

Міністерство освіти і науки України  
Чернігівський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут механічної інженерії,  
технологій та транспорту

# Сучасні системи ЧПК

## Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни “Сучасні системи числового програмного  
керування”  
для студентів за спеціальністю  
133 “Галузеве машинобудування”

**Затверджено**  
на засіданні кафедри  
“Автомобільного  
транспорту та  
галузевого  
машинобудування”  
Протокол № 1  
від 30.08.2019 р.

**Чернігів ЧНТУ 2019**

Сучасні системи ЧПК. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Сучасні системи числового програмного керування” для студентів за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудування” усіх форм навчання / Укл.: Кальченко В.В., Пасов Г.В., Венжега В.І. – Чернігів: ЧНТУ, 2019. – 133 с.

Укладачі:

Кальченко Володимир Віталійович  
доктор технічних наук, професор  
Пасов Геннадій Володимирович  
кандидат технічних наук, доцент  
Венжега Володимир Іванович  
кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск:

Кальченко В.І., завідувач кафедри,  
доктор технічних наук, професор

Рецензент:

Следнікова О.С., кандидат технічних наук,  
доцент кафедри “Автомобільний  
транспорт та галузеве машинобудування ”  
Чернігівського національного  
технологічного університету

## Перелік прийнятих скорочень

БВІ – блок відображення символічної інформації (дисплей).  
СК – система керування  
ПК – пристрій (пульт) керування.  
ПО – пульт оператора;  
КП – керуюча програма.  
ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій.  
МС – магнітна стрічка.  
КМС – касетна магнітна стрічка;  
ПС – перфострічка.  
ФЗП – фотозчитуючий пристрій (з ПС).  
ЕПМ – електрична пишуча машинка.  
ВП – вимірювальний перетворювач (датчик).  
ЧПК – числове програмне керування.  
ПЧПК – пристрій числового програмного керування.  
РТК – робото-технічний комплекс  
ГВМ – гнучкий виробничий модуль  
ГВС – гнучка виробнича система  
ГАВ – гнучке автоматизоване виробництво  
ПРК – пульт ручного керування  
ТУ – технічне устаткування

# 1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

## Система підготовки і відтворення керуючих програм токарно-гвинторізного верстата моделі 16Б16Ф3 з системою ЧПК 2У22

### 1.1 Мета роботи

Ознайомитися з основними технічними характеристиками, будовою та принципами роботи токарно-гвинторізного верстата моделі 16Б16Ф3 з системою ЧПК 2У22; вивчити особливості кодування технологічної і допоміжної інформації, засвоїти методику програмування і навчитися складати керуючі програми обробки деталей на верстатах з ЧПК; придбати практичні навички з уведення, редагування і відпрацювання керуючих програм на верстатах з ЧПК.

Завдання по лабораторних роботах використовуються також як завдання для розрахунково-графічних робіт по програмуванню обробки деталей на верстатах з ЧПК.

### 1.2 Загальні відомості про верстат моделі 16Б16Ф3 з системою ЧПК 2У22

Верстат призначений для повної токарної обробки поверхонь деталей типу тіл обертання зі ступінчастим, конусним та радіусним профілем в один або декілька проходів в замкненому напівавтоматичному циклі, а також для нарізання різі.

Область застосування верстата – дрібносерійне виробництво з дрібними партіями деталей, які повторюються, а при наявності кваліфікації оператора – одиничне виробництво.

#### *Коротка технічна характеристика верстата 16Б16Ф3:*

Максимальний діаметр заготовки, мм:	
над станиною –	320
над супортом –	125;
Максимальна довжина заготовки, мм –	750
Максимальний хід супорта, мм;	
поздовжній –	650
поперечний –	225
Максимальний діаметр отвору шпинделя, мм –	37
Кількість різців в різцетримачі –	6
Висота різця, мм –	25

Межі швидкостей подач, мм/хв:	
поздовжньої –	1...2400
поперечної –	1...1200
Прискорене переміщення супорта, мм/хв:	
поздовжнє –	10000
поперечне –	5000
Максимальний крок різі, мм –	40
Максимальна швидкість нарізання різі, мм/хв –	2400
Діапазон частот обертань шпинделя, об/хв –	45...1800

*Коротка технічна характеристика ПЧПК 2У22:*

Система керування –	комбінована (контурно-позиційна)
Кількість керованих координат –	2 (можливе розширення до 3)
Кількість одночасно керованих координат:	
при лінійній інтерполяції –	2 (або 3)
при круговій інтерполяції –	2
Спосіб завдання розмірів –	в абсолютних значеннях і приростах
Спосіб програмування –	з клавіатури ПК, від дорожжкової ПС з ФЗП, ЕПМ і ЕОМ верхнього рівня
Система кодування –	код ISO – 7 Bit
Види інтерполяції –	лінійна, кругова
Привод подач –	слідкуючий з ВП індуктивного або фотоімпульсного типу
Максимальне переміщення, мм –	9999, 999
Дискретність завдання переміщень, мм / імп. –	0,01 (або 0,001)
Додаткові можливості: виведення інформації на дисплей, ПС, ЕПМ; корекція інструмента, швидкості подач і шпинделя, люфтів і накопичених похибок; редагування програм і підпрограм у пам'яті (ОЗП).	

### 1.3 Система ЧПК моделі 2У22

**УВАГА!** Перед початком роботи на верстаті необхідно вивчити усі органи керування: пультів керування ПЧПК і верстата, пульта корегування і пульта включення (ПВ), показаних на рисунках 1.1-1.4. **Беззмістовне натискання клавіш може призвести до виходу системи верстата з ладу!**

Клавіатура ПК ПЧПК має два регістри – нижній і верхній. На нижньому – розміщені літери російського алфавіту, на верхньому – латинські літери і знаки + , - , ( ), % , ; , /. Переключають регістри клавішею NR. Якщо світиться розміщений справа від цієї клавіші світлодіод, то є ввімкненим нижній регістр.

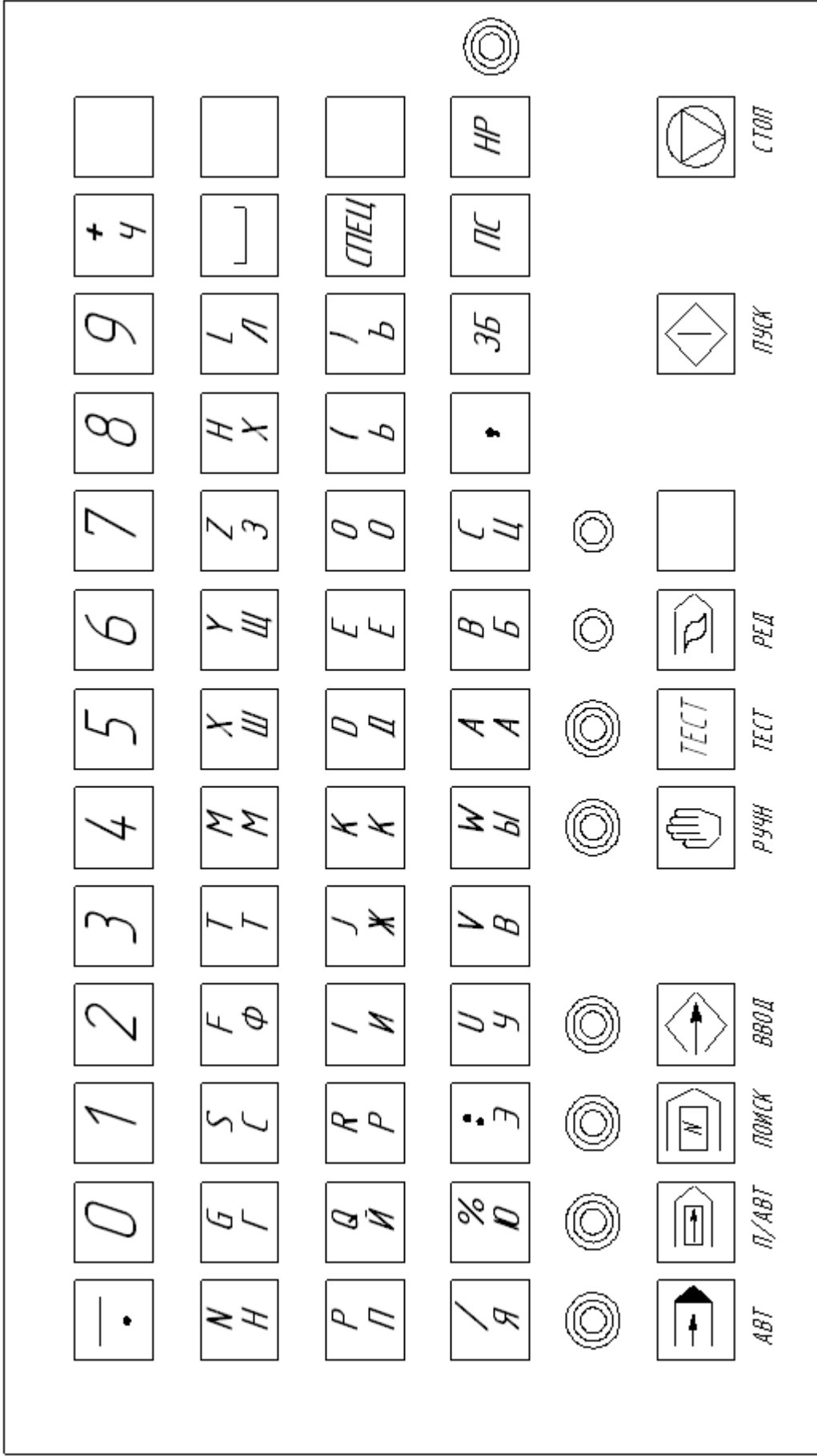


Рисунок 1.1 – Пульт керування ПЧПК моделі 2У22

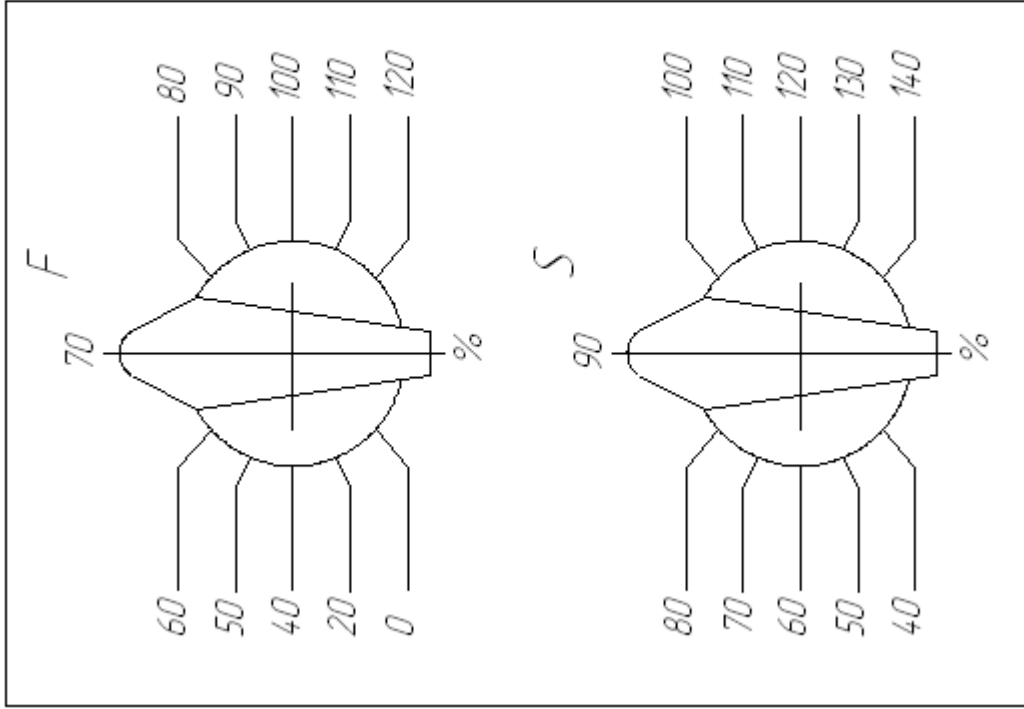


Рисунок 1.2 – Пульст корекції швидкостей подач (*F*) і шпинделя (*S*)

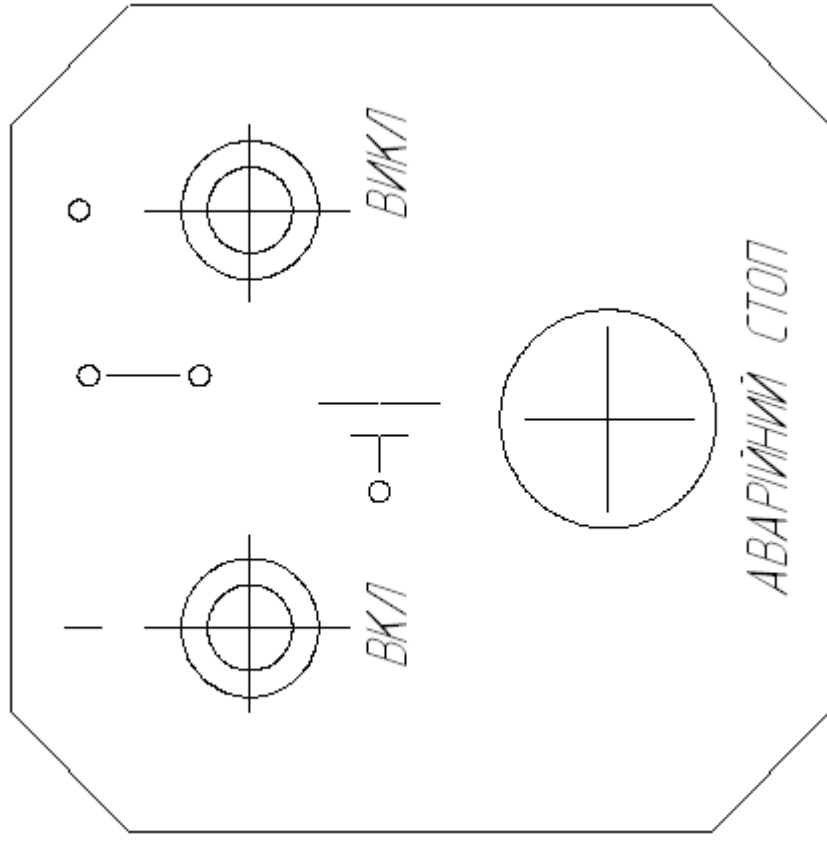
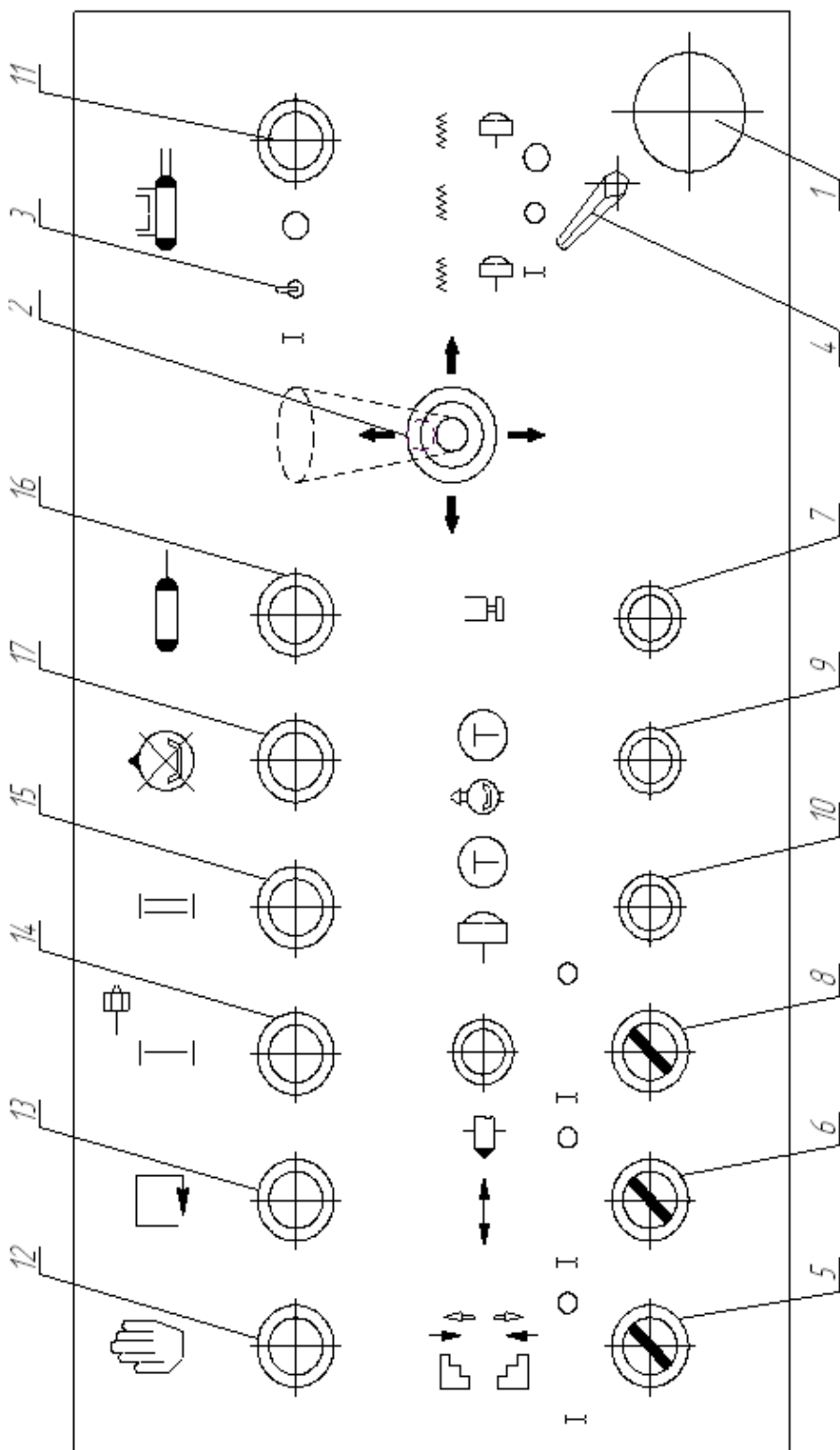


Рисунок 1.3 – Пульст вмикання ПЧПК



- I. Кнопки: 1 – аварійний стоп; 7 – з’їзд з КВ; 9 – подача змащення; 10 – поштовх шпинделя;  
 II. Перемикачі: 4 - подача і шпиндель; 5 – розтиск патрону; 6 – вмикання пінолі;  
 III. Сигнальні 8 – вихід в „0” верстату; 2 – рукоятка; 3 – вмикання приводів подач;  
 11 – мережа; 12 – ручне керування; 13 – програмний режим;  
 14 і 15 – I і 2 діапазони швидкостей шпинделя; 16 – живлення приводів подач;  
 17 – відсутність змащення

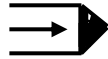
Рисунок 1.4 – Пульт керування верстатом 16Б16Ф3



Значення деяких клавіш не залежить від регістру. Це клавіші від 0 до 9,  $\_$  (пробіл), СПЕЦ, ПС (кінець кадру), ЗБ (забій), “,”.

Існують такі режими роботи ПЧПК, які вибираються відповідними клавішами: 1 – автоматичний – АВТ; 2 – покадровий (напіваавтоматичний) – П/АВТ; 3 – пошук кадру – ПОИСК; 4 – введення – ВВОД; 5 – редагування – РЕД; 6 – тестовий контроль – ТЕСТ; 7 – ручне керування – РУЧН.

### 1.3.1 Режим автоматичний “АВТ”



Після натиску клавіші  на екрані висвічується:

АВТ      SP      IP

В цьому режимі можливе використання також наступних підрежимів:  
IP – якщо інформація вводиться з перфострічки (тобто КП на стрічці);  
IU – інформація вводиться з пам’яті (КП знаходиться в ОЗП);  
IK – інформація (КП) вводиться від ЕОМ вищого рангу;  
ST – технологічний зупинка за наявності функції M01;  
SP – зупинка в кінці програми (функції M00, M02, M30);  
U/ – відпрацювання КП з пропуском кадрів, відмічених символом /;  
UP – відпрацювання КП на фіксованій швидкості (без різання);  
UT – відпрацювання програми з видачею технології (геометрична інформація не відпрацьовується). Відміняться натисканням клавіші T.

Для вибору підрежиму роботи від пам’яті ПЧПК послідовно натискають на верхньому регістрі клавіші I та U (аналогічно і для інших підрежимів).

Для індикації на екрані геометричної або технологічної інформації можна набрати найменування потрібного підрежиму (дві клавіші):

DG – індикація геометричної інформації;

DI – індикація технологічної інформації.

При натисканні клавіші DG на екрані висвічується

АВТ      SP      IU     

X + 000838 + 000000 OX + 001234

Z - 000121 + 000000 OZ + 005678

В першому стовпчику – плинне положення інструмента з врахуванням корекції його величини відносно нульової точки деталі.

У другому стовпчику – розбіжність між плинним положенням інструмента та розрахунковою точкою його траєкторії при інтерполяції.

У третьому стовпчику – координата нульової точки деталі.

При індикації технологічної інформації (DI) на екрані

ABT	SP	IU							(1 рядок)
N1	T1	M4	S1	F1000					(2 рядок)
									(3 рядок)
F00100	S0500	G01	G23	G90	G94	G97			(4 рядок)
T001	X + 001234	Z – 004567							(5 рядок)

Рядки 2 і 3 відображають кадр, який відпрацьовується в даний момент. Рядок 4 вказує плинне значення подачі F, частоти обертання шпинделя S і G – функції. Рядок 5 вказує плинний номер інструмента T і величини його корекції по осям X і Z.

У випадку помилки при наборі дволітерної комбінації IU, IP, IK, ST, U/, SP, UP, DG та ін. після невірно вибраного символу на екрані висвітиться символ “?”. Необхідно натиснути клавішу ЗБ або СПЕЦ і продовжити введення.

Якщо робота буде виконуватися з перфострічки, її необхідно заправити в ФЗП.

Якщо в КП використовується підпрограми, їх необхідно ввести в пам'ять ПЧПК до вибору автоматичного режиму. Те ж саме відноситься і до введення корегування на розмір інструмента.

До початку відпрацювання слід вибрати додаткові підрежими: U/, UP, UT.

На ПК є два перемикачі для оперативного корегування режимів різання F% і S%. Інформація з них сприймається тільки при відпрацюванні за програмою функцій G20, G21.

Відпрацювання програми починається після натиску клавіші АВТ, при цьому поряд з БВСІ засвітиться червоний світлодіод. Відпрацювання програми можна припинити натиском клавіші СТОП. При закінченні всіх функцій зупинки червоний світлодіод погасне і запалиться зелений. Після цього можливий перехід тільки в покадровий або в ручний режими роботи ПЧПК.

