включення корекції радіусу інструменту з напрямком обробки зліва від контуру;

**G42** - команда включення корекції радіусу інструменту з напрямком обробки справа від контуру;

**G40** - команда відключення корекції радіусу інструменту.

### Перелік джерел посилання

1. SINUMERIK 840D sl/840Di sl/840D/840Di/810D Erweiterte Programmierung Programmierhandbuch. – Freigegeben 03/2006. – 692 с.
2. SINUMERIK 840D sl/840Di sl. SINUMERIK 840D/810D. HMI-Advanced. Benutzerhandbuch. – Freigegeben 01/2006. – 472 с.
3. SINUMERIK. SINUMERIK 840D sl/840Di sl. 840D/840Di/810D Fahrräder. Programmieranleitung. – 402 с.
4. Industrial Automation Solution. – [Електронний ресурс] . – Режим доступу: <http://www.automation.Siemens.com/doconweb>
5. Motion Control from A to Z . – [Електронний ресурс] . – Режим доступу: <http://www.siemens.com/motioncontrol>