Після натиску клавіші ПУСК відпрацювання програми продовжується з того місця, де було припинене. Якщо положення вершини інструмента відхилилося від траєкторії більше ніж на 0,01 мм, то спочатку інструмент повертається на траєкторію, а потім продовжується відпрацювання КП. При цьому поверненні слід виключити можливе врізання інструмента в деталь .

Якщо сталася зупинка КП по функціям M02, M30, то при натисканні клавіші ПУСК відпрацювання буде проводитися з початку КП.

Якщо після припинення програми необхідно почати її з довільного кадру, слід використовувати режим “Пошук кадру”.

### 1.3.2 Режим покадровий (напівавтоматичний) “П/АВТ”

Цей режим аналогічний автоматичному режиму, але виконується з зупинкою в кінці кожного кадру. Після відпрацювання чергового кадру на екрані висвічується:

П/АВТ □ SP IU КАДР

Для продовження роботи з наступним кадром натискають клавішу ПУСК. Перехід в автоматичний режим можливий в будь-який час.

### 1.3.3 Режим пошуку кадру “ПОИСК”

В цьому режимі можливе застосування таких підрежимів:

IP – пошук кадру програми на перфострічці;

IU – пошук кадру програми в пам’яті ПЧПК;

SN – пошук кадру, номер якого заданий оператором;

S% – пошук початку програми (з символу %).

Для вибору необхідного підрежиму натискають обидві відповідні клавіші. Підрежими IU і IP взаємно відмінюють один одного і одночасно розповсюджуються на автоматичний і покадровий режими. Наприклад, якщо необхідно знайти кадр з номером 123, натискають послідовно клавіші SN 1 2 3 ПС.

Якщо виявлена помилка при введенні цифр номера кадру, натискають клавішу ЗБ. Якщо натиснути клавішу СПЕЦ, будуть відмінені невірні набрані цифри та символи.

Підрежими SN, S% та S: взаємно відмінюють один одного.

Якщо помилка відбулась при введенні дволітерної комбінації, натискають ЗБ і СПЕЦ, а потім продовжують введення.

Після вибору джерела інформації (IU або IP) і предмета пошуку (S%, S: або SN), натискають клавішу ПУСК. На ПК засвітиться червоний світлодіод і почнеться пошук. Припинити цей пошук можна натисканням клавіші СТОП.

Перехід до іншого режиму роботи ПЧПК можливий після завершення пошуку або якщо пошук був припинений натиском клавіші СТОП.

Якщо необхідна інформація знайдена, після переходу в автоматичний або в покадровий режим і натискання клавіші ПУСК, програма буде відпрацьовуватися зі знайденого кадру. В цьому кадрі повинна бути представлена вся інформація для нормального відпрацювання. Якщо і ці умови не виконуються, необхідно:

- 1) в режимі редагування вставити кадр з недостатньою інформацією;
- 2) в режимі пошук кадру відшукати кадр, введений в режимі редагування;

3) перейти в автоматичний режим, натиснути клавішу ПУСК.

### 1.3.4 Режим введення “ВВОД”

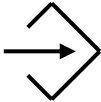
Цей режим забезпечує можливість введення в пам’ять ПЧПК (в залежності від підрежиму) наступної інформації:

V0 – введення нульової точки деталі;

VT – введення корегування на розмір інструмента;

VK – введення кадру або програми, набраних на клавіатурі ПК;

VP – введення програми або підпрограми з перфострічки.

При переході в цей режим після натиску клавіші  (ВВОД) на екрані висвічується

ВВОД

Для вибору підрежиму введення нульової точки деталі натискають клавіші V і 0 і на екрані висвічується

ВВОД

X + 000536	+ 000000	OX + 000000
Z + 000188	+ 000000	OZ + 000000

Для введення нульової точки (наприклад, якщо по осі X нульова точка має координату мінус 1234) слід натиснути клавіші

X - 1 2 3 4

На екрані висвічується

ВВОД

X + 002310	+ 000000	OX - 001234
Z + 000188	+ 000000	OZ - 000000

Для вибору підрежиму введення корекції на розмір інструмента після натиску клавіш V і T на екрані висвічується

ВВОД VT

T000	X + 000000	Z + 000000
T004	X + 000000	Z + 000000

Для введення корекції спочатку вводять номер інструмента, а потім величини корегувань для цього інструмента, наприклад:

T6 PC X - 1 2 3 PC Z 3 4 5 PC

Після цього на екрані висвітиться:

	ВВОД	VT	T6
T006	X - 000123	Z + 000345	

T007	X + 000000	Z + 000000
.....	.....	
T010	X + 000000	Z + 000000

Підрежими V0, VT не можна використовувати при відпрацюванні КП. Ці підрежими завжди дозволяють перейти до інших режимів роботи. Якщо нема введення якоїсь інформації, натискання клавіші ЗБ викличе відміну підрежимів V0, VT, VP.

Для введення програми з пульта керування натискають V K. На екрані висвічується:

ВВОД VK

Після вибору цього підрежиму програму вводять з клавіатури ПК.

Першим символом спочатку набору і на початку кожного кадру повинен бути один з наступних символів: %, N або : .

В середині кадру натисканням клавіші ЗБ відмінюють останній набраний символ, окрім першого символу кадру %, N або : . Натиск клавіші СПЕЦ відмінює підрежим введення VK. Натиск клавіші ЗБ між кадрами викликає відміну підрежиму VK.

Введення програми в підрежимі VK автоматично включає в себе підрежим роботи з пам'яттю ПЧПК ІU в автоматичному та покадровому режимах.

### 1.3.5 Режим редагування “РЕД”

Здійснюється шляхом введення з клавіатури команд з можливістю виводу відредагованого тексту на перфострічку. Для завдання режиму натискають клавіші:



(РЕД) і ПУСК.

В 21-й позиції командного рядка БВСІ повинен висвітитись символ \*. Команди редагування висвічуються у командному рядку, починаючи з 22-ї позиції. Текст, що редагується, висвічується на екрані БВСІ на п'яти рядках, починаючи з другого. Кожний кадр висвічується з нового рядка.

Майже всі команди виконуються по відношенню до рухомої точки. Точка – це адреса першого невідпрацьованого символу в тексті КП. На екрані БВСІ цей символ буде підкреслено. Текст, що редагується, висвічується так, що точка завжди присутня на екрані.

В режимі редагування можливо набрати наступні команди:

- ±nA – переміщення точки на n кадрів КП;
- ±nJ – переміщення точки на n символів в кадрі;
- ±nD – стирання n символів кадру;
- ±nK – стирання n кадрів КП;

nR – введення n кадрів з ПС (ФЗП);  
 O – відміна редагування в підпрограмах;  
 I – вставити текст, починаючи з точки;  
 M – редагування в області підпрограми;  
 B – переміщення точки на початок КП;  
 T – друкувати на ЕПМ змісту пам'яті (КП);  
 N – виведення КП з пам'яті на ПС (перфорація);  
 P – підготовка (очистка) всієї пам'яті ;  
 S – корегування номерів кадрів КП;  
 nG – пошук в КП тексту (не більше 13 символів) n разів;  
 ± nC – заміна n символів кадру;  
 ±nX – заміна n кадрів КП;  
 V – введення констант.

Аргумент n може бути цілим числом від 1 до 999 зі знаком. Знак “+” можна опускати. В тих командах, де аргумент потрібний, але не вказаний, вважають, що він дорівнює 1 (якщо вказаний знак “-”, то -1).

Для виконання команд редагування необхідно набрати на ПК знак (якщо є “-”), аргумент (якщо він потрібний), літерний код команди і натиснути клавішу ПС. Наприклад:

- 12J ПС

За цією командою точка в кадрі переміститься на 12 символів назад (до початку кадру).


В командах, яким потрібен текст для свого виконання (це команди J, nG, ± nC, ±nX), після символів ПС вводять ще і необхідний текст і натискають клавішу СПЕЦ. Наприклад:

+5 C ПС - X 2 3 9 СПЕЦ

За цією командою замінюються п'ять символів тексту в кадрі, починаючи від точки в напрямку кінця кадру на нові п'ять символів тексту.

-X239

### 1.3.6 Режим ручного керування “РУЧН”

Цей режим здійснюється після натискання клавіші  (РУЧН). Вибір режиму індикації такий самий, як і при автоматичному режимі. Ручний режим є стартовим після вмикання ПЧПК. В цьому режимі можна ввести будь-який кадр КП. Наприклад, після набору клавіш

N 1 G 2 5 X Z ПС

на екрані висвічується:

РУЧН  
N1 G25 X Z

F00000 S0000 G01 G25 G94 G97  
T000 X + 000000 Z + 000000

Після натискання клавiші ПУСК почнеться відпрацьовування даного кадру. Введений кадр запам'ятовується і може бути відпрацьований повторно при натисканні клавiші ПУСК. Відпрацьовання кадру недопустиме, якщо не відпрацьована до кінця програма в автоматичному або покадровому режимі.

Якщо після вмикання ПЧПК розбіжність перебільшує декілька дискрет, необхідно натиснути клавiшу / / (СБРОС) і тільки після зняття розбіжності можна ввімкнути приводи подач.

Після вмикання приводів подач натискають клавiші:

N 1 G 2 5 X Z ПС ПУСК

Після цього почнеться рух в "0" верстата по вісям X і Y, в кінці цього руху на екрані висвітиться:

РУЧН  КАДР

Поки не здійснений вихід в "0" верстата, робота з верстатом є недопустимою.

Якщо кадр не відпрацьовується, то можна перейти в інший режим.

При вмиканні ПЧПК встановлюється подача від ручного перемикача напрямку руху 100 мм/хв. Якщо потрібно встановити подачу, наприклад, 20 мм/хв., натискають клавiші

N 1 F 2 0 ПС ПУСК

Подачі менші за 10 мм/хв не відпрацьовуються.

Прив'язка системи відліку до деталі

Деталь закріплюють в патроні, встановлюють необхідну позицію різцетримача і вмикають шпиндель. Слід пам'ятати, що в ручному режимі

корекція вводиться при зміні інструмента і відмінюється натисканням клавіші ПУСК.

Для прив'язки по координаті Z проточують інструментом торець деталі і, не здійснюючи переміщення по координаті Z, переходять до режиму введення нульової точки. На екрані висвітиться, наприклад,

ВВОД V0		
X + 123456	+ 000000	0X + 000000
Z + 001234	+ 000000	0Z + 000000

Якщо торцева поверхня є нульовим положенням по Z, то нульова точка буде дорівнювати показанню індикації, в даному випадку вона дорівнює 1234.

Для введення нульового положення набирають:

Z 1 2 3 4 ПС

На індикаторі після цього висвічується

ВВОД V0		
X + 123456	+ 000000	0X + 000000
Z + 000000	+ 000000	0Z + 001234

Якщо початок системи відліку деталі не знаходиться на торцевій поверхні, то нульове положення визначають як різницю між показанням лівої колонки індикації і координатною торцевої поверхні. Наприклад, якщо координата торцевої поверхні  $Z = 1000$ , то для даного випадку нульове положення буде  $0Z = 234$ . Після введення на екрані висвічується:

ВВОД V0		
X + 123456	+ 000000	0X + 000000
Z + 001000	+ 000000	0Z + 000234

Для визначення нульового положення по координаті X проточують деталь по діаметру і, не здійснюючи переміщення по X, вимірюють розмір обточеної поверхні по координаті X. Переходять в режим введення нульової точки. На екрані висвітиться, наприклад:

ВВОД V0		
X - 004567	+ 000000	0X + 000000
Z + 000000	+ 000000	0Z + 000000





Нульова точка дорівнює різниці між показаннями лівої колонки і вимірним розміром. Наприклад, розмір  $X = 567$ , тоді нульове положення  $0X = -5134$ . Для введення натискають клавіші:

X - 5 1 3 4 ПС

В результаті на екрані висвічується:

	ВВОД V0	
X + 000567	+ 000000	0X - 005134
Z + 000000	+ 000000	0Z + 000000

Введення констант

Введення констант здійснюється в режимі редагування. Константи – це величини корекції люфтів по координатам  $X$  і  $Z$ . Вони можуть мати значення  $0,001...0,127$  мм. Для введення корекції люфта з клавіатури ПК натискають клавіші  і . На екрані висвічується

РЕД \* 1

Якщо на екрані БВСІ висвітиться деяка інша інформація, натискають клавіші Р, ПС. Потім вибирають 1 ПС.





Для введення величини корекції люфта по  $X$ , яка дорівнює  $0,023$  мм:

K 0 + 2 3 ПС

Для введення величини корекції люфта по координаті  $Z$  (наприклад, що дорівнює  $0,045$  мм) натискають клавіші

K 1 + 4 5 ПС 2 ПС СПЕЦ

На екрані БВСІ висвічується

РЕД	*	1		
K 0	+	2	3	
K 1	+	4	5	
M 2				

Натискають клавіші V, ПС. На екрані висвічується така ж інформація, яка і в попередньому випадку. Якщо ж в кінці першої строки на екрані висвітиться

? 105

то це значить, що при введенні інформації була допущена помилка.

## **1.4 Складання керуючих програм**

### **1.4.1 Загальні відомості**

Програма може бути записана на восьмидоріжковій перфострічці шириною 25,4 мм (1 дюйм) або в пам'яті ПЧПК. Використовується адресний спосіб запису слів у програмі.

Починається керуюча програма (КП) символами % і ПС (ПС - перехід строки). Символи ПС обов'язково ставляться також в кінці кожного кадру КП. В кінці програми обов'язковими є символи M02 (закінчення програми), або M30 (закінчення стрічки).

Для пояснення в програму можна вставляти коментарі - тексти, які містять будь-які літери і символи, окрім символів %, : і ПС. Такий текст записується в круглих дужках і системою ЧПК не відпрацьовується.

КП складається з кадрів, довжина яких не може перевищувати 80 символів. Кожний кадр повинен містити номер кадру (наприклад, N001), інформаційні слова і символ "Закінчення кадру" (ПС).

Замість символу "Номер кадру" може стояти символ "Головний кадр" (:).

Порядок номерів кадрів може бути довільним, але рекомендується записувати кадри в сторону зростання їх номерів.

Для пропуску кадру перед символом "Номер кадру" або "Головний кадр" ставлять символ "Пропуск кадру" (/).

Інформаційне слово складається із адресної і числової частин, наприклад: G03, X-12000, M02.

Перед числовою частиною геометричної інформації ставлять знак "+", або "-". Знак "+" ставити не обов'язково.

Нулі, які знаходяться перед першою значущою цифрою (зліва), можна не ставити. Порядок слів в кадрі довільний.

В одному кадрі не повинно бути два і більше слів з однією адресою, окрім адрес G і M.

Відомості про адреси, які використовуються в ПЧПК 2У22, приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Адреси команд в ПЧПК моделі 2У22

Символ адреси	Код	Найбільша кількість розрядів	Зміст команди	Наявність адреси в кадрі
1	2	3	4	5
%	245	–	Початок програми	
:	72	–	Головний кадр	
/	257	–	Пропуск кадру	Перед кадром
N	316	5	Номер кадру	Обов'язково
X	330	7	Координата кінцевої точки або приріст по координаті X	В залежності від контуру
Z	132	7	Координата кінцевої точки або приріст по координаті Z	В залежності від контуру
I	311	7	Координата центра кола по координаті X	При круговій інтерполяції
		5	Крок різі	При наявності G33
K	133	7	Координата центра кола по координаті Z	При круговій інтерполяції
		5	Крок різі	При наявності G33
F	306	5	Подача	Вводиться при зміні подачі
S	123	4	Частота обертання шпинделя	Вводиться при зміні частоти
T	324	3	Номер інструменту	Вводиться при зміні інструменту
M	115	2	Допоміжна функція	В залежності від технології
G	107	2	Підготовча функція	Вводиться при зміні умов переміщення
R	322	1	Формальний параметр	При завданні числового значення через формальний параметр
I	314	4	Номер підпрограми	При зверненні до підпрограми

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Н	110	4	Циклічні повтори	Перед кадром, який буде відпрацьовано деяке число раз
Е	305	7	Витримка часу	При наявності G04
ПС	12	–	Кінець кадру	Обов'язково
(	50	–	Дужка кругла ліва	Якщо в програмі є пояснення
)	251	–	Дужка кругла права	
+	53	–	Знак “+”	
-	55	–	Знак “-”	
0	60	–	Цифра “0”	
1 ... 9	261	–	Цифра “1” (цифри 2...9 позначаються аналогічно)	
□	240	–	Пробіл	

#### 1.4.2 Програмування переміщень

Числову інформацію про переміщення задають адресами X, Z, I, і K з відповідним знаком. Дискретність – 0,01 мм.

Переміщення можливо програмувати в абсолютних і відносних (прирошених) координатах.

При роботі в абсолютній системі координат (функція G90) програмують числову інформацію, яка відповідає координатам кінцевої точки в кадрі відносно вибраної системи координат.

При роботі у відносній системі координат, або прирошеннях (підготовча функція G91) програмують числову інформацію відносно точки, в яку прийшли в попередньому кадрі, тобто в прирості координат.

Переміщення під адресами X і I завжди вказуються в діаметрах.

#### 1.4.3 Програмування інтерполяції

Інтерполяцію проводять на певній ділянці траєкторії. Ділянка інтерполяції може бути записана в одному або декількох кадрах.

Ділянки інтерполяції розділяють відповідними підготовчими функціями. Кожній точці ділянки відповідає окремий кадр з адресами переміщень X або (і) Z.

Прямолінійна ділянка інтерполяції задається одним кадром, який містить підготовчу функцію G01 (якщо вона не була запрограмована раніше), координати кінцевої точки (при роботі в абсолютних координатах) або приріст (при роботі у відносних координатах) X і (або) Z.

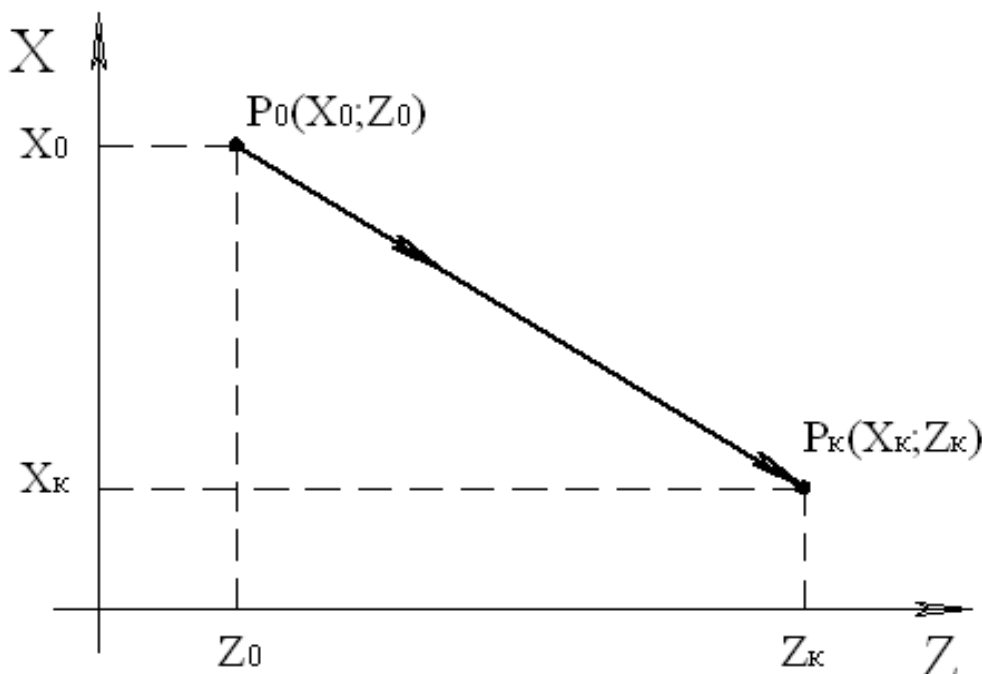
Так, при прямолінійній ділянці  $P_0P_K$  (рисунок 1.5) в абсолютній системі координат під адресами X і Z задають значення координат  $X_K$  і  $Z_K$ , а у відносній системі координат в якості адрес задають прирости  $\Delta X = X_K - X_0$  і  $\Delta Z = Z_K - Z_0$ .

Наприклад:

N10 G90  $X_K$   $Z_K$  PC – в абсолютній системі;  
N10 G91  $\Delta X$   $\Delta Z$  PC – у відносній системі.

Якщо задати числові значення  $X_0=27$ ,  $Z_0=75$ ,  $X_K=89$ ,  $Z_K=34$ , тоді

N10 G90 X89 Z34 PC – в абсолютній системі;  
N10 G91 X62 Z-41 PC – у відносній системі.



$P_0$  – початкова точка;  $P_K$  – кінцева точка

Рисунок 1.5 – Лінійна інтерполяція

Програмування кругової інтерполяції починають з розділення дуги кола на частини, кожна з яких знаходиться в межах одного квадранту, який утворено осями X і Z. Для програмування такої частини дуги достатньо одного кадру. Він повинен містити підготовчу функцію G02 або G03 (при русі відповідно за годинниковою і проти годинникової стрілки), координати кінцевої точки дуги з адресами X і Z, а також координати центра дуги з адресами I і K в абсолютних координатах або в приращеннях.

На ділянці кругової інтерполяції P<sub>0</sub>P<sub>K</sub> (рисунок 1.6) в абсолютній системі задають значення координат X = X<sub>K</sub>, Z = Z<sub>K</sub>, I = X<sub>C</sub>, K = Z<sub>C</sub>.

У відносній системі задають приращення координат

$$\Delta X = X_K - X_O, \quad \Delta Z = Z_K - Z_O, \quad I = X_C - X_O, \quad K = Z_C - Z_O$$

Наприклад:

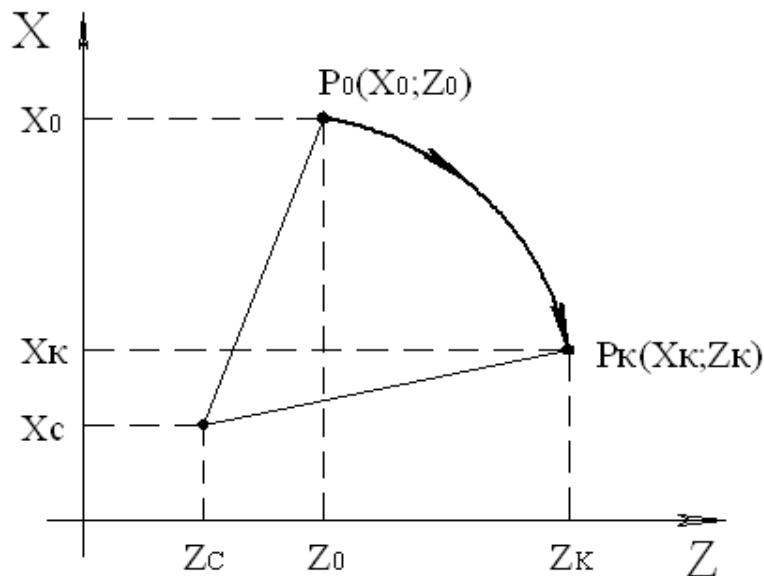
N10 G02 G90 X<sub>K</sub> Z<sub>K</sub> X<sub>C</sub> Z<sub>C</sub> ПС – кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою в абсолютній системі координат;

N10 G02 G91 ΔX ΔZ (X<sub>C</sub> – X<sub>O</sub>) (Z<sub>C</sub> – Z<sub>O</sub>) ПС – те ж у відносній системі координат.

Якщо задати числові значення: X<sub>O</sub> = 31, Z<sub>O</sub> = 57, X<sub>K</sub> = 52, Z<sub>K</sub> = 33,  
X<sub>C</sub> = 19, Z<sub>C</sub> = 32, тоді

N10 G02 G90 X52 Z33 I19 K32 ПС – в абсолютній системі,

N10 G02 G91 X21 Z-24 I- 12 K-25 ПС – у відносній системі.



P<sub>0</sub> – початкова точка; P<sub>K</sub> – кінцева точка

Рисунок 1.6 – Кругова інтерполяція

#### 1.4.4 Програмування підготовчих та допоміжних функцій

Підготовчі функції визначають режим роботи пристрою і записуються під адресою G. В одному кадрі може бути лише одна із функцій групи. Ці функції приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Підготовчі функції ПЧПК моделі 2У22

Функція	Найменування	Час дії
G01	Лінійна інтерполяція	Діє до появи в програмі іншої G-функції цієї групи
G02	Кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою	
G03	Кругова інтерполяція проти годинникової стрілки	
G33	Нарізання різі з постійним кроком	
G04	Витримка на певний час (пауза)	Діє на один кадр
G09	Гальмування в кінці кадру	Діє на один кадр
G20	Дозвіл корекції подачі	Діє до появи в програмі іншої G-функції цієї групи
G21	Дозвіл корекції частоти обертання шпинделя	
G23	Заборона корекції подачі і частоти обертання шпинделя	
G25	Вихід в "0" верстата	Діє на один кадр
G90	Абсолютний розмір	Діє до появи іншої G-функції цієї групи
G91	Розмір в приращеннях	
G94	Подача, мм/хв	Діє до появи в іншій G-функції цієї групи
G95	Подача, мм/об	
G96	Постійна швидкість різання, м/хв	Діє до появи іншої
G97	Відміна дії функції G96	G- функції цієї групи

Допоміжні функції забезпечують виконання верстатом різних допоміжних команд і програмуються під адресою М. В одному кадрі може бути не більше однієї функції з групи. Ці функції дані в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Допоміжні функції ПЧПК моделі 2У22

Функція	Найменування	Час дії
M00	Програмована зупинка	Діє в одному кадрі
M01	Технологічна зупинка	Діє в одному кадрі
M02	Кінець програми	Діє в одному кадрі
M03	Праве обертання шпинделя	Діє до появи іншої
M04	Ліве обертання шпинделя	М-функції з групи
M05	Зупинка шпинделя	Діє в одному кадрі
M08	Вмикання охолодження	Діє до появи іншої
M09	Вимикання охолодження	М-функції з групи
M17	Кінець підпрограми	Діє в одному кадрі
M20	Закінчення циклу повторень	Діє в одному кадрі
M30	Закінчення стрічки	Діє в одному кадрі
M38	1 діапазон частот обертання шпинделя (45 – 280 об/хв)	Діє до появи іншої
M39	2 діапазон частот обертання шпинделя (224 – 1800 об/хв)	М-функції з групи

#### 1.4.5 Програмування частот обертання шпинделя і подач

Подачу можна програмувати в міліметрах за хвилину або в міліметрах за оберт з дискретністю відповідно 1 мм/хв і 0,01 мм/об.

Подачу і частоту обертання шпинделя задають числом, найбільша кількість розрядів якого вказана в таблиці 1.1. Нулі перед першою значущою цифрою можна не писати.

Подачу програмують разом з функцією G94 (мм/хв) або G95 (мм/об) літерою F і відповідним числом . Наприклад: N005 G94 F2350 ПС – подача 2350 мм/хв. Або: N005 G95 F235 ПС – подача 2,35 мм/об.



При переході від програмування подачі в мм/хв (G94) до подачі в мм/об (G95) і навпаки попередня подача відміняється, тому необхідно задавати нове значення подачі.

Частота обертання шпинделя програмується адресою S, об/хв, з вказуванням напрямку обертання (M03 або M04) і діапазону частот (1 діапазон – M38, 2 діапазон – M39). Наприклад: N1 S500 M03 M38 ПС. При цьому шпиндель буде обертатися за годинниковою стрілкою (праве обертання) з частотою 500 об/хв.

#### **1.4.6 Програмування номера інструмента**

Номер інструмента програмується адресою T (від T01 до T99). Кожному номеру інструмента відповідає своя пара корекції.

Запрограмований номер інструмента діє в програмі до появи нового номера.

Технологічні команди T, G і M програмуються в одному кадрі лише з тією геометричною інформацією, відпрацюванню якої не заважає одночасне виконання цих команд. В іншому випадку ці команди програмуються окремими кадрами.

#### **1.4.7 Програмування часу витримки і циклічних повторів**

Для проведення вимірювань і з іншою метою іноді необхідно забезпечити витримку. Для цього використовують функцію G04 і адресу E. Витримку вказують в десятих долях секунди. Приклад програмування витримки в 25 секунд:

N125 G04 E250 ПС

Циклічне повторення частини програми програмується під адресою N з вказуванням кількості повторів. Цикл повторення починається з кадру, який знаходиться після кадру з адресою N, а закінчується кадром, в якому вказана функція M20. Наприклад:

N11 F5000 X0 G09 ПС  
N12 X-300 N10 G09 ПС  
N13 X-2000 G09 M20 ПС  
N14 X-800 G09 M02 ПС

Тут відпрацьовується кадр 11, потім 12 (по одному разу). Після цього кадр 13 виконується 10 разів, а кадр 14 – 1 раз.

Допускається програмування циклу в циклі (подвійне вкладення).

### 1.4.8 Програмування циліндричних і конічних різей

Функція G33 забезпечує синхронність частоти обертання шпинделя і подач по осях X і Z, яка необхідна для нарізання різних різей.

Для нарізання циліндричної різі разом з G33 записують такі адреси : Z – координата кінцевої точки різі; K – крок різі (рисунок 1.7).

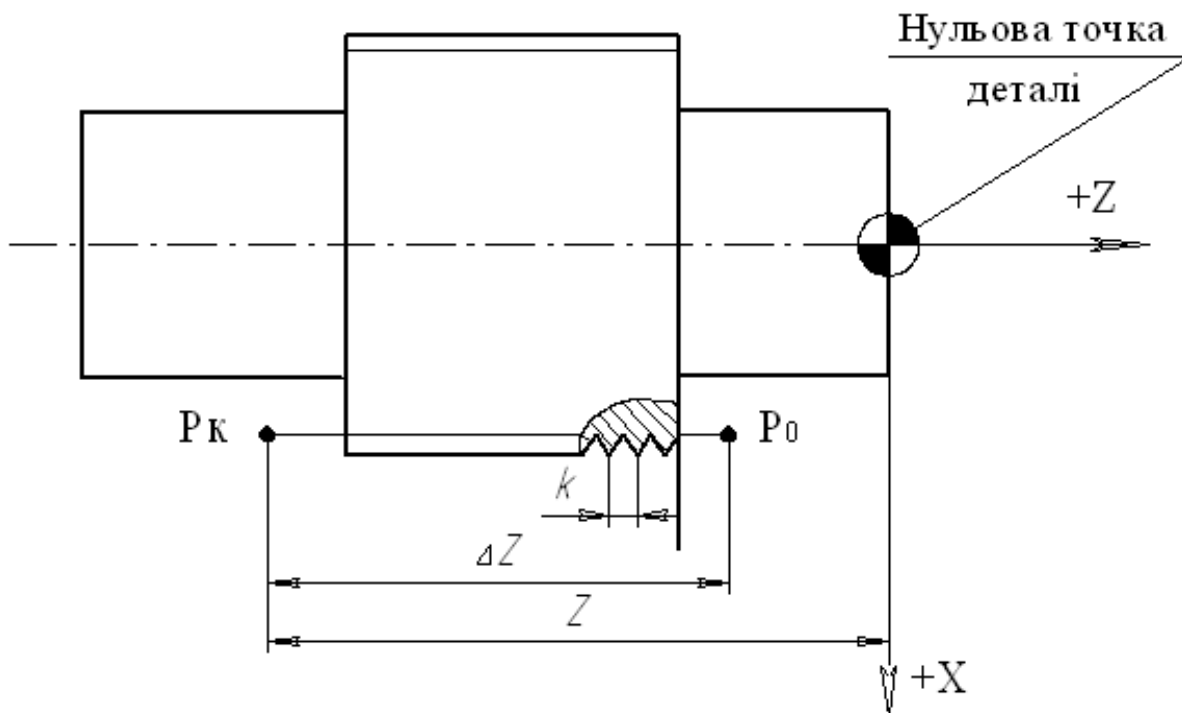


Рисунок 1.7 – Різь циліндрична

Крок вказується в мікрометрах без знаку (K2500 – крок 2,5 мм). Розрядність – до п'яти значущих цифр. В кадрі задають підготовчу функцію G33, адресу Z ( $\Delta Z$ ) і адресу K.

Наприклад:

N15 G33 Z-75000 K2500 ПС.

Для нарізання конічної різі використовують такі параметри :

Z – координата кінцевої точки різі;

X – координата діаметру кінцевої точки різі;

K – крок різі (по Z);

I – різниця в радіусах на оберт (по X).

В кадрі з режимом нарізання конічної різі вказують G33, адресу Z ( $\Delta Z$ ), X ( $\Delta X$ ), K, I (рисунок 1.8).

Координату початкової точки різі програмують попереднім кадром з врахуванням шляху розгону, який дорівнює двом запрограмованим крокам.

Відміна режиму нарізання різі виконується однією з функцій G01, G02, G03.

Програмування багатопрохідної різі відрізняється від однопрохідної тим, що координата початкової точки різі змінюється від проходу до проходу.

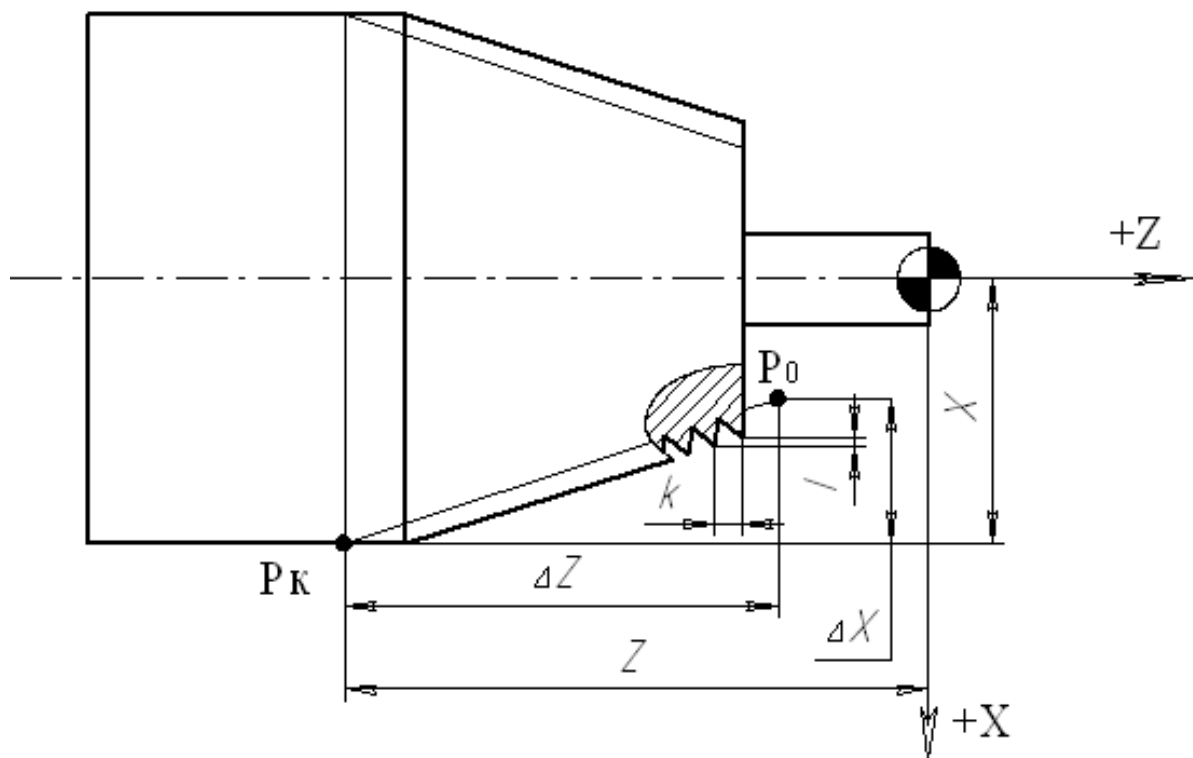


Рисунок 1.8 – Різь конічна

#### 1.4.9 Програмування виходу в “нуль” верстата

Для повернення інструмента у вихідне положення за програмою по одній з координат задають підготовчу функцію G25 і адресу відповідної координати в кадрі. Приклад виходу в “нуль” верстату по осі X:

N1 G25 X PC

#### 1.4.10 Програмування підпрограм

Підпрограма – це окрема частина основної програми, в якій запрограмована закінчена послідовність переміщень робочого органу верстата, яка часто повторюється у програмі.

Підпрограма вводиться в пам'ять ПЧПК незалежно від основної КП. Звернення до неї виконується по команді із основної програми.

Кодування інформації в підпрограмі і основній КП виконується аналогічно, але в підпрограмах замість конкретної числової інформації (окрім інформації під адресами L, M, N, G) можуть бути записані формальні параметри, конкретні значення яких задаються в основній програмі.

Звернення до підпрограм програмується в кадрі основної КП під адресою L з чотирма цифрами, дві перші з яких – номер підпрограми, а дві наступні – кількість повторів даної підпрограми. Наприклад L1205 – підпрограма L12 повторюється 5 разів. Якщо вказані тільки перші дві цифри, то підпрограма відпрацьовується один раз. Наприклад: L12, що еквівалентно L1201. Звернення до підпрограми може програмуватися в кадрі основної КП разом з іншою інформацією, при цьому спочатку відпрацьовується вся інформація в кадрі, а потім відпрацьовується підпрограма. Всередині підпрограми допускається звернення лише до одної підпрограми (подвійне вкладення підпрограм).

Особливості кодування підпрограм наступні.

Підпрограма починається з номера кадру. За адресою N (чи : ) повинні знаходитися п'ять значущих цифр, дві перші з яких – номер підпрограми, а наступні три – номери кадрів в підпрограмі. В кінці підпрограми повинна бути запрограмована допоміжна функція M17 (закінчення підпрограми), по виконанню якої керування передається основній КП. Повернення із підпрограми відбувається до кадру, який знаходиться за кадром з викликом підпрограми.

Приклад використання підпрограм:

Основна програма:	Підпрограма L02
N101 ... ПС	N02001 ... ПС
N102 ... ПС	N02001 ... ПС
N103 ... L02 ПС	N02003 ... ПС
N104 ... ПС	N02004 ... M17 ПС

Після виконання кадру N103 основної КП відбувається виконання всіх кадрів підпрограми L02, а потім – повернення в основну КП і виконання кадру N104.

В підпрограмах замість конкретних чисел в підадресній частині слів (фактичних параметрів) можуть використовуватися формальні параметри під адресами R0 – R9 зі знаком “+” або “-“. Чисельне значення формального параметру діє до заміни його новим значенням.

Приклад:

N001 ... L04 R2+50 R1-1000 ПС – визначення в основній програмі числових значень формальних параметрів R1 = -1000 і R2 = +50;

N04001 S+R2 X+R1 Z-R1 – програмування в підпрограмі L04 значень S = + 50; X = -1000; Z = +1000.

Можливе наступне використання формальних параметрів в підпрограмі:

- безпосереднє використання значень формального параметру, коли після адреси записується формальний параметр зі знаком “+” або “-“, при цьому алгебраїчно враховується знак фактичного параметру, тобто числа, записаного під формальним параметром в основній програмі, наприклад: N02005 X-R1 Z+R2 ПС;

- алгебраїчне складання конкретного числа зі значенням формального параметру, коли після адреси записується постійне число і формальний параметр зі знаком, наприклад: N02005 X-R2 Z-1200+R2 ПС – в цьому кадрі під адресою X запрограмована величина, що дорівнює -50, а під адресою Z – величина, що дорівнює -1150, оскільки R2=+50.

Чисельні значення формальних параметрів обмежуються діапазоном величин, які програмуються під відповідними адресами.

#### **1.4.11 Приклад керуючої програми**

На рисунку 1.9 показана схема обробки деталі і керуючої програми для верстата 16Б16Ф3 з ПЧПК 2У22.

### **1.5 Методика виконання лабораторної роботи**

Роботу слід виконувати в такій послідовності:

1. Ознайомитись з будовою і технічними характеристиками верстата і системи ЧПК;

2. Ознайомитися з особливостями програмування для системи ЧПК 2У22;

3. Згідно індивідуального завдання (видається викладачем) скласти керуючу програму обробки деталі;

4. Ознайомитися з основними режимами роботи верстата з ПЧПК 2У22;

5. Ввести керуючу програму в ПЧПК і перевірити її шляхом обробки пробної деталі на верстаті. При необхідності виконати корекцію.

6. Оформити звіт і зробити висновки по роботі.

Порядок роботи на верстаті

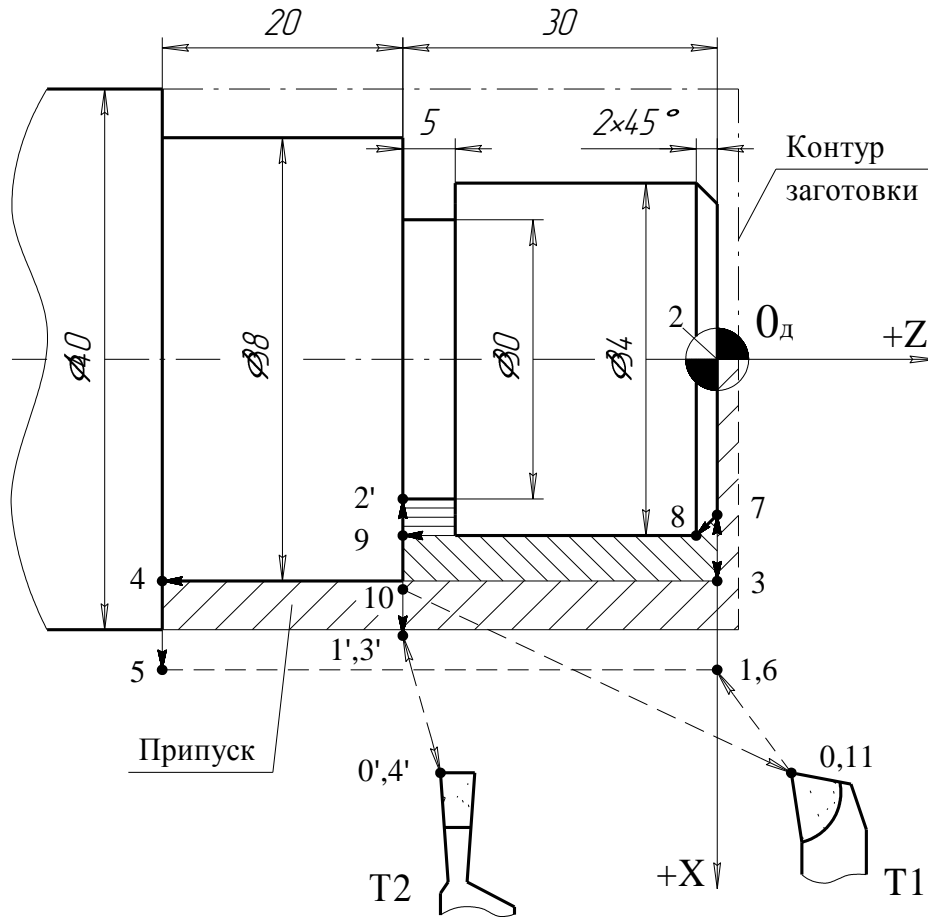
**УВАГА! Робота на верстаті дозволяється лише в присутності викладача або учбового майстра після отримання інструктажу з техніки безпеки.**

1. Ввімкнути живлення верстата і пристрою ЧПК.
2. Натиснути кнопку СБРОС (//) на ПК ПЧПК.
3. Ввімкнути живлення приводів подач на ПК верстата.
4. Прив'язати систему відліку до "0" точки верстата, введенням нулів по X і Z в пам'ять ПЧПК.
5. Ввімкнути обертання шпинделя (N1 S500 M03 M39 ПС).
6. Встановити перший інструмент в робочу позицію, наприклад упорний різець ( $\phi=90^0$ ) (N1 T1 ПС) і ввести нульову корекцію на його розміри.
7. Прив'язати систему відліку до деталі.
8. Встановити наступний інструмент і ввести корекцію на його розміри.  
Аналогічні дії виконувати для всіх інструментів, які використовуються в керуючій програмі.
9. Вимкнути обертання шпинделя (N1 M05 ПС) і зняти заготовку.
10. Ввести технологічну керуючу програму в пам'ять ПЧПК з клавіатури пульта керування.
11. Перевірити правильність введення програми в режимі "Редагування" і при необхідності відредагувати її.
12. У напівавтоматичному режимі відпрацювати керуючу програму по кадрах без різання (на холостому ході).
13. Відпрацювати керуючу програму в автоматичному режимі. При наявності помилок повторити пункти 11–13.
14. Встановити і закріпити заготовку в патроні шпинделя. Обробити деталь по програмі в автоматичному режимі.
15. Зняти деталь і провести вимірювання отриманих розмірів, порівнявши з заданими на кресленні. Зробити висновки.

## **1.6 Варіанти індивідуальних завдань**

Для деталей з таблиці 1.4 скласти керуючі програми з врахуванням розмірів заготовки, ввести їх в систему ЧПК моделі 2P22 і обробити деталі на верстаті 16Б16Ф3.

Варіант індивідуального завдання видається студенту викладачем.



% ПС

N1 T1 G01 G90 G94 G97 S500 M03 M39 ПС

N2 F1000 X4100 Z0 G09 ПС

N3 F100 X0 G09 ПС

N4 F1000 X3800 G09 ПС

N5 F100 Z-5000 G09 G91 ПС

N6 X300 G09 ПС

N7 F1000 Z5000 G09 ПС

N8 F100 X3000 G09 G90 ПС

N9 X3400 Z-200 G09 ПС

N10 Z-3000 G09 ПС

N11 X3900 G09 ПС

N12 F1000 X10000 Z10000 G09 ПС

N13 T2 G95 ПС

N14 F1000 X4000 Z-3000 G09 ПС

N15 F20 X3000 G09 ПС

N16 G04 E20 ПС

N17 F1000 X4000 G09 ПС

N18 X10000 Z20000 G09 ПС

N19 M02

Рисунок 1.9 – Схема обработки детали з програмою для ЧПК

Таблиця 1.4 – Варіанти індивідуальних завдань

Деталь 1				Деталь 2				Деталь 3					
<p><math>(\text{tg}5^{\circ}43' = 0.1)</math></p>													
Номер варіанту	d1	d2	d3	d4	M	R1	R2	l1	l2	b	C	C1	C2=t
1	22	20	12	17.0	20	2.0	3.0	15	15	6	1	2	2.5
2	23	21	13	17.8	20	2.0	3.0	16	15	5	1.6	2.5	2.0
3	24	22	14	18.3	20	2.0	3.0	17	15	4	2	2.5	1.5
4	25	23	15	19.2	22	2.5	2.5	18	20	6	2	3	2.5
5	26	24	16	20.9	22	2.5	2.5	19	20	3	2	2.5	1.0
6	27	25	17	22.3	24	2.5	2.5	20	20	4	1.6	2.5	1.5
7	28	26	18	21.8	24	3.0	1.0	21	12	5	1	2	2.0
8	29	27	19	25.9	27	3.0	1.0	22	12	3	1.6	2.5	1.0
9	30	28	20	25.3	27	3.0	1.0	23	12	4	2	2.5	1.5
10	31	29	21	24.8	27	2.0	3.0	24	15	5	1	2	2.0
11	32	30	22	27.8	30	2.0	3.0	25	15	5	2	3	2.0
12	33	31	23	28.3	30	2.0	3.0	24	15	4	3	4	1.5
13	34	32	24	28.9	30	1.5	3.5	23	20	3	2	3	1.0
14	35	33	25	31.9	33	1.5	3.5	22	20	3	1	2	1.0
15	36	34	26	30.8	33	1.5	3.5	21	20	5	1.6	2.5	2.0



## Лабораторна робота №2

### Система підготовки і відтворення керуючих програм токарно-гвинторізного верстата моделі 16К20Ф3 з системою ЧПК 2Р22

#### 2.1 Мета роботи

Ознайомитись з основними технічними характеристиками, будовою, принципом роботи токарно-гвинторізного верстата моделі 16К20Ф3-С32 з системою ЧПК 2Р22. Вивчити особливості кодування технологічної та допоміжної інформації, засвоїти методику програмування і навчитися складати керуючі програми обробки деталей на верстатах з ЧПК. Придбати практичні навички по введенню, редагуванню та відпрацюванню керуючих програм на верстатах з ЧПК.

Завдання по лабораторних роботах використовуються також як завдання для розрахунково-графічних робіт по програмуванню обробки деталей на верстатах з ЧПК.

#### 2.2 Загальні відомості про верстат моделі 16К20Ф3-С32 з системою ЧПК 2Р22

Верстат призначений для повної токарної обробки поверхонь деталей типу тіл обертання з ступінчастим, конусним і радіусним профілем за один чи декілька проходів в замкненому напівавтоматичному циклі, а також для нарізання різі. Верстат використовується в дрібносерійному виробництві з дрібними партіями деталей, що періодично повторюються, а при наявності високої кваліфікації оператора – в одиничному виробництві.

Верстат обладнаний оперативним ПЧПК типу 2Р22, який побудовано на основі мікро-ЕОМ “Електроніка-60”.

*Коротка технічна характеристика верстата 16К20Ф3:*

Клас точності –	П
Максимальний діаметр заготовки, мм:	
над станиною –	500
над супортом –	220
Максимальна довжина заготовки, мм –	1000
Максимальна довжина обробки, мм –	905
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв –	22,4 ... 2240
Діапазон швидкостей подач, мм/об:	
поздовжньої –	0,01 ... 40

поперечної –	0,005 ... 20
Прискорене переміщення супорту, мм/хв:	
поздовжнє –	7500
поперечне –	5000
Кількість різців в різцетримачу –	6
Висота різця, мм –	25
Діапазон кроків різьб, мм –	0,01 ... 40,95
Потужність електродвигуна, кВт –	11
Найбільший крутний момент на шпинделі, Н·м –	1000
Габаритні розміри, мм –	3960×1700×2145
Маса, кг –	3800

*Коротка технічна характеристика системи ЧПК 2P22:*

Система керування –	оперативна
Число керованих координат –	2
з них одночасно керованих –	2
Спосіб завдання розмірів –	в абсолютних значеннях
Спосіб програмування –	і у приращеннях з клавіатури ПК, від перфострічки, магнітної стрічки, від ЕОМ верхнього рівня
Система кодування – (модифікований)	код ISO–7 bit
Види інтерполяції –	лінійна і кругова;
Привод подач –	слідкуючий
Дискретність завдання переміщень, мм –	0,001;
Максимальне програмоване переміщення, мм –	9999,999;
Режими роботи –	ручний, автоматичний, напівавтоматичний, тест, введення даних, редагування КП.

Додаткові можливості: введення інформації на БВСІ, магнітну стрічку і перфострічку, корекція інструменту, швидкості подач і шпинделя, редагування програми в пам'яті (ОЗП), використання стандартних циклів (в діалоговому режимі).

### **2.3 Система ЧПК моделі 2P22**

Перед початком роботи на верстаті необхідно вивчити всі органи керування верстата і системи ЧПК, ознайомитись з символами клавіатури панелі оператора, які показані на рисунку 2.1 і розшифровані в таблиці 2.1.

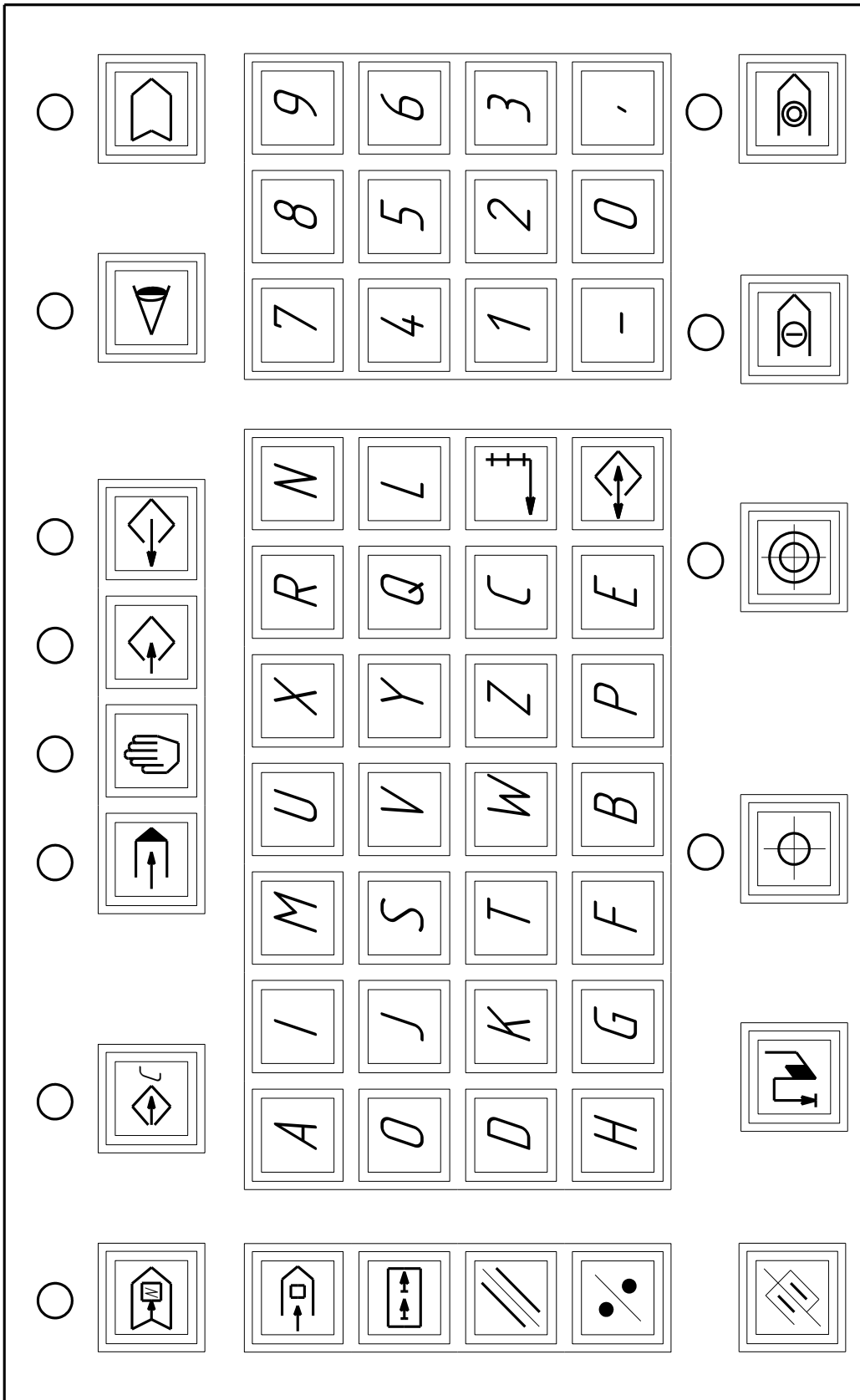


Рисунок 2.1 – Розташування клавш панелі оператора

Таблиця 2.1 – Символи клавіатури ПЧПК 2Р22

Позначення в тексті	Символ	Значення символу
1		ПОШУК КАДРУ (зупинка наприкінці кадру) зі світловою індикацією
2		ВВЕДЕННЯ КОНСТАНТ зі світловою індикацією
3		АВТОМАТ зі світловою індикацією
4		РУЧНЕ КЕРУВАННЯ зі світловою індикацією
5		ВВЕДЕННЯ зі світловою індикацією
6		ВИВЕДЕННЯ зі світловою індикацією
7		ТЕСТ зі світловою індикацією
8		НОСІЙ ІНФОРМАЦІЇ зі світловою індикацією
9		ЗСУВ КАДРУ
10		ЗСУВ ФРАЗИ
11		ЧИСТКА
12		ПОЧАТОК ПРОГРАМИ (КОРЕКЦІЯ)
13		СКИДАННЯ ПАМ'ЯТІ
14		ВВЕДЕННЯ ПО ЗРАЗКУ
15		ВИХІДНЕ ПОЛОЖЕННЯ зі світловою індикацією
16		ФІКСОВАНА ТОЧКА ВЕРСТАТА зі світловою індикацією
17		ПУСК зі світловою індикацією
18		СТОП зі світловою індикацією
19		ПОВЕРНЕННЯ КАРЕТКИ
20		ВВЕДЕННЯ ДАНИХ (ПЕРЕХІД СТРОКИ)

Беззмiстовний натиск кнопок i клавіш може призвести до виходу верстата з ладу.

### **2.3.1 Режими роботи ПЧПК 2P22**

Режими роботи задаються режимними клавішами, відповідність яких основним i допомiжним режимам роботи ПЧПК приведена в таблиці 2.2.

### **2.3.2 Включення верстата**

Включити вхiдний автомат, для цього необхідно виконати наступні дії:

- витягнути на себе валок механічного блокування;
- повернути рукоятку ввiдного автомату;
- натиснути кнопку “Подача напруги”;
- на панелі керування приводами натиснути кнопку “Включення приводів подач”;
- ввiмкнути пристрій ЧПК.

При правильному вмиканні пристрою на екрані БВСІ висвічується “Диагностика ПЧПК 2P22 ПО 00036–01”, а трохи поспiль – “Ручное управление”.

### **2.3.3 Прив’язка ПЧПК до параметрів верстата**

Для вводу параметрів верстата на початку роботи натисніть клавіші:

5 2 11 N 0 0 1 P

i чисельне значення першого параметру верстата. Набраний параметр i його номер висвічується на шостому рядку екрана БВСІ. Натисніть клавішу 20, параметр стирається, а на екрані висвічується номер наступного параметра N002. Знову введіть символ P, а за ним чисельне значення наступного параметра згідно таблиці 2.3 i так далі до кінця параметрів.

### **2.3.4 Прив’язка системи відліку до верстата**



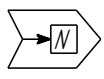
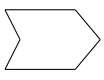
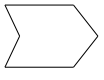
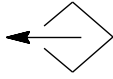
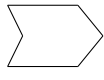
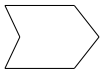

Прив’язка системи відліку до верстата виконується за наступною методикою.

Натисніть клавіші 4 i 16, при цьому над ними засвічуються світлодіоди, а на першому рядку БВСІ висвічується “Ручне керування ФП”.

Таблиця 2.2 – Відповідність клавіш режимам роботи ПЧПК

Основний режим		Допоміжний режим		Напис на першому рядку БВСІ	Функція пристрою, яка виконується в даному режимі
Діюча клавіша	Режим роботи	Діюча клавіша	Режим роботи		
1	2	3	4	5	6
	Автомат	–	–	АВТОМАТ	Обробка деталі за програмою
			Покадрове відпрацювання	ПОКАДРОВЫЙ	Обробка деталі за програмою з зупинкою в кінці кадру
	Ручне керування	–	–	РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ	Робота від мнемонічної рукоятки і штурвалів. Набір кадрів і їх відпрацювання. Складання програми по зразку.
			Вихід фіксовану точку верстата	РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФП	Прив'язка системи відліку до верстата
			Напівавтоматичне введення констант	ВВОД КОНСТАНТ ПОЛУАВТ	Напівавтоматичне введення в пам'ять плаваючого нуля і вильотів інструменту
		 	Напівавтоматичне введення вихідного положення	ВВОД КОНСТАНТ ПОЛУАВТ	Напівавтоматичне введення в пам'ять вихідного положення
			Вихід вихідне положення	РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВП	Безпосередній вихід у вихідне положення

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
	Введення інформації	–	–	ВВОД ПРОГРАМ МЫ	Введення програми з пульта керування, її індикація і редагування
			Введення констант	ВВОД КОНСТАНТ	Введення, індикація і редагування: вильотів інструменту, плаваючого нуля, вихідного положення, параметрів верстата
			Пошук кадру	ПОИСК КАДРУ	Пошук необхідного номера технологічної програми і його індикація
			Зовнішній носій магнітна стрічка	ВВОД ПРОГРАМ МЫ МЛ	Введення програми з магнітної стрічки по першому натисканні клавіші 8 після натиску клавіші 5.
			Зовнішній носій перфострічка	ВВОД ПРОГРАМ МЫ ПС	Введення технологічної програми з перфострічки по другому натисканні клавіші 8 після натиску клавіші 5
	Виведення інформації		Зовнішній носій магнітна стрічка	ВЫВОД МЛ	Виведення програми на магнітну стрічку по першому натисканні клавіші 8 після натиску клавіші 5
			Зовнішній носій перфострічка	ВЫВОД ПЛ	Виведення програми на перфострічку по другому натисканні клавіші 8 після натиску клавіші 5
	Тест	Перевірка працездатності ПЧПК за тест-програмами			

Натисніть клавішу 17, при цьому починається рух по координаті X. Напрямок руху – від осі шпинделя до оператора. При досягненні положення, яке визначається кінцевими вимикачами, рух по координаті X закінчується і починається рух по координаті Z в напрямку шпинделя. При досягненні положення, яке визначається кінцевими вимикачами, рух по координаті Z закінчується (рисунок 2.2).

Таблиця 2.3 – Значення параметрів верстата 16K20Ф3

Номер параметра	Числове значення параметра	Функціональне призначення
001	-200	Фіксоване положення по координаті X
002	-400	Програмний обмежувач по координаті -X
003	400	Програмний обмежувач по координаті +X
004	-500	Програмний обмежувач по координаті -Z
005	1000	Програмний обмежувач по координаті +Z
006	300	Максимальна кількість обертів шпинделя на 1-му діапазоні регульованого приводу
007	800	Те ж на 2-му діапазоні регульованого приводу
008	2000	Те ж на 3-му діапазоні регульованого приводу
009	0	Те ж на 4-му діапазоні регульованого приводу
010	12	Мінімальна кількість обертів шпинделя на 1-му діапазоні регульованого приводу
011	30	Те ж на 2-му діапазоні регульованого приводу
012	80	Те ж на 3-му діапазоні регульованого приводу
013	0	Те ж на 4-му діапазоні регульованого приводу
014	10	Повзуча швидкість шпинделя регульованого приводу
015	1	Індикація розходження по координатах
016	1000	Максимальна кількість обертів шпинделя при постійній швидкості різання
017	100	Мінімальна кількість обертів шпинделя при постійній швидкості різання

Одночасно вимикається сигналізація над клавішею 16, а на 4-му і 5-му рядках БВСІ висвічуються цифри, які характеризують координати ріжучої кромки інструмента відносно нуля деталі.



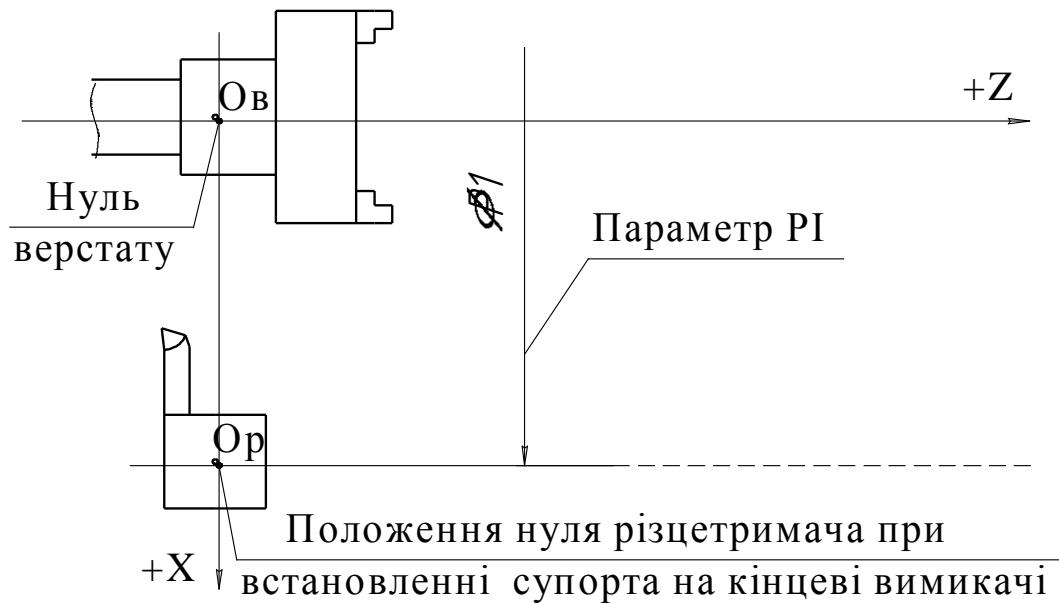


Рис.1. - Схема прив'язки системи відліку до верстату.

Рисунок 2.2 – Схема прив'язки системи відліку до верстата

### 2.3.5 Напівавтоматичне введення вихідного положення

При обробці кожної конкретної деталі оператор має можливість обрати положення різцетримача, зручне для зміни інструмента і закріплення заготовки в патрон, яке називається **ВИХІДНИМ ПОЛОЖЕННЯМ**. При необхідності зміни інструменту по закінченню обробки виконується переміщення у вихідне положення.

Напівавтоматичне введення вихідного положення в пам'ять ПЧПК виконується за наступною методикою.

1. Встановіть режим "Напівавтоматичне введення констант". Для цього натисніть наступні клавіші: 4 2. На екрані БВСІ при цьому висвічується напис: "ВВОД КОНСТАНТ ПОЛУАВТ(Ведення констант напівавтоматичне)".

2. Використовуючи мнемонічну рукоятку і штурвал, встановіть різцетримач у необхідне положення.

3. Натисніть клавішу 15. При цьому на шостому рядку екран БВСІ висвічуються координати вихідного положення.

4. Натисніть клавішу 20. Величини координат вихідного положення з екрану витираються і записуються в пам'ять.

Тепер в пам'яті пристрою зберігаються координати вихідного положення.

Якщо інструмент виведено з вихідного положення і його необхідно повернути назад, натисніть клавіші 4 15 17. Інструмент повернеться у вихідне положення.

### 2.3.6 Прив'язка інструмента до системи відліку

У випадку, коли у різцетримачі нема хоча б одного інструменту з відомими вильотами, прив'язка виконується за наступною методикою.

1. Для введення плаваючого нуля натисніть клавіші 5 2 Z і чисельне значення плаваючого нуля (у даному випадку 0). Символи, що набираються, висвічуються на 6-му рядку екрану БВсі. Натисніть клавішу 20, при цьому шостий рядок БВсі очиститься, плаваючий нуль введеться у пам'ять пристрою.

2. Виліт інструмента, з якого починається прив'язка, приймаємо рівним нулю. Для цього необхідно натиснути наступні клавіші: 5 2 T і номер інструмента Z0 X0.

3. Встановіть режим “Напівавтоматичне введення констант” (натисніть клавіші 4 2).

4. Введіть необхідні значення T (інструмент), S (кількість обертів шпинделя і діапазон частот), F (подача) і натисніть кнопку 17. При цьому відбувається переміщення у вихідне положення, встановлення необхідної позиції різцетримача і запуск шпинделя.

5. Використовуючи мнемонічну рукоятку і штурвали, виконайте обробку циліндричної частини заготовки.

6. Відведіть інструмент по координаті Z, не змінюючи його положення по координаті X, і вимкніть рух шпинделя натиском клавіші 18.

7. Виконайте вимірювання діаметру обробленої частини заготовки і ведіть цю величину під адресою X. При цьому на 7-му рядку екрану БВсі висвітиться введена величина.

8. Натисніть клавішу 14. При цьому на 6-му рядку екрану БВсі висвітиться номер інструмента і розраховане значення вильоту інструмента по координаті X, наприклад T1 X 105,64.

9. Ввімкніть шпиндель натисканням клавіші 17 і виконайте підрізання торця заготовки.

10. Відведіть інструмент по координаті X, не змінюючи його положення по координаті Z, і вимкніть шпиндель натисканням на клавішу 18.

11. Введіть показання плинного значення по координаті (значення показане на 5-му рядку екрану БВсі). При цьому на 7-му рядку екрану висвітиться введена величина.

12. Натисніть клавішу 14. При цьому до інформації на 6-му рядку додається інформація про розраховане значення вильоту інструменту по координаті Z, наприклад T1 X 105,64 Z 20.

13. Натисніть клавішу 20. При цьому значення вильотів інструментів записуються в пам'ять і з 6-го рядку стираються.

14. Введіть значення плаваючого нуля шляхом натиску на клавішу 14 (на 6-му рядку екрану БВСІ висвітиться значення плаваючого нуля), а потім клавішу 20. При цьому значення плаваючого нуля записується в пам'ять і з 6-го рядку екрану БВСІ стирається. Плинне значення по координаті Z буде рівним нулю, а на 8-му рядку екрану БВСІ висвітиться значення плаваючого нуля.

15. Встановіть в робочу позицію наступний інструмент шляхом набору відповідного значення T і натиску на клавішу 18. При цьому відбувається переміщення у вихідне положення, зміна інструмента і запуск шпинделя.

16. Виконайте прив'язку нового інструмента за раніше вказаною методикою.

Якщо значення вильотів інструментів відомі, то поступають наступним чином. Для введення вильотів інструмента натисніть клавіші 5 2 T і його номер, Z і його чисельне значення, X і його чисельне значення. При наборі номер інструменту і його вильоти з'являються в 6-му рядку БВСІ. Натисніть клавішу 20, при цьому 6-й рядок очищається, вильоти вводяться у пам'ять пристрою. Потім знову набирається T, номер і вильоти на наступний інструмент у відповідності з даним пунктом.

### **2.3.7 Індикація констант в пам'яті ПЧПК**

1. Для індикації плаваючого нуля натисніть клавіші: 5 2 9 .
2. Для індикації вихідного положення – ще раз клавішу 9 (про індикацію вихідного положення повідомляє напис ИП у правому куті першого рядку екрану БВСІ).
3. Для індикації вильотів інструментів – ще раз клавішу 9. Коли зона вильотів закінчується, висвічується напис КК. При подальшому натисканню клавіші 9 індикація починається знову з плаваючого нуля.
4. Для індикації параметрів верстата натисніть клавіші 5 2 P 9 ; по кожному натиску клавіші 9 висвічується наступний параметр, про закінчення параметрів повідомляє напис КР.

### **2.3.8 Введення програми**

Для роботи в режимі введення програми спочатку натисніть клавіші 5 13 N і номер першого кадру програми 001.

Набирання програми виконується по кадрам. Програма, що набирається висвічується на 6, 7 і 8-му рядках екрану БВСІ. В процесі набору остання набрана фраза може бути стерта натиском клавіші 11. Для введення набраного кадру в пам'ять пристрою натисніть клавішу 20, при цьому кадр стирається з екрану БВСІ, а номер кадру автоматично збільшується на одиницю, якщо програма не закінчена, або висвічується КП в правому куті 1-го рядку екрану БВСІ, якщо програма закінчена.

Для індикації введеної в пам'ять пристрою технологічної програми натисніть клавіші 5 9, при цьому 1-й кадр програми висвічується на екрані БВСІ. Повторним натисканням клавіші 9 висвічується наступний кадр. Таким чином можна побачити всю введену програму. Про закінчення програми повідомляє напис КП у правому куті 1-го рядку екрану БВСІ. Після закінчення програми індикація починається знову з першого кадру.

Для того, щоб продивитися програму з певного кадру необхідно натиснути клавіші 6 1 N, номер необхідного кадру і клавішу 9. Необхідний кадр програми висвітиться на екрані БВСІ.

### **2.3.9 Виконання програми**

В режимі “Автомат” можливе наступне:

- відпрацювання програми спочатку згідно п. 2.3.9.1;
- покадрове відпрацювання – п. 2.3.9.2.

2.3.9.1 Автоматичне відпрацювання програми, починаючи з першого кадру N001, відбувається натисканням клавіш 3 12 17. На другому рядку екрану БВСІ при відпрацюванні програми висвічується номер кадру, який відпрацьовується. Якщо в програмі є кадри з циклами L8, L9, то до відпрацювання останнього проходу висвічується номер кадру, в якому записаний цикл L8 або L9.

Якщо відпрацювання необхідно зупинити, то натисніть клавішу 18. Для продовження обробки натисніть клавішу 17.

Якщо режим хочете скасувати, то після натиску клавіші 18, натисніть клавішу основного режиму.

2.3.9.2. якщо необхідно відпрацювати програму кадр за кадром (покадрове відпрацювання), починаючи з кадру N001, то натисніть наступні клавіші: 3 12 1 17. Після відпрацювання кадру рух зупиняється; для відпрацювання наступного кадру натисніть клавішу 17. Повторне натискання клавіші 1 скасовує о кадрове відпрацювання.

## 2.4 Система кодування, елементи програмування

Пристрій ЧПК передбачає можливість введення в пам'ять пристрою програми на обробку деталі з пункту керування або з програмоносія. В якості програмоносія використовується 8-стрічкова паперова перфострічка шириною 25,4 мм або касетна магнітна стрічка. Програмування перфострічки можливо лише в кодї ISO–7 bit.

В даній роботі розглядаються принципи складання програм, які використовуються для введення з пульта керування.

### 2.4.1 Основні адреси команд

Адреси команд при складанні програм керування задаються у вигляді літер латинського алфавіту і приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Адреси команд ПЧПК 2P22

Символ	Значення символу
A	Припуск на чистову обробку
B	З якого кадру повтор
C	Фаска під кутом 450
D	Витримка часу
E	Функція подачі (швидкий хід)
F	Функція подачі (робочий хід)
H	Кількість повторів
L	Постійний цикл
M	Допоміжна функція
N	Номер кадру
P	Глибина різання, ширина різця
Q	Галтель
R	Дуга
G	Підготовча функція
S	Швидкість головного руху
T	Функція інструменту (номер)
U	Переміщення по осі X в прирощеннях
W	Переміщення по осі Z в прирощеннях
X	Переміщення по осі X в абсолютних значеннях
Z	Переміщення по осі Z в абсолютних значеннях

Адреса в сполученні з цифрами, що стоять після неї, утворюють слово (команду). Наприклад A1 – припуск на чистову обробку 1 мм; N001 – номер кадру – перший; Z30 – переміщення по осі Z на 30 мм від початку координат в додатному напрямку; M02 – команда “Закінчення програми”.

#### 2.4.2 Основні технологічні команди

Під адресами M і G в кодї ISO передбачено до 100 команд для кожної адреси, але в ПЧПК використовуються лише деякі з них, які приведені в таблиці 2.5. Команди G10 і G11 програмуються окремими кадрами.

Таблиця 2.5 – Підготовчі і допоміжні функції ПЧПК 2P22

Технологічна команда	Функція технологічної команди
M00	Запрограмована зупинка
M01	Зупинка з підтвердженням
M02	Закінчення програми
M08	Вмикання охолодження
M09	Вимикання охолодження
M17	Закінчення опису деталі для циклів L08, L09, L10
M18	Закінчення частини програми, яка буде повторюватись в циклі 11
M20	Передача керування роботу
G05	Знімає гальмування в кінці кадру
G10	Задається перед кадрами, якщо необхідно підтримувати постійною швидкістю різання в залежності від діаметру обробки
G11	Відмінює команду G10

#### 2.4.3 Постійні цикли

ПЧПК 2P22 дозволяє виконувати окремі переходи у напівавтоматичному режимі (циклі). Достатньо лише вказати номер циклу і задати його параметри.

В таблиці 2.6 приведені всі постійні цикли, які реалізуються ПЧПК, а також основні функції, що виконуються в системі.

Зміст і параметри постійних циклів приведені в таблиці 2.7. Так, наприклад, для нарізання зовнішньої циліндричної різі M24 з кроком 1,5, довжиною 30 мм у постійному циклі при складанні програми достатньо вказати наступне: L01 F1,5 W-30 X22,08 A0 P0,25 C2, де F1,5 – крок різі; W30 – довжина різі; X22,08 – внутрішній діаметр різі; A0 – нахил різі, для

циліндричних різей дорівнює нулю;  $R_{0,25}$  – глибина різання за один прохід;  $C_2$  – збіг різі 3 мм.

Таблиця 2.6 – Постійні цикли ПЧПК 2P22

Постійний цикл	Функція, яка виконується пристроєм
L01	Цикл нарізання різі зовнішньої, внутрішньої, циліндричної, конічної, однопрохідної, багатопрохідної
L02	Те ж прорізання прямокутних канавок
L03	Цикл “петля” при зовнішній обробці
L04	Цикл “петля” при внутрішній обробці
L05	Цикл “петля” при торцевій обробці
L06	Цикл глибокого свердління
L07	Цикл нарізання різі мітчиком або плашкою
L08	Цикл чорнової обробки з припуском і без припуску
L09	Цикл обробки поковок
L10	Цикл чистової обробки
L11	Цикл повторення частини програми

Цикл прорізання канавок L02 використовується також для відрізання деталі, при цьому необхідно внутрішній діаметр задати рівним нулю.

Якщо заготовка деталі має форму циліндра, то використовується цикл L08, при цьому обробка ведеться паралельно твірній циліндру. У випадку, якщо форма заготовки наближена до кінцевого контуру (наприклад, поковка) використовується цикл L09 і обробка проводиться паралельно кінцевому контуру деталі.

Перед програмуванням циклу L08 або L09 необхідно запрограмувати вихідну точку циклу.

Для циклу L08 такою точкою є початок заготовки (координата  $X$  дорівнює діаметру заготовки, а координата  $Z$  – координаті  $Z$  початку кінцевого контуру деталі).

Для циклу L09 перед програмуванням вихідної точки циклу вимірюється максимальний припуск під обробку по всій деталі, як по діаметру, так і по довжині. Якщо чотири припуски по довжині більше припуску по діаметру, то додають чотири припуски по довжині до розміру по діаметру, а припуск по довжині до координати торця, що і буде координатою вихідної точки. Якщо чотири припуски по довжині менше припуску по діаметру, то для розрахунку вихідної точки береться припуск по діаметру, а зміщення по торцю визначається діленням припуску по діаметру на чотири.

Таблиця 2.7 – Параметри постійних циклів ПЧПК 2Р22

Ном ер цик лу	Назва циклу	Зміст циклу	Параметр в режимі “діалог”	Призначення параметру
1	2	3	4	5
L01	Різьба	Цикл нарізання циліндричних і конічних різей з автоматичним розділом на проходи	F – крок	Крок різі, в мм
			W – довжина	Довжина різі, в мм
			X – діаметр	Внутрішній діаметр різі, в мм
			A – нахил	Нахил різі (величина дорівнює приросту діаметрів) для конічних різей. Для циліндричних різей A=0
			P – глибина різання	Максимальна глибина різання за один прохід (розмір по радіусу), в мм
			C – збіг	C=1 – збіг різі; C=0 – збіг відсутній
L02	Канавк а	Цикл прорізання канавок з автоматичним розділом на проходи	D – витримка	Пауза, в секундах
			X – діаметр	Внутрішній діаметр канавки, в мм
			A – ширина	Ширина канавки, в мм
			P – ширина різця	Ширина різця, в мм
L03	З Петля	Цикл зовнішньої обробки по координаті Z з автоматичним відскоком і поверненням на ШХ в початкову точку	W – довжина	Довжина петлі, в мм
L04	В Петля	Цикл внутрішньої обробки по координаті Z з автоматичним відскоком	W – довжина	Довжина петлі, в мм



Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5
L05	Т Петля	Цикл обробки по торцю з автоматичним відскоком	X – діаметр	Остаточний діаметр торця, що підрізається, в мм
L06	Свердління	Цикл глибокого свердління з автоматичним розподілом на проходи	P – глибина різання	Максимальна глибина свердління за один прохід, в мм
			W – довжина	Глибина свердління, в мм
L07	Різьба	Цикл нарізання різі мітчиком або плашкою	F – крок	Крок різі, в мм
			W – довжина	Довжина різі, в мм
L08	Ц Обробка	Цикл багато прохідної обробки циліндричної заготовки з автоматичним розподілом на проходи	A – припуск	Припуск під чистову обробку, в мм. Якщо обробка остання, то A=0 (розмір по діаметру)
			P – глибина різання	Максимальна глибина різання за один прохід, в мм (розмір по радіусу)
L09	П Обробка	Цикл багатопрохідної обробки поковок з автоматичним розподілом на проходи	A – припуск	Припуск під чистову обробку (розмір по діаметру), в мм. Якщо чистова обробка не передбачена, то A=0
			P – глибина різання	Максимальна глибина різання за один прохід, в мм (розмір по радіусу)
L10	Ч Обробка	Цикл чистової обробки по контуру з заданого номеру кадру	B – номер кадру	Номер кадру початку опису деталі
L11	Повтор	Цикл повторення заданої частини програми	H – число	Кількість повторів
			B – номер кадру	Номер кадру початку повторів

При обробці деталі припуск під чистову обробку по осі  $Z$  визначається автоматично: діленням заданого припуску по діаметру на чотири.

Частота обертання заготовки і подача задаються перед циклом із розрахунку найменшого діаметру кінцевого контуру при зовнішній обробці і найбільшого при внутрішній обробці.

Цикли L08 і L09 закінчуються в кінцевій точці опису деталі. Частота обертання шпинделя не відновлюється.

При обробці кінцевого контуру зміна частоти обертання відбувається між кадрами. Якщо кінцевий контур деталі для циклу L09 починається з фаски, галтелі або конуса, то необхідно програмувати на початку контуру умовну циліндричну ступінь довжиною, рівною розрахованому припуску по координаті  $Z$ .

Перед програмуванням циклів L10, L01 і L02 також необхідно запрограмувати вихідну точку циклу.

Для циклу L01 координата  $X$  вихідної точки циклу повинна дорівнювати зовнішньому діаметру різи при зовнішній різі або внутрішньому діаметру при внутрішній різі. Координата  $Z$  цієї точки повинна знаходитися на відстані рівній (або більшій) подвійному кроку різи від координати початку різи (для забезпечення розгону приводу).

Для циклу L02 координата  $Z$  вихідної точки циклу повинна співпадати з координатою лівої кромки канавки. Цикл включає переміщення на робочій подачі до координати  $X$ , витримку часу (якщо  $D$  не дорівнює нулю), повернення у вихідну точку на швидкому ході, зміщення по координаті  $Z$  в додатному напрямку на величину  $P$  до досягнення ширини канавки величини  $A$ . Цикл закінчується відскоком по осі  $X$  у вихідну точку, а по осі  $Z$  інструмент залишається в точці останнього проходу.

Цикли L03, L04, L05, L06 і L07 мають наступні схеми обробки.

Цикл L03 і L04: переміщення на робочій подачі на величину  $W$  з врахуванням знаку, відскок на 1 мм (напрямок відскоку залежить від циклу), повернення на швидкому ході у вихідну точку.

Цикл L05: переміщення на робочій подачі по осі  $X$ , відскок на 1 мм по координаті  $Z$  в додатному напрямку, повернення на швидкому ході у вихідну точку.

Цикл L06: переміщення на робочій подачі у від'ємному напрямку на величину  $P$ , повернення на швидкому ході у вихідну точку, переміщення на швидкому ході в точку, яка знаходиться на відстані 3 мм від точки попереднього свердління, переміщення на робочій подачі на значення  $(P+3)$  мм і т. д. до досягнення глибини свердління заданої величини  $W$ .

Цикл L07: переміщення на подачі  $E$  на величину  $W$  з врахуванням знаку, реверс шпинделя, повернення у вихідну точку на подачі  $F$ .

#### 2.4.4 Програмування фасок, галтелей і дуг

Програмування фасок під кутом 450 задається адресою C зі знаком і кінцевим розміром по тій координаті, по якій йде обробка деталі перед фаскою. Знак під адресою C повинен співпадати зі знаком обробки по координаті X. Напрямок по координаті Z задається лише у від'ємному напрямку.

Програмування галтелей задається адресою Q зі знаком і кінцевим розміром по тій координаті, по якій відбувається обробка деталі перед галтеллю. Знак під адресою Q повинен співпадати зі знаком обробки по координаті X. Напрямок по координаті Z задається лише у від'ємному напрямку.

Для завдання дуги вказуються координати кінцевої точки дуги і радіус під адресою R зі знаком. При обробці за годинниковою стрілкою – знак додатній, а проти годинникової стрілки – від'ємний.

На рисунку 2.3 показані ескізи деталей для програмування фасок, галтелей і дуг.

Приклади запису в кадрі фасок при зовнішній обробці:

U20 C5 (а)	Z-15 C5 (в)
X30 C5 (б)	W-15 C5 (в)

Приклади запису в кадрі фасок при внутрішній обробці:

Z-15 C-5 (г)	U-20 C-5 (д)
W-15 C-5 (г)	X10 C-5 (е)

Приклади запису галтелей в кадрі:

Z-15 Q5 (ж)	X20 Q-5 (і)
X40 Q7 (з)	Z10 Q-5 (к)

Приклади завдання дуг в кадрі:

U18 W-14 R24 (л)	X50 Z-20 R-15 (н)
U-24 W14 R-25 (м)	Z29 X28 R30 (о)

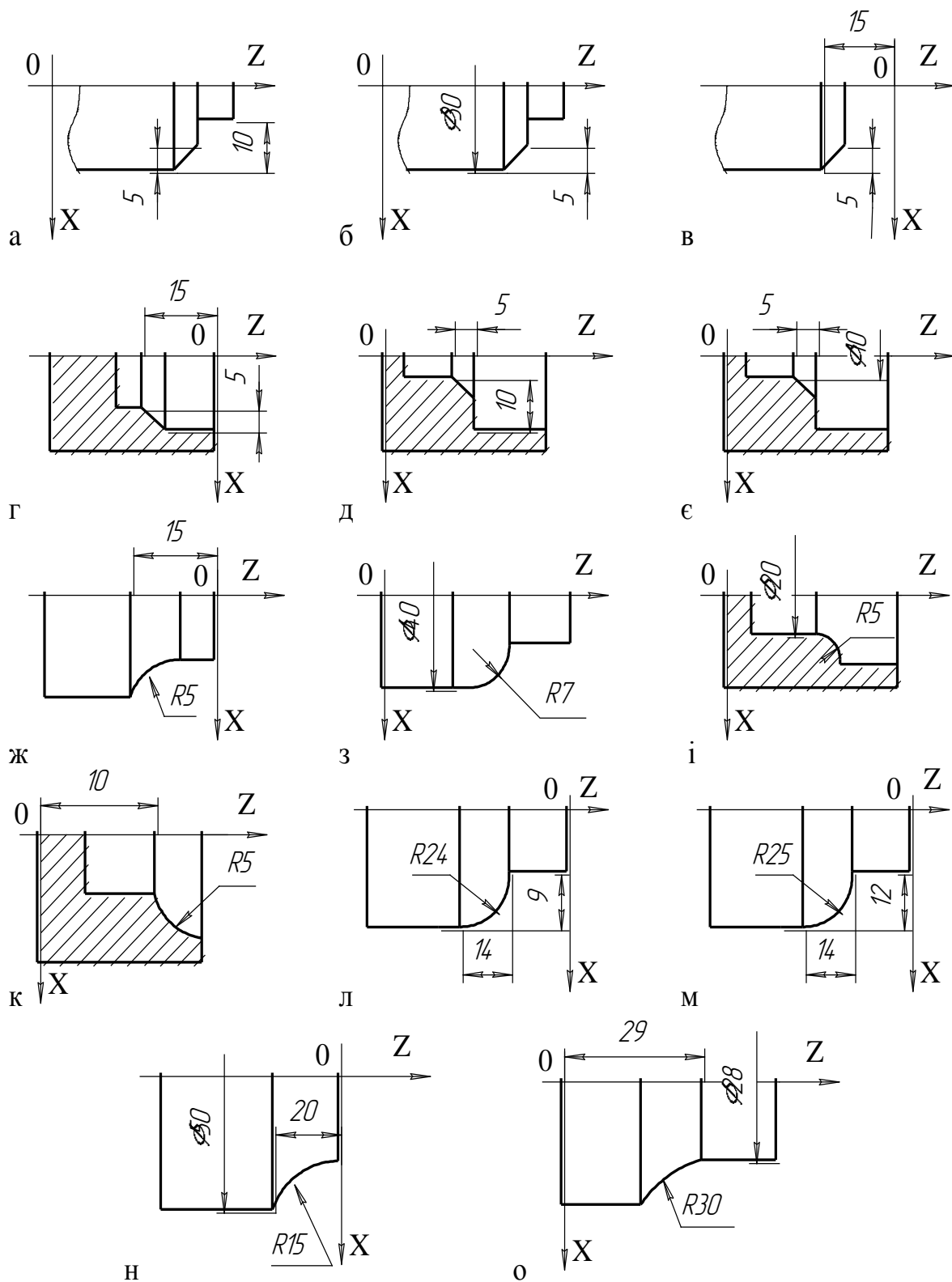


Рисунок 2.3 – Приклади обробки фасок, галтелей і дуг

## 2.5 Складання програми

Програма складається із декількох кадрів. На початку кадру задається номер кадру N. Кожний кадр може складатися із декількох слів. Порядок слів в кадрі довільний, але в одному кадрі не можна програмувати два слова з однією адресою.

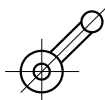
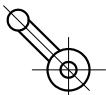
Величина подачі робочого органу верстата задається під адресою F [мм/об]. В циклі різьбонарізання під адресою F задається крок різі.

Частота обертання шпинделя задається під адресою S, наприклад, S2 –250. Мінус означає обертання шпинделя за годинниковою стрілкою (якщо мінус відсутній, то обертання проти годинникової стрілки); 250 – частота обертання шпинделя, об/хв; 2 – діапазон частот обертання шпинделя (береться у відповідності з таблицею 2.8).

Величини переміщень можуть задаватись в абсолютних або відносних координатах з точністю до 0,001 мм з програмуванням десяткової точки (коми).

Час витримки (пауза) програмується під адресою D у окремому кадрі з точністю до 0,001 с.

Таблиця 2.8 – Діапазони частот обертання шпинделя

Положення рукоятки на шпиндельній бабці	Номер діапазона	Межі частот обертання в кожному діапазоні, об/хв
	1	22,4...355
	2	63...900
	3	160...2440

В першому кадрі програми зазвичай вказується номер інструмента T1...T6 (у відповідності з його нумерацією в різцетримачі), діапазон частот обертання шпинделя і частота його обертання, а також подача; в другому – координати вихідної точки вершини інструменту, в яку він переміщується на швидкому (холостому) ході. Наприклад:

N001 T2 S2 500 F0,35  
N002 Z5 E X70 E

При цьому необхідно відмітити, що звичайно початок координат розташований на торці деталі, у відповідності з рисунком 2.4. Напрямок осі  $Z$  співпадає з поздовжньою віссю заготовки, напрямок осі  $X$  – перпендикулярний до неї.

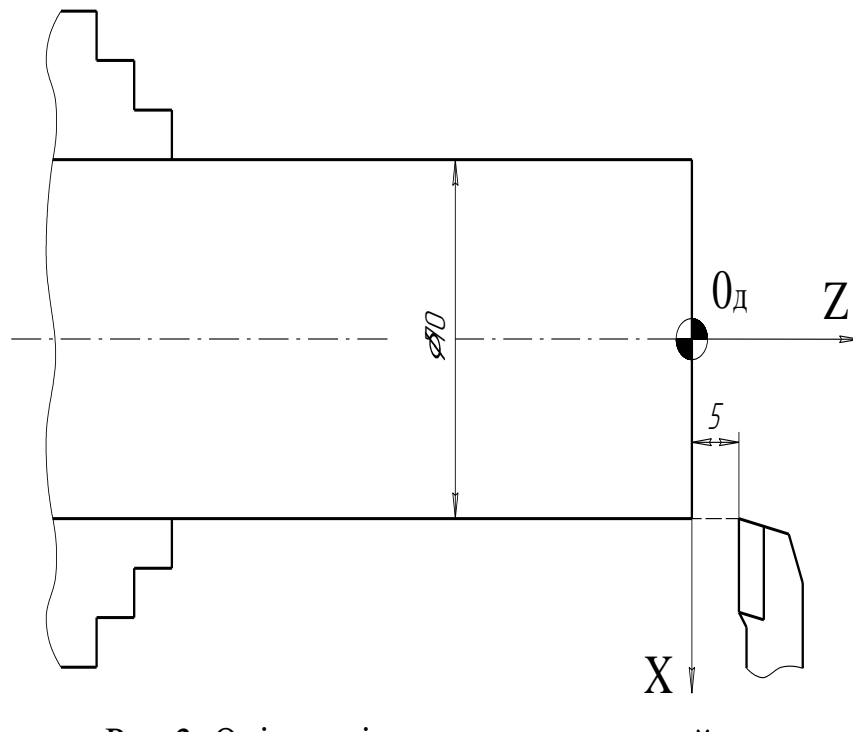


Рисунок 2.4 – Орієнтація координатних осей

Координата  $X$  завжди вказує на діаметр циліндричної поверхні, що одержується при обробці інструментом, який встановлено по даній координаті.

### 2.5.1 Чорнова обробка циліндричних ступінчатих поверхонь

Цей вид обробки ілюструється на рисунку 2.5. Із циліндричної заготовки  $\varnothing 70$  мм необхідно отримати ступінчасту деталь. Обробка містить послідовне виконання визначеної кількості проходів. При виконанні проходів глибина різання у більшості випадків складає 2,5 мм. Таким чином, для отримання  $\varnothing 42$  виконується чотири проходи з глибиною різання 2,5 мм і один – з глибиною різання 1,5 мм, причому після останнього проходу підрізується торець, для чого залишається припуск 0,5 мм.

Програма буде мати наступний вигляд:

N001 T1 S2 500 F0,25  
 N002 Z5 X65 E  
 N003 Z-80  
 N004 Z5 E  
 N005 X 60  
 N006 Z-42  
 N007 Z5 E  
 N008 X55  
 N009 Z-42  
 N010 Z5 E  
 N011 X50  
 N012 Z-42  
 N013 Z5 E

N014 X45  
 N015 Z-42  
 N016 Z5 E  
 N017 X42  
 N018 Z-42,5  
 N019 X66  
 N020 Z5 E  
 N021 X34  
 N022 Z-2 C2  
 N023 Z-20  
 N024 X43  
 N025 M02

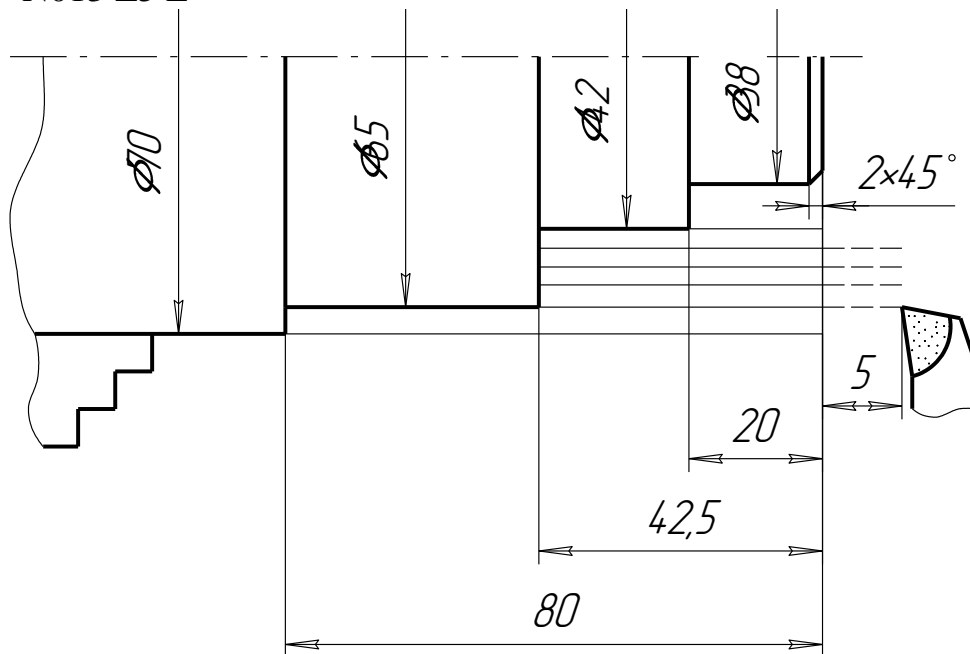


Рисунок 2.5 – Схема обробки циліндричних ступінчатих поверхонь

Розподіл на проходи може бути виконаний ПЧПК автоматично, якщо програму скласти із застосуванням циклу L08. В цьому випадку програма буде виглядати значно лаконічніше:

N001 T1 S2 500 F0,25  
 N002 Z5 X70 E  
 N003 L08 A0 P2,5  
 N004 X34  
 N005 Z-202  
 N006 Z-20

N007 X42  
 N008 Z-42,5  
 N009 X65  
 N010 Z-80 M17  
 N011 M02

Після того, як вказано номер циклу і його параметри слід описати поверхні деталі шляхом завдання кінцевих координат частин поверхонь.

### 2.5.2 Чорнова і чистова обробка поверхонь складної конфігурації

В якості прикладу розглядається програма чорнової і чистої обробки поверхні, схематично зображеної на рисунку 2.6. Конфігурація поверхні достатньо складна і обробляти її краще з використанням постійних циклів L08 і L10.

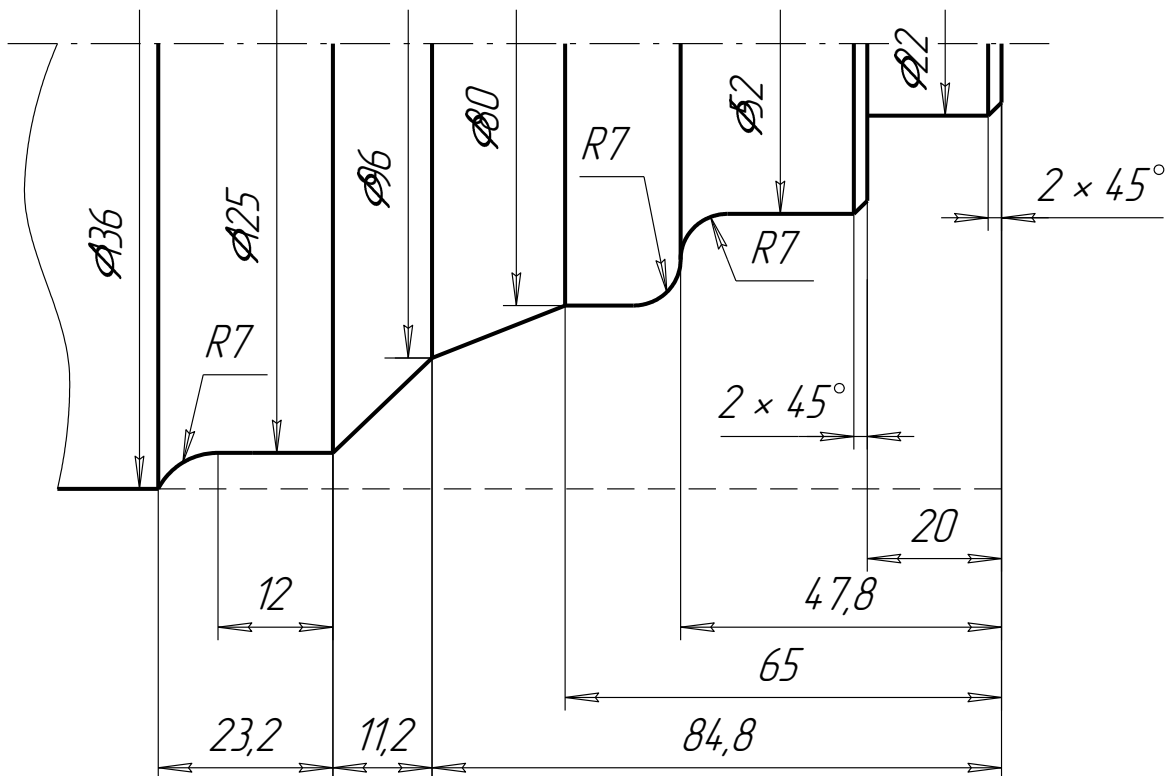


Рисунок 2.6 – Поверхня складної конфігурації

Програма буде мати наступний вигляд:

N001 T1 S2 300 F0,15	N010 X96 W-19,8
N002 Z5 X136 E	N011 X125 Z-96
N003 L08 A1 P3	N012 W-12
N004 X22 C2	N013 X136 W-11,2 R-14 M17
N005 Z-20	N014 T1 S3 750 F0,008
N006 X52 C2	N015 Z0 E
N007 Z-47,8 R7	N016 X18 E
N008 X80 Q7	N017 L10 B4
N009 Z-65	N018 M02



На відміну від попередньої програми, тут при вказуванні циклу L08 дається припуск на чистову обробку, рівний 1 мм (A1). Необхідно звернути увагу на кадр N010, в ньому переміщення по осі Z дається в приращеннях, оскільки так зручніше, виходячи зі способу завдання розмірів.

Перед тим як вказати цикл чистової обробки в кадрі N014 вказується нова (підвищена) частота обертання шпинделя і менша подача для того ж самого інструмента (прохідного різця) T1. Перед початком циклу чистової обробки різець встановлюється у вихідну точку.

### 2.5.3 Чорнова обробка деталей з вилитих, кованих і штампованих заготовок

Складання програм чорнової обробки деталей із вилитої, кованої або штампованої заготовки з застосуванням циклу L09 пояснюється прикладом на рисунку 2.7.

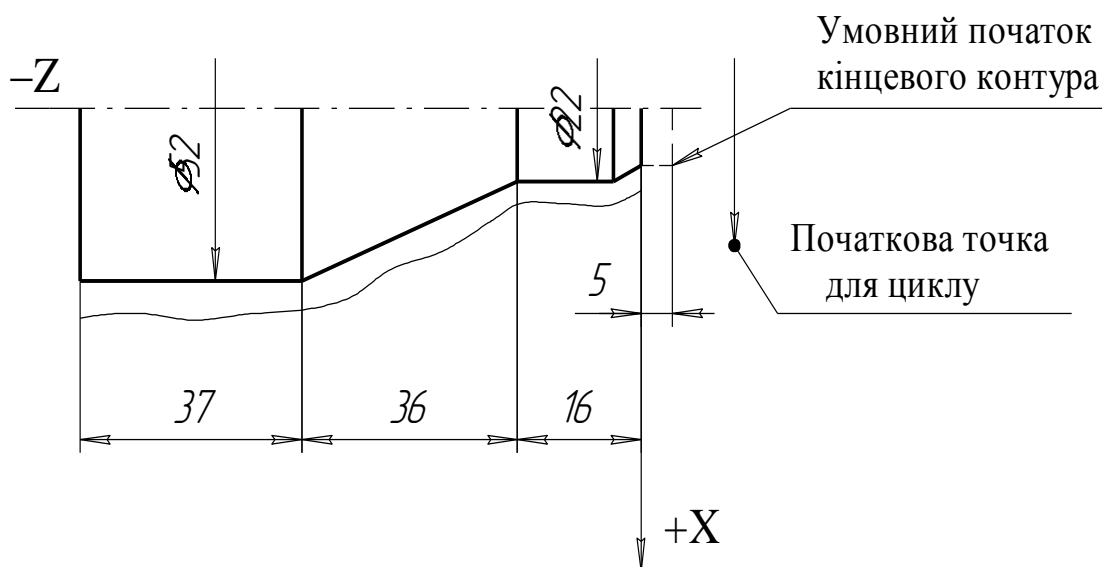


Рисунок 2.7 – Схема поверхні деталі і заготовки

Максимальне відхилення заготовки від готової деталі складає 5 мм по торцю і 12 мм по діаметру, тому перед циклом інструмент необхідно ввести в точку з координатами Z5 ( $0+5=5$ ), X42 ( $22+4\cdot5=42$ ), так як  $5 > 12:4=3$ .

N001 T1 S2 200 F0,12  
 N002 Z5 X42 E  
 N003 L09 A0 P2,7  
 N004 X22  
 N005 Z-16

N006 X52 W-36  
 N007 W-37 M17  
 N008 M02

Якби максимальне відхилення заготовки від готової деталі складало 2 мм по торцю і 12 мм по діаметру, то інструмент необхідно було б вивести в точку з координатами X36 (22+12) і Z3 (12:4=3), оскільки  $2 < 12:4=3$ . Другий кадр приведеної програми для цього прикладу був би:

N002 Z3 X36 , а всі інші кадри залишилися б без зміни.

Якщо в деталі по рисунку 2.7 на початку необхідно зробити фаску розміром 2×2 мм, то програма буде наступною:

```
N001 T1 S2 200 F0,12
N002 Z5 X 42 E
N003 L09 A0 P2,7
N004 X18 – умовна циліндрична ступінь
N005 Z0
N006 X22 C2 – кадр з фаскою
N007 Z-16
N008 X52 W-36
N009 W-37 M17
N010 M02
```

#### **2.5.4 Загальні рекомендації по складанню програм**

Перед тим як починати складати програми, необхідно ознайомитися зі змістом розділів 1–5 і приведеними в них прикладах програмування.

При складанні програми необхідно широко використовувати постійні цикли L01–L11. Такі переходи, як нарізання різі, прорізання канавок і відрізання готової деталі програмуються в циклах достатньо просто. Необхідно також пам'ятати, що опис деталі в циклах L08 і L09 повинен містити не більше 15 кадрів, причому кадри з фаскою і галтеллю рахують як два кадри.

Для прикладу на рисунку 2.8 показана схема обробки деталі з програмою її обробки, підготовленої для верстата 16K20Ф3 з ПЧПК 2P22.

#### **2.6 Методика виконання лабораторної роботи**

Роботу необхідно виконувати в такій послідовності:

1. Ознайомитися з будовою і технічними характеристиками верстата і системи ЧПК (див. п. 2).
2. Вивчити особливості програмування для системи ЧПК 2P22 (п. 4).
3. Згідно індивідуальному завданню (видається викладачем), скласти керуючу програму обробки деталі.
4. Ознайомитися з основними режимами роботи верстата з ПЧПК 2P22 (див. п. 3).
5. Ввести керуючу програму в ПЧПК і перевірити її шляхом

відпрацювання пробної деталі на верстаті (при необхідності виконати корекцію).

6. Оформити звіт і зробити висновки по роботі.

***УВАГА! Робота на верстаті дозволяється лише у присутності викладача або учбового майстра після проходження інструктажу з техніки безпеки.***

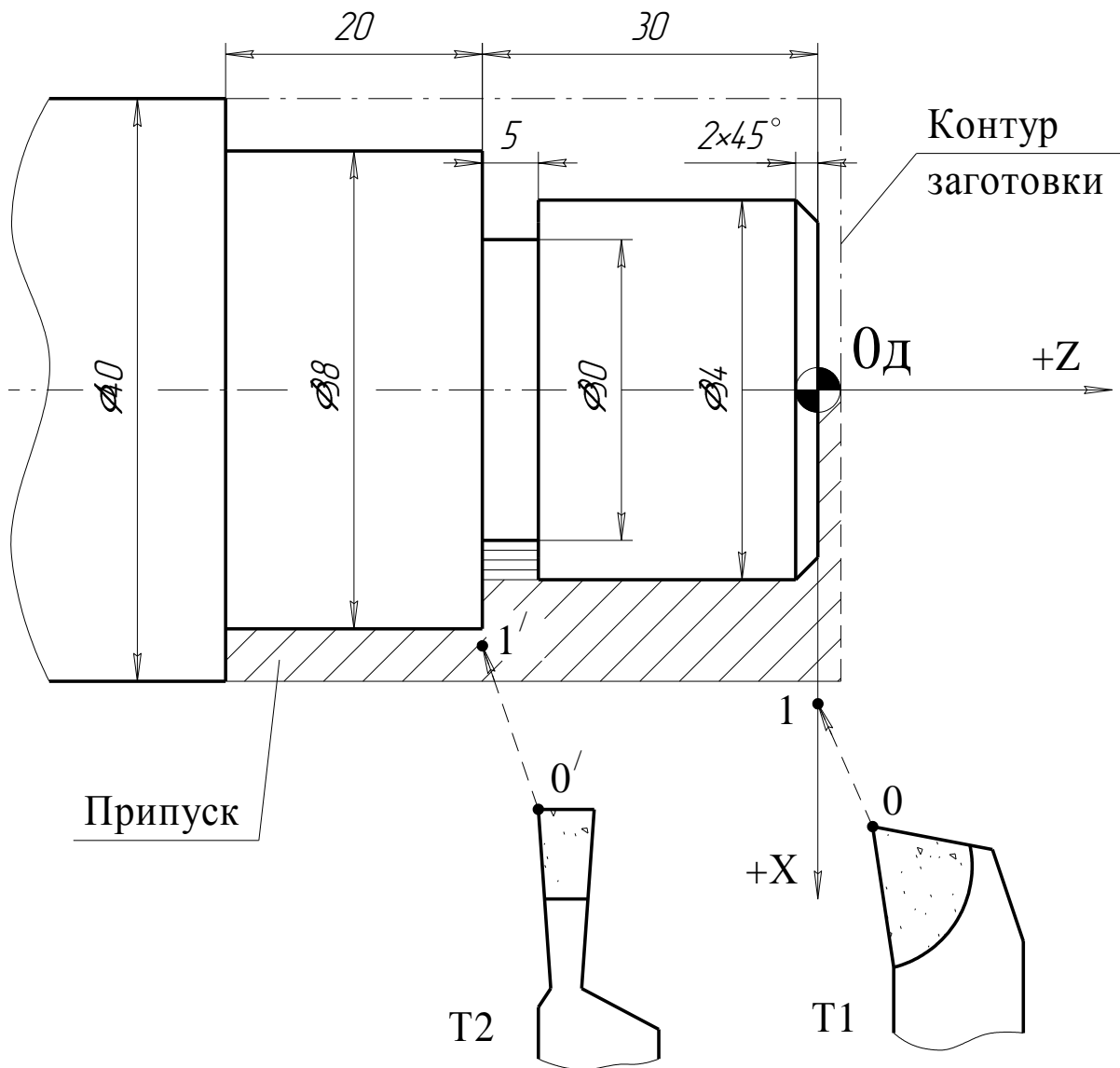
**Порядок роботи на верстаті наступний:**

1. Ввімкнути живлення верстата і пристрою ЧПК.
2. Натиснути кнопку ВКЛ на ПК ПЧПК.
3. Ввімкнути живлення приводів подач на ПК верстата.
4. Прив'язати систему відліку к параметрам і нульовій точці верстата (розділи 3.3, 3.4).
5. Ввести вихідне положення супорту (розділ 3.5). Ввімкнути обертання шпинделя.
6. Встановити перший інструмент в робочу позицію, наприклад упорний різець ( $\phi = 90^0$ ) (Т1), і ввести нульову корекцію на його розміри (див. розділ 3.6).
7. Прив'язати систему відліку до деталі (розділ 3.6).
8. Встановити наступний інструмент і ввести корекцію на його розміри (розділ 3.6). Аналогічні дії виконати для всіх інструментів, які використовуються в керуючій програмі.
9. Вимкнути обертання шпинделя і зняти заготовку.
10. Ввести технологічну керуючу програму в пам'ять ПЧПК з клавіатури ПК (розділ 3.8).
11. Перевірити правильність вводу програми в режимі "Редагування" і при необхідності відредагувати її, ввівши відповідні корективи (див. розділ 3.8).
12. У напіваавтоматичному режимі відпрацювати керуючу програму по кадрам без різання (на холостому ході) (розділ 3.9).
13. Відпрацювати керуючу програму в автоматичному режимі (див. розділ 3.9). При наявності явних помилок повторити пп. 11–13.
14. Встановити і закріпити заготовку в патроні шпинделя. Обробити деталь за програмою в автоматичному режимі.
15. Зняти деталь і провести її вимірювання, порівнявши з заданими на кресленні. Зробити висновки про якість деталі.

## **2.7 Варіанти індивідуальних завдань**

Для деталей з таблиці 2.9 з врахуванням розмірів заготовки скласти керуючі програми, ввести їх в ПЧПК моделі 2P22 і обробити деталі на верстаті.

Варіант індивідуального завдання видається студенту викладачем.

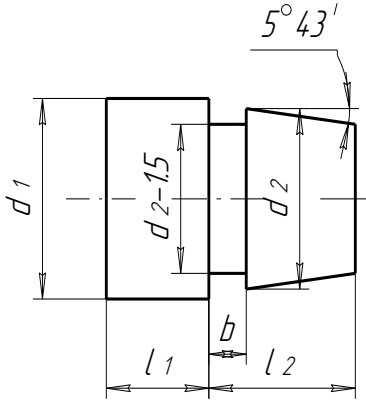
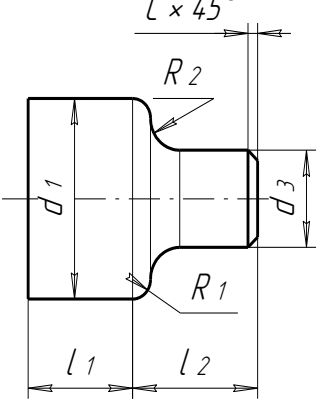
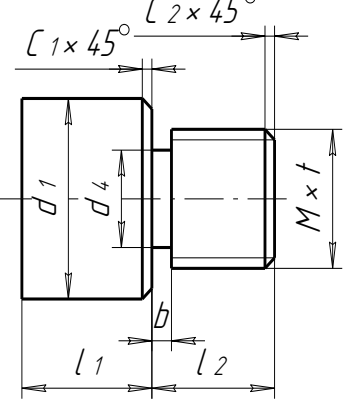


N001 T1 S3 500 F0,1  
 N002 X41 Z0 E  
 N003 X0  
 N004 X41 E  
 N005 L08 A0 P1,5  
 N006 X30  
 N007 X34 Z-2  
 N008 W-28

N009 U4  
 N010 Z-50  
 N011 X41  
 N012 M17  
 N013 T2 S3 300 F0,02  
 N014 X39 Z-30  
 N015 L02 D2 X30 A5 P4  
 N016 M02

Рисунок 2.8 – Схема обработки детали з програмою для ЧПК

Таблиця 2.9 – Варіанти індивідуальних завдань

Деталь 1				Деталь 2					Деталь 3				
 <p><math>(\operatorname{tg}5^{\circ}43' = 0.1)</math></p>													
Номер варіанту	d1	d2	d3	d4	M	R1	R2	l1	l2	b	C	C1	C2=t
1	22	20	12	17.0	20	2.0	3.0	15	15	6	1	2	2.5
2	23	21	13	17.8	20	2.0	3.0	16	15	5	1.6	2.5	2.0
3	24	22	14	18.3	20	2.0	3.0	17	15	4	2	2.5	1.5
4	25	23	15	19.2	22	2.5	2.5	18	20	6	2	3	2.5
5	26	24	16	20.9	22	2.5	2.5	19	20	3	2	2.5	1.0
6	27	25	17	22.3	24	2.5	2.5	20	20	4	1.6	2.5	1.5
7	28	26	18	21.8	24	3.0	1.0	21	12	5	1	2	2.0
8	29	27	19	25.9	27	3.0	1.0	22	12	3	1.6	2.5	1.0
9	30	28	20	25.3	27	3.0	1.0	23	12	4	2	2.5	1.5
10	31	29	21	24.8	27	2.0	3.0	24	15	5	1	2	2.0
11	32	30	22	27.8	30	2.0	3.0	25	15	5	2	3	2.0
12	33	31	23	28.3	30	2.0	3.0	24	15	4	3	4	1.5
13	34	32	24	28.9	30	1.5	3.5	23	20	3	2	3	1.0
14	35	33	25	31.9	33	1.5	3.5	22	20	3	1	2	1.0
15	36	34	26	30.8	33	1.5	3.5	21	20	5	1.6	2.5	2.0

## **3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3**

### **Система підготовки і відтворення керуючих програм заточувального напівавтомата моделі ВЗ-208ФЗ з системою ЧПК 2С42**

#### **3.1 Мета роботи**

Ознайомитися з основними технічними характеристиками, будовою та принципами роботи заточувального напівавтомата моделі ВЗ-208ФЗ з системою ЧПК 2С42; вивчити особливості кодування технологічної і допоміжної інформації, засвоїти методику програмування і навчитися складати керуючі програми обробки деталей на верстатах з ЧПК; придбати практичні навички з уведення, редагування і відпрацювання керуючих програм на верстатах з ЧПК.

Завдання по лабораторних роботах використовуються також як завдання для розрахунково-графічних робіт по програмуванню обробки деталей на верстатах з ЧПК.

#### **3.2 Загальні відомості про верстат моделі ВЗ-208ФЗ з системою ЧПК 2С42**

##### **3.2.1 Загальні положення**

Ця інструкція призначена для складання керуючих програм (КП) для заточувальних напівавтоматів моделей ВЗ-208ФЗ та ВЗ-203ФЕ.

Інструкція розроблена з урахуванням рекомендацій ГОСТ 20999-83. Однак у зв'язку з особливостями технологічного процесу заточки ріжучого інструменту і можливостями оригінального програмного забезпечення існують деякі відхилення від зазначеного стандарту. Тому для правильного складання ПК необхідно суворо дотримуватися цих методичних вказівок.

Існуючий набір підготовчих і допоміжних функцій дозволяє:

- забезпечити діалогове введення розмірної та технологічної інформації;
- формувати заголовки частин ПК і директиви оператора;
- переходити до ручного керування;
- задавати і здійснювати різні види інтерполяції при ручному керуванні з фіксацією прирощення робочих органів в пам'яті ПЧПК для подальшого використання;
- здійснювати оперативну корекцію з можливістю запису зміщень;
- застосовувати обчислювані вирази з використанням повного набору стандартних арифметичних і тригонометричних функцій;

- проводити пошук фактичних значень колових кроків і кроку гвинтової канавки;
- використовувати для контурної обробки всі стандартні види інтерполяції;
- застосовувати осциляцію координати, що не бере участь в інтерполяції;
- використовувати умовні та оперативні переходи;
- застосовувати підпрограми до восьми рівнів вкладеності;
- використовувати формальні параметри.

### 3.2.2 Система координат напівавтомата

Система координат напівавтомата показана на рисунку 3.1. Напівавтомат має чотири координати:

- X – поздовжнє переміщення столу;
- Y – вертикальне переміщення каретки;
- Z – поперечне переміщення каретки;
- A – обертання шпинделя бабки виробу.

Дискретність завдання переміщень для координат X, Y і Z – 0,001мм, для координати A – 0,001°.

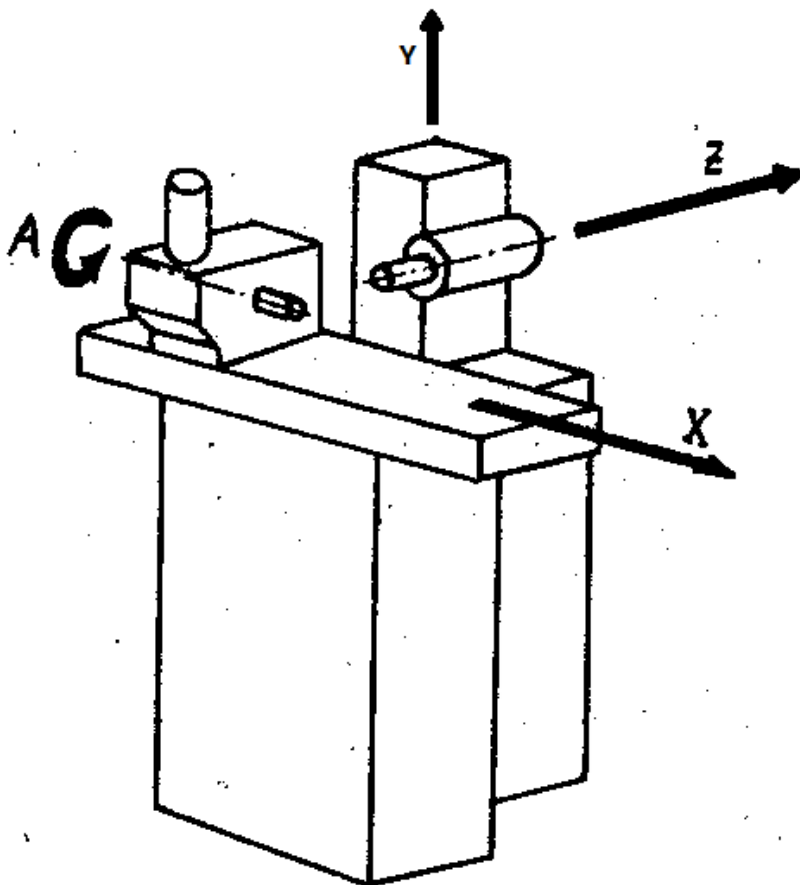


Рисунок 3.1 – Система координат напівавтомату

### 3.2.3 Побудова керуючої програми

КП складається з послідовності кадрів. Кожен кадр УП має номер, за яким можуть знаходитись підготовчі та допоміжні функції, арифметичні і логічні вирази, текстова інформація. Кадр закінчується символом ПС (кінець кадру). У цій інструкції для позначення кінця кадру використовується одномісний символ “^”.

Рекомендована довжина кадрів КП – не більше 2-3 рядків дисплея ПЧПК 2С42-65. Допустима довжина кадру КП – не більше десяти рядків дисплея.

Вираз є конструкцію, за допомогою якої при використанні операцій і функцій обчислюють нові значення. У загальному випадку воно складається з операндів, між якими існують знаки операцій.

Обчислення, пов'язані з визначенням постійних коефіцієнтів і параметрів, розміщують на початку КП.

Обчислення технологічних параметрів (швидкості, подачі і т.д.) і прирощень за координатами, значення яких змінюються по ходу виконання КП, слід розміщувати у відповідних місцях КП перед кадром або в самому кадрі, де вони використовуються.

Операндом може бути:

– ціле число зі знаками "+" і "-" ( або без знаків) в діапазоні від 0 до 999999;

– символ координати;

– формальний параметр R0 – R113;

– константа  $P_1 = 3,141592$ ;

– крок гвинтової канавки ТК;

– кут підйому гвинтової канавки UG;

– діаметр заточується інструменту  $D_1$ .

Операнди ТК та UG можуть використовуватися тільки в якості джерел.

Цілі числа зі знаком позначають кількість дискрет, без знака – контурну швидкість мм/хв; швидкість осциляції, мм/хв; кількість повторів підпрограм.

У виразах застосовуються операції: + - додавання; – - віднімання;

% – множення; / – ділення; %% – зведення в ступінь, а також функції: синус; косинус; тангенс; арксинус; арккосинус; арктангенс; логарифм натуральний.

Аргументом функції може бути будь-який вираз. Значення аргументів функції обмежуються наступними діапазонами:

для функцій SI, CO і TG – 0 ... 2304000;

" " ASI і ACO – 0 ... 1;

" " ATG і LO – 0 ... 9999999.



Аргумент функції розміщують в круглих дужках. В якості аргументів дозволяється використовувати числа, формальні параметри, вирази. Аргументи прямих тригонометричних функцій SI, CO і TG задаються в град\*1000, а зворотних тригонометричних функцій – правильними дробами, записаними у вигляді виразів.

Вираз, який зводять в ступінь, розміщують в круглих дужках.

Фактичне значення формального параметра має бути визначено в поточному кадрі або раніше таким чином:

$$RN \pm E,$$

де R – ідентифікатор формального параметра;

N – номер формального параметра від 0 до 99;

E – вираз.

Тут і далі позначення “±” слід розуміти як “+” або “–”

Формальний параметр може перевизначитися.

Вирази розраховуються з дотримання загального пріоритету операцій і функцій. Найвищим пріоритетом мають обчислення функцій і операція зведення в ступінь. Далі йдуть операції, що мають однаковий пріоритет (множення і ділення). Самим низький пріоритет мають операції додавання і віднімання. Для зміни пріоритету операцій і функцій використовуються круглі дужки.

Похибка обчислення виразів, в яких використовуються формальні параметри, становить для арифметичних операцій не більше однієї дискрети, а для тригонометричних функцій і функції логарифма натурального – не більше трьох дискрет.

Символи, використовувані при складанні КП, наведені в таблиці 3.1.

У загальному випадку КП складається з підпрограм (ПП) та основної програми (ОП). Всі ПП розташовуються перед ОП і мають порядкові номери, які не дорівнюють 1. ОП починається з кадру №-1 і закінчується кадром, що містить допоміжну функцію M2 – кінець програми.

Перший кадр ПП повинен мати унікальний номер. ПП закінчується кадром, що містить допоміжну функцію M17 – кінець ПП.

При наявності в КП осциляції рекомендується кадр з параметрами осциляції задавати першим.

При складанні КП слід враховувати, що керовані координата належать різним рухомих органам напівавтомата. Координати, пов'язані з рухом заготовки – X та A; координати, пов'язані з рухом шліфувального круга, – Y та Z.

Для правильного вибору напрямку рухів в режимах лінійної та кругової інтерполяції дійсний позитивний напрямок координати рекомендується замінити на протилежний і умовно вважати, що шліфувальний круг рухається щодо нерухомого столу.

Швидкість F автоматично обмежується значенням 6000.

Таблиця 3.1 – Символи інформаційних слів в кадрах ПК

Символ	Найменування	Діапазон
A	Поворот по координаті A, град* 0,001	± 9999999
D <sub>1</sub>	Діаметр інструменту, мкм	До 400000
F	Контурна швидкість, мм / хв	≤ 6000
G	Підготовча функція	01 – 37
H	Кількість повторень підпрограми	30000
I	Координата центра дуги по осях X, мкм	± 4000000
J	Y	± 4000000
K	Z	± 4000000
L	Номер першого кадру підпрограми	2 – 999
M	Допоміжна функція	2 – 29
N	Номер кадру	1 – 999
RO-R113	Формальний параметр	± 9999999
TK	Крок гвинтової канавки	До 9999999
UG	Кут підйому-гвинтової канавки, град*0,001	До 90000
X	Приріст по координаті X мкм	± 999999
Y	Приріст по координаті Y, мкм	± 999999
Z	Приріст по координаті Z, мкм	± 999999

Контурну швидкість F та кількість повторень підпрограм H дозволяється програмувати, використовуючи вирази.

Відпрацювання кадрів КП здійснюється у відносній системі координат.

КП вводять в пристрій 2C42-65 з перфострічки або з пульта оператора.

### 3.2.4 Підготовчі функції

Підготовчі функції задаються символом G і розбиті на групи (таблиця 3.2). В кадрі може бути задана лише одна підготовча функція з кожної групи. Підготовчі функції з 1-, 2- та 3-ї груп можуть бути задані в кадрі одночасно.

Таблиця 3.2 – Підготовчі функції

Група	Функція	Найменування
1	G01	Лінійна інтерполяція
	G02	Кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою
	G03	Те ж проти годинникової стрілки
	G04	Витримка часу
	G07	Осциляція
	G10	Пошук окружних кроків для праворізного інструменту
	G11	Те ж для ліворізного інструменту
	G12	Гвинтова інтерполяція за годинниковою стрілкою
	G13	Те ж проти годинникової стрілки
	G20	Перехід до ручного керування
	G37	Вихід у початкове положення
2	G17	Площина інтерполяції XY
	G18	YZ
	G19	XZ
3	G09	Гальмування в кінці кадру
4	G27	Виведення тексту з початку рядка
	G28	Введення числової інформації
	G29	Програмування індикації поточних даних
	G33	Виведення тексту на середину рядка
	G34	Кінець введення

Максимальна кількість координат, що працюють в режимі лінійної інтерполяції, – чотири.

В круговій інтерполяції можуть брати участь тільки координати X, Y та Z.

При гвинтовій інтерполяції віссю гвинтової лінії може бути будь-яка з координат, яка не бере участі в круговій інтерполяції.

Перші незначущі нулі в номерах G - функцій можуть бути не вказані.

### 3.2.4.1 Група 1. Умови руху

G01 – лінійна інтерполяція. Реалізується узгоджений рух по всіх заданих в кадрі координатах. Швидкість по кожній координаті пропорційна запрограмованому приросту в кадрі КП.

G02 і G03 – кругова інтерполяція. Реалізується рух по дузі кола: G02 – рух за годинниковою стрілкою; G03 – рух проти годинникової стрілки. Завдання параметрів дуги кола здійснюється чотирма адресами:

в площині XY – X, Y, I та J;

в площині YZ – Y, Z, J та K;

в площині XZ – X, Z, I та K,

де X, Y та Z – координати кінця дуги відносно її початку;

I, J та K – координати центру дуги щодо її початку;

Повне коло може бути запрограмовано одним кадром.

У цьому випадку координати початку і кінця дуги повинні збігатися. Максимальний радіус кола – 4000 мм.

G12 і G13 – гвинтова інтерполяція. Реалізується рух по гвинтовій лінії: G12 – рух за годинниковою стрілкою; G13 – рух проти годинникової стрілки. До цих функцій відноситься все сказане про функціях G02 і G03. При цьому додається ще один параметр – завдання переміщення уздовж осі гвинтової лінії.

G07 – функція осциляції. Параметрами осциляції є: хід осцилюючої координати; швидкість осцилювального руху.

Осцилююча координата не повинна брати участь у русі по контуру. Осцилюючою координатою можуть бути всі координати. Швидкість осциляції по координаті не більше 166 мм / хв. Функція G07 з параметрами осциляції задається окремим кадром.

G04 – витримка часу. Реалізується тимчасова затримка, яка програмується окремим кадром за допомогою фіктивного переміщення по координаті X. Одна дискрета відповідає 0,1сек.

G10 і G11 – пошук окружних кроків. Спільно з цими функціями повинен задаватися параметр  $D_1$  – діаметр інструмента. Існує можливість задавати бажану швидкість обертання інструменту при пошуку, на відміну від встановленої константи за допомогою функції M12. При необхідності визначення кроку і кута підйому гвинтової канавки використовується функція M10. Функції G10 і G11 задаються окремим кадром.

G20 – перехід до ручного режиму. Повертаються до продовження КП натисканням клавіші “Пуск”. Для вказівки директиви спільно з функцією G20 використовується функція M18. У цьому випадку для продовження роботи УП слід натиснути клавіші “ПС” та “Пуск”. Функція G20 задається окремим кадром.

G37 – вихід у початкове положення. Функція має наступний формат:

### G37 / символ координати /.

У напівавтоматі можливий вихід у початкове положення тільки по координаті Y. Дії оператора при відпрацюванні кадру функції G37 описані в інструкції ВЗ-205Ф3.00.000 Р34.02. функція G37 задається окремим кадром.

#### 3.2.4.2 Група 2. Вибір площини кругової інтерполяції

Ці функції вживаються спільно з функціями G02, G03, G12, G13;

G17 – Вибір площини XZ.

G18 – вибір площини YZ;

G19 – вибір площини XY.

#### 3.2.4.3 Група 3. Гальмування в кінці кадру

G09 – гальмування. Наприкінці кадру швидкість знижується до нуля. На початку наступного кадру відбувається розгін до заданої в програмі швидкості. Функцію G09 рекомендується використовувати при різкій зміні значення та напрямку контурній швидкості.

#### 3.2.4.4 Група 4. Виведення тексту

G27 – виведення тексту з початку рядка. Використовується для організації діалогового режиму при введенні розмірної інформації. Функція має наступні формати:

1. G27 / текст /: ^ – виводить на екран  
текст .....\*\*\*
2. G27 / текст /: ^ – виводить на екран  
текст .....\*\*\*
3. G27 / текст /: ^ – виводить на екран  
текст .....\*\*\*
4. G27 / текст / : ^ – виводить на екран  
текст .....\*\*\*
5. G27 / текст / - ^ – виводить на екран  
текст.....\*\*\*

Кількість символів тексту – не більше 24. При порушенні формату функції та перевищенні кількості символів в тексті видається повідомлення “помилка в пк. №-...”. Останній формат функції застосовується, коли кількість символів перевищує допустиму і необхідне перенесення на наступний рядок дисплею.

Символами “\*” позначено місце для виведення чисел. Позиція, на яку виводиться перша цифра після натискання цифрової клавіші, вказується

курсором “\_”. Після введення чергової цифри курсор зміщується вправо. Кількість цифр, які вводяться – не більше семи. Дозволено користуватися клавішею [ЗБ]. Для виправлення невірно набраної цифри курсор можна перемістити за допомогою клавіш. [→] та [←] в потрібну позицію і натиснути потрібну цифрову клавішу. Після заповнення останньої(сьомої) цифри курсор переміщується на місце першої цифри. Введення числа закінчується натисканням клавіші [ПС]. Перші незначущі нулі стираються.

Буфер введення розрахований на чотири сторінки дисплея. При переміщенні буфера видається повідомлення “Обмеження введення”. Зміст буфера введення дається у форматі індикації “Р6”. Перегляд буфера введення здійснюється за допомогою клавіш [↑] та [↓]. Допускається завдання допоміжних функцій перед завданням функції G27.

G28 – запис параметрів. Застосовується після кадру КП з функцією G27 і використовується для присвоювання значення параметру, що вводиться, у попередньому кадрі формального параметру з перевіркою його на мінімальне і максимальне значення за абсолютною величиною. Функція має наступний формат:

G28 / мин: макс / RN

де мин, макс – мінімальне і максимальне значення абсолютної величини параметра, що вводиться, можуть визначатися за допомогою формальних параметрів;

N – номер формального параметра, якому буде присвоєно значення параметру, що вводиться, з попереднього кадру.

Якщо значення параметра який вводиться виходить за вказані межі, то видається повідомлення “знач. менше / більше допустимо”. Курсор зупиняється під першою цифрою параметра, який слід ввести заново. Порушення формату функції призводить до повідомлення “помилка в КП №...”

G29 – програмування індикації поточних даних. Функція дає можливість користувачу сформувані індикації “РЗ” для відображення значень параметрів, які змінюються, що представляють інтерес. Такими параметрами можуть бути:

- подача при знятті припуску;
- номер заточуваного зуба;
- залишкова кількість обертів виходжування;
- контурна швидкість і т.д.

Функцію G29 рекомендується застосовувати в кадрі КП перед кадром, що містить функцію M15. При використанні функції G29 після кадра КП з функцією M15 відбувається доповнення формату індикації новими параметрами.

Для поточних параметрів відводяться регістри P100 – P113, за вмістом яких повинна стежити КП.

Функція має наступний формат:

G29 / текст ((RN/текст ((RK / .....// ^

де N, K – номери реєстрів з діапазону 100-113.

Допускається задавати “текст” без символів “ ( “ “ ) ” позначення реєстра. У цьому випадку буде виводитись заданий “текст” без числової інформації.

Припустимо, що потрібно наступний програмований формат індикації.

Заточування мітчика:

припуск .....1000

кількість зубців .....6

подача .....10

Для формування наведеного формату індикації в КП повинні бути, наприклад такі кадри:

№ 10 G29 / заточування мітчика /

припуск ((R100/кількість зубців ((R101

/подача ((R 102//

№ 11 G1 G9 R100+1000 R101+6 R102+10 A+10000 F1000

Кількість символів з урахуванням прогалів в рядку без числової інформації при використанні функції G 29 – не більше 32; з числовою інформацією – не більше 24. Кількість цифр для подання числової інформації з урахуванням знака – не більше восьми. У тексті КП в рядку без числової інформації допускається після останнього символу не вказувати прогалів.

G33 – висновок тексту на середину рядка. Функція має наступний формат:

G33 /текст/ ^

Кількість символів в тексті – не більше 32. При порушенні формату функції або перевищенні допустимої кількості символів в тексті виводиться повідомлення “помилка в КП №...” Допускається задавання допоміжних функцій перед завданням функції G33.

G34 – кінець введення. Виводить на нижній рядок дисплея повідомлення “Введення завершено”. Функція має наступний формат:

G34 ^

Для запуску автоматичного циклу потрібно натиснути клавішу “Пуск”. Функція необов'язкова, але рекомендована. При відсутності кадру КП з функцією G34 запуск автоматичного циклу здійснюється натисканням клавіші “ПС”. Допускається завдання допоміжних функцій перед завданням функції G34. Після функції G34 забороняється користуватися функцією G27 для введення і редагування параметрів.

### 3.2.5 Допоміжні функції

Допоміжні функції наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Допоміжні функції

Функція	Найменування
M2	Кінець КП
M10	Розрахунок кроку і кута підйому гвинтової канавки
M12	Дозвіл завдання частоти обертання виробу при пошуку кроків
M13	Включення осциляції
M14	Вимкнення осциляції
M15	Призначення кадру КП для повторного пуску
M16	Запис зміщень після корекції
M17	Кінець ПП
M18	Виведення директиви
M19	Завдання інтерполяції для ручного режиму
M20	Виділення цілої частини
M21	Стирання директиви
M22	Дозвіл оперативної корекції
M23	Заборона оперативної корекції
M25	Заборона корекції швидкості
M26	Зняття заборони корекції швидкості
M27	Фіксація рядка введення тексту
M28	Повернення на фіксований рядок
M29	Скасування фіксації рядки
M3	Включення шліфувального круга за годинниковою стрілкою
M4	Те ж проти годинникової стрілки
M5	Вимкнення шліфувального круга

M13 – включення осциляції. Функція довготривала, діє на початку кадру до скасування її функцією M2 або M14.

M14 – вимкнення осциляції, функція скасовує дію функції M13 в кінці відпрацювання кадру і може призначатися в одному кадрі з функцією M13.



M17 – кінець ПП. Функція інформує про повернення в ОП, вказується в останньому кадрі ПП. Рекомендується задавати її окремим кадром.

M2 – кінець КП. Функція містить в собі дію функції M14 і вказується в кінці КП. Може задаватися окремим кадром.

M10 – розрахунок кроку і кута-нахилу гвинтової канавки. Здається спільно з функціями G10 і G11.

M12 – дозвіл на зміну частоти обертання виробу при пошуку кроків. Бажана частота обертання програмується в кадрі під адресою F, що містить функції G10 або G11.

M18 – виведення директиви. Виводить на останній рядок дисплея директиву, інструкцію або повідомлення. Кількість виведених символів не більше 32. Функція має наступний формат:

M18 / текст / ^

При порушенні формату функції або при перевищенні кількості допустимих символів у тексті видається повідомлення “помилка в КП”.

За допомогою функції. M18 можна виводити зміст певного формального параметра. При цьому перед позначенням параметра слід поставити два символи” ( “.

Наприклад, припустимо, що раніше параметр R10 отримав значення 12500.

Далі слідує:

Кадр КП / N10 M18 / індикація R10 ((R10/ ^

Текст, що відображається індикація R10 12500

Забороняється застосовувати функцію M18 в кадрах КП, що містять підготовчі функції G10, G11, G27, G28, G33 і G34.

M21 – стирання директиви. Забороняється застосовувати в кадрах КП, що містять підготовчі функції G10, G11, G27, G28, G33 та G34. Рекомендується використовувати в кадрах КП після виведення директив функцією M18 під час автоматичного циклу для інформаційних повідомлень. Функцією M21 можна користуватись не частіше, ніж через шість кадрів КП.

M19 – завдання інтерполяції для ручного режиму. Вид траєкторії і напрямку руху задаються умовним кадром КП без вказівки швидкості. Слід мати на увазі, що при користуванні цією функцією встановлений жорсткий список координат:

X; Y; Z; A

Координата, розташована ліворуч, вважається молодшою.

У кадрі зазначаються:

- одна з підготовчих функцій першої групи: G01, G02, G03, G12, G13;
- одна з підготовчих функцій другої групи, якщо задається кругова або гвинтова інтерполяція: G17, G18, G19;
- приращення за координатами, що визначають необхідний напрямку руху;

– функція M19.

Кадр, що містить функцію M19, передає керування верстатному пульту. Оператор натискає клавішу позначенням молодшої координати, а потім клавішу “Швидкий хід” або “Повільний хід”. Якщо напрямок руху, вказаний на клавіші, збігається зі знаком приросту молодшої координати в умовному кадрі, то інтерполяція відбуватиметься в заданому напрямку, а якщо не збігається, у протилежному.

При виклику будь-якої іншої координати, що бере участь в інтерполяції, рух не відбувається. При виклику координати, що не бере участь в інтерполяції, рух відбувається тільки по цій координаті (як в ручному режимі). Якщо вказане прирощення по молодшій координаті дорівнює нулю, інтерполяція відбуватиметься за іншими координатам.

Якщо в умовному кадрі після завдання підготовчої функції формальним параметрам спочатку присвоїти значення збільшень, а потім дати збільшення по координатам через позначення певних формальних параметрів, то по закінченні руху після натискання клавіш формальним параметрам присвоюються значення фактичних переміщень робочих органів напівавтомата. Для продовження роботи по КП слід натиснути кнопку “Пуск”.

M22 – дозвіл оперативних корекцій.

M23 – заборона оперативних корекцій.

M16 – запис зміщень після корекцій. Функція має наступний формат:

M16/RL+ – X RM+ – Y RN + – ...//

де L, M, N – номери реєстрів в діапазоні 00 – 113;

X, Y, Z – координати, за якими необхідно записати величини вироблених корекцій.

Функцію M16 рекомендується використовувати в кадрі КП, якщо в попередньому кадрі були функції G20, M19, підготовчі функції четвертої групи, або в кадрі КП, на який вказує оперативний перехід.

M15 – повторний пуск. Призначається в кадрі КП, з якого слід почати автоматичний цикл при повторному пуску. Запуск КП з кадру, де є функція M15, можливий тільки в тому випадку, якщо не було редагування після закінчення автоматичного циклу.

Для продовження обробки КП слід натиснути клавішу “Пуск”.

M20 – виділення цілої частини. Формат функція:

M20 / список реєстрів /  
наприклад: M20 / R12R15 /.

Наступна група допоміжних функцій дозволяє багаторазово виконувати кадр КП про функціями G27 та G33 на фіксованому місці введення параметрів.

M27 – фіксування рядка введення тексту.

M28 – повернення на фіксований рядок.

M29 – скасування фіксації рядка.

Іноді доцільна заборона оперативної корекції контурної швидкості за допомогою перемикача. Для цього введені ще дві допоміжні функції:

M25 – заборона корекції швидкості;

M26 – скасування заборони корекції швидкості.

Є група допоміжних функцій, яка керує вмиканням і вимиканням шліфувального круга:

M3 – включення шліфувального круга за годинниковою стрілкою;

M4 – те ж проти годинникової стрілки;

M5 – вимкнення шліфувального круга.

Перед реверсуванням шліфувального круга слід обов'язково вказати функцію M5, інакше буде видаватися повідомлення про помилку. Дії, зазначені в кадрі КП, що містить функцію M5, почнуть виконуватися після повної зупинки шліфувального круга.

Перші незначущі нулі в номерах допоміжних функцій можуть опускатися.

### 3.2.6 Введення текстової інформації

Текст в кадрах КП з функціями G27, G33 та M18 є літерно-цифровою інформацією, що включає в себе всі символи, що входять в клавіатуру ПЧПК 2С42-65, за виключенням символів “N” “ПС” і “/”. Текст обмежується з двох сторін символами “/”.

Текст на кирилиці (російськими літерами) вводиться після натискання клавіші “Рус” на пульті оператора. На службовій рядку дисплея з'являється символ “R” і текст, який після цього вводиться, буде відображатися російськими символами відповідно до таблиці 3.4.

Російський символ “Н” відображається еквівалентним у зовнішньому представленні латинським символом “H”.

### 3.2.7 Програмування контурних швидкостей

Максимальна контурна швидкість при програмуванні визначається наступним, чином.

1. При лінійній інтерполяції

$$F \leq 6000 \% [(X^2 + Y^2 + Z^2 + A^2) / (X^2 + 36^2 \% Y^2 + Z^2 + A^2)]^{1/2}$$

де X, Y, Z і A – прирощення в кадрі ПК, мм.

2. При круговій інтерполяції в площинах XY та ZY, якщо дуга не перетинає осей X та Z:

$$F \leq 6000 / (\cos \omega^2 + 36^2 \% \sin \omega^2)^{1/2}$$

де  $\omega$  – максимальний гострий і центральний кут між віссю Y і променем, що проходить через початок або кінець дуги.

Таблиця 3.4 – Відповідність клавіш пристрою 2С42-65 російським літерам

Клавіша	Літера		Клавіша	Літера
*/ *	Ю		Р	П
А	А		Q	Я
В	Б		Р	Р
С	Ц		С	С
Д	Д		Т	Т
Е	Е		U	У
Ф	Ф		V	Ж
Г	Г		W	В
Н	Х		Х	Ь
І	И		Y	Ы
Ј	Й		Z	З
К	К		:	Ш
Л	Л		+	Э
М	М		(	Щ
Н	Н		%	Ч
О	О		)	,

3. Те ж, якщо дуга перетинає вісь X або Z:

$$F \leq 166.$$

4. При гвинтовій інтерполяції ( кругова – в площині XZ, вісь гвинта – координата Y/:

$$F \leq 6000\% [((2\%P1\%R)^2 + (Y/36)^2) / ((2\%P1R)^2 + Y^2)]^{1/2},$$

де R – радіус кругової інтерполяції, мм;

Y – крок гвинта, мм.

Слід мати на увазі, що при лінійній інтерполяції дійсна контурна швидкість V пов'язана з запрограмованою швидкістю F наступним співвідношенням:

$$V = F * [(X^2 + Y^2 + Z^2 + A^2 * (P1 * D / 360)^2) / (X^2 + Y^2 + Z^2 + A^2)]^{1/2},$$

де P1= 3.14;

D – зовнішній діаметр фрези, мм.

### 3.2.8 Підпрограми

ПП це частини КП, які можуть бути відпрацьовані одноразово або багаторазово.

Усередині ПП допускається набирати номери кадрів, які раніше зустрічались, за винятком номера першого кадру ПП, а також викликати інші ПП. Глибина вкладення ПП – не більше восьми. Виклик ПП проводиться за адресою L з аргументом який дорівнює номеру першого кадру викликаємої ПП в діапазоні 2 – 999. Кількість повторень ПП задається за адресою H з числовим аргументом або за допомогою виразу. Значення виразу автоматично округляється до цілого числа.

Кадр, в якому є виклик ПП, виконується повністю, а потім відбувається перехід на ПП.

ПП відпрацьовується з контурною швидкістю ОП до тих пір, поки в ПП не оголошено нове значення контурної швидкості. При поверненні в ОП або ПП меншого рівня вкладення відновлюється колишнє значення контурної швидкості.

### 3.2.9 Умовні переходи

Передбачено два типи умовних переходів: логічний і оперативний. Логічний умовний перехід задається в наступному, вигляді:

P (C) A

де P – ідентифікатор переходу;

C – умовні переходи;

A – номер кадру, який буде відпрацьовуватися наступним при виконанні умови переходу. Він повинен бути унікальним в тексті КП. При не виконанні умови переходу буде відпрацьовуватися наступний кадр по тексту КП.

Умова переходу задається двома виразами, які відокремлюються операціями відносин (останні відокремлюються від виразів ліворуч і праворуч двокрапкою).

Можуть бути використані наступні операції відношення:

R	– дорівнює;
B	– більше;
M	– менше;
BR(RB)	– більше або дорівнює;
MR(RM)	– менше або дорівнює;
BM	– не дорівнює;
Відсутня операція відносини	– нема переходу;
BMR	– безумовний перехід.

Безумовний перехід можна також задати у вигляді:

РА – перехід до кадру КП під номером “А”.

Існує можливість задавати умовні переходи декількома умовами, об'єднаними знаками логічного множення або логічного складання.

Умови переходу, об'єднані логічним множенням, беруться в круглій дужці і розділяються символом логічного множення “U”.

Умова переходу, що об'єднуються логічним складанням, також беруться в круглій дужці і розділяються символом логічного складання “S”.

В умовах переходу допускається використовувати символи координат. Їм будуть відповідати збільшення координат, що містяться в кадрі КП, де умова переходу оголошена.

Оперативний перехід задається в такому вигляді:

РРА

де РР – ідентифікація оперативного переходу;

А – номер кадру КП, який буде відпрацьовуватися наступним, якщо оператор до закінчення роботи кадру, в якому вказаний оперативний перехід, натисне клавішу “Вихід з циклу” на верстатному пульті.

Оперативний перехід може застосовуватися для примусового виходу з організованого програмою циклу, наприклад, при здійсненні операцій, пов'язаних з підведенням круга до інструменту по іскрі. Він діє в межах ОП або однієї ПП.

Забороняється використовувати оперативний перехід в кадрах КП, де є підготовчі функції G10, G11, G27, G28, G33 і G34.

### 3.2.10 Використання масивів

При програмуванні заточувальних операцій часто виникає необхідність мати впорядковану послідовну структуру даних, до яких можна звертатися в прямому і зворотному порядках.

Для цієї мети визначені два масиви, які програміст може використовувати на свій розсуд. Кількість компонент в масиві – не більше 15. У масиви компоненти можна заносити і зчитувати. До довільної компоненти масиву можна добратися тільки перебравши по черзі всі попередні компоненти за допомогою покажчика.

Установка покажчика та доступ до компонентів масивів здійснюється за допомогою наступних процедур:

ТТ1, ТТ2, ТТ – обнуління відповідно першого, другого і обох масивів з установкою покажчика на початок масивів;

Т01, Т02, Т0 – установка покажчика на початок відповідно першого, другого та обох масивів без обнуління.

Тут і в подальшому після символу Т є цифра 0;

Т03, Т04 – установка покажчика на кінець масиву;

Т11, Т12 – звернення до компоненті відповідно першого

та другого масиву, на якій встановлено покажчик, з

просуванням покажчика вперед на одну позицію ( інкрементне звернення);

T31, T32 – просування покажчика назад на одну позицію з подальшим зверненням відповідно до компоненті першого і другого масиву (дикрементне звернення);

T21, T22 – звернення до компоненті відповідно першого і другого масиву, на якій встановлено покажчик, без просування покажчика.

В разі переповнення масивів подається повідомлення: “Порушена межа масиву 1 (або 2) + ”. При видачі даних, кількість яких перевищує занесене при декрементном зверненні, видається повідомлення: “Порушена межа масиву 1 (або 2) – ”.

Дані, сформовані в масиви, зручно використовувати при організації циклів, в яких відбувається звернення до послідовних елементів масиву (окружні та осьові кроки, чергові подачі при зніманні пропуску і т.д.).

### 3.2.11 Приклади програмування

На початку розділу наведені приклади складання кадрів КП та невеликих КП, в яких вирази, що входять до складу інформаційних слів, представлені у вигляді простих оперантів.

Виконавши ці приклади, оператор напівавтомата повинен отримати навички застосування підготовчих і допоміжних функцій, програмування осциляції, використання ПП.

Потім наведені приклади КП, в яких використані різні конструкції виразів із застосуванням операцій і функцій, умовних переходів, масивів. Розглянуто приклад КП, пов'язаний з пошуком окружних кроків, і кроку гвинтової канавки.

Для зручності програмування переміщень по лінійним координатам домовимося, що стіл напівавтомата (координата X) нерухомий і все лінійні переміщення належать до шліфувальної головки. Додатній напрямок координати X ( рисунок 3.1) змінимо на зворотній.

На рисунку 3.2 наведені приклади програмування руху інструменту. Позитивний напрямок координати X умовно прийнято справа наліво.

Уявіть собі, що на столі напівавтомата закріплений аркуш паперу, а олівець жорстко пов'язаний з шліфувальною головою. При цьому, відрізки прямих і дуг кіл, намальовані олівцем, будуть відповідати наведеним ілюстраціям. Залежно від площині обробки лист слід закріпити безпосередньо на столі (XZ) або на косинці (XY).

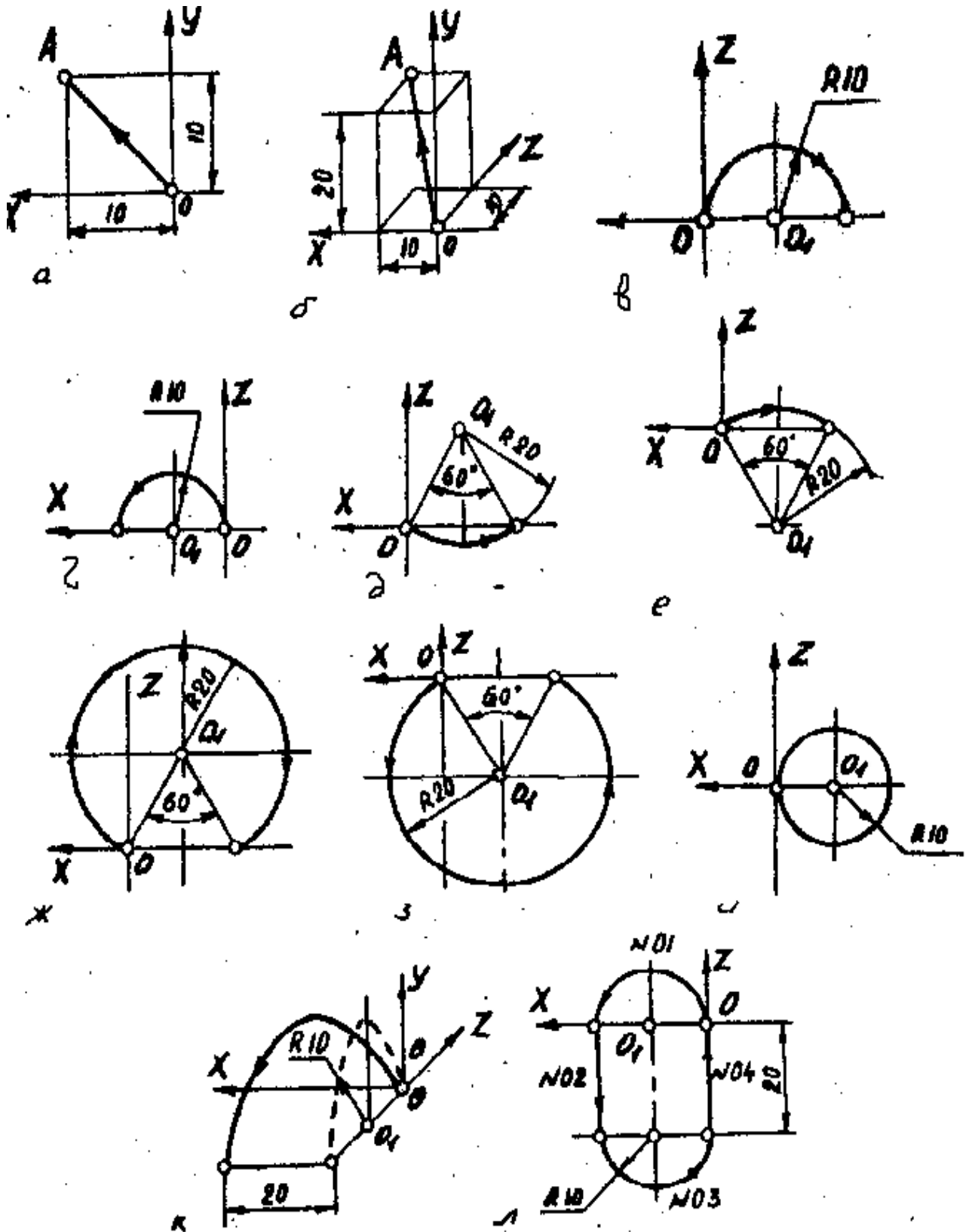


Рисунок 3.2 – Графіки руху інструменту



### 3.2.11.1 Лінійна інтерполяція

№01 G01 G09 X+10000 Y+10000 F1000 ^ (рисунок 3.2, а)

№02 G01 G09 X+10000 Y+20000 Z+10000 F1000 ^ (рисунок 3.2, б)

### 3.2.11.2 Кругова інтерполяція

№01 G02 G19 G09 X-20000 Z+0 I-10000 K +0 F1000 ^ (рисунок 3.2, в)

№02 G03 G19 G09 X+20000 Z+0 I +10000 K +0 F100 ^ (рисунок 3.2, г)

№03 G03 G19 G09 X-20000 Z+0 I-10000 K+17320 F1000 ^ (рисунок 3.2, д)

№04 G02 G19 G09 X-20000 Z+0 I-10000 K+17320 F1000 ^ (рисунок 3.2, е)

№05 G02 G19 G09 X-20000 Z+0 I-10000 K+17320 F1000 ^ (рисунок 3.2, ж)

№06 G03 G19 G09 X-20000 Z+0 I-10000 K+17320 F1000 ^ (рисунок 3.2, з)

№07 G02 G19 G09 X+0 Z+0 I-10000 K +0 ^ (рисунок 3.2, и)

### 3.2.11.3 Гвинтова інтерполяція

№01 G12 G19 G09 Y+0 Z-20000 J+0 K-100000 X+20000 F1000 ^ (рисунок 3.2, к).

### 3.2.11.4 Приклад ПК

Наведено приклад КП (рисунок 3.2, л)

№01 G03 G19 X+20000 Z+0 I+10000 K +0 F1000 ^

№02 G01 Z-20000 ^

№03 G03 G19 X-20000 Z+0 I-10000K +0 ^

№04 G01 G09 Z+20000 M02 ^

### 3.2.11.5 Витримка часу

№01 G04 X+20 ^

Запрограмована витримка часу, дорівнює 2 с.

### 3.2.11.6 Осциляція

№01 G07 Z+20000 F5500 ^

Таким чином, задаються параметри осциляції по координаті Z:

довжина ходу – 20 мм, швидкість – 5,5 м/хв, початковий рух – в позитивному напрямку.

Фрагмент КП, в якому заданий кадр про параметрами осциляції, включення і виключення її:

№01 G07 Z+20000 F5500 ^  
№02 G09 X+10000 Y–20000 F5 M13 ^  
№03 X–20000 Y+20000 M14 ^

### 3.2.11.7 Введення установок в діалоговому режимі

Маємо наступний фрагмент початку УТ:

№01 G33 /СВЕРДЛО/ ^;  
№02 G27 /ДІАМЕТР, МКМ/ ^;  
№03 G28 /30000:40000/ P0 ^;  
№04 G27 /ДОВЖИНА, МКМ/ ^;  
№05 G28 /10000:120000/ P1 ^;  
№06 G27 /КУТ ЗАГОСТРЕННЯ, ГРАД/ ^;  
№07 G28 /90:130/ R40 ^;  
№08 G27 /КРОК ГВИНТ. КАНАВКИ, МКМ/ ^;  
№09 G28 /100:999999/ R3 ^;  
№10 G33 /КІНЕЦЬ ВВОДУ/ ^;  
№11 G34 ^

Після відпрацювання перших 11 кадрів КП із зупинками для введення числових значень на екрані дисплея може з'явитися наступний текст:

Свердло

Діаметр, мкм.....10000  
Довжина, мкм.....95000  
Кут загострення, град .....120  
Крок гвинтової канавки, мкм.....3335000

Кінець введення

Введені в діалозі числові значення будуть присвоєні формальним діаметрам R0, R1, R40 та R3.

№01 G07 A-20000 F5500 ^  
№02 G09 X+40000 Y–10000 F1000 L10 H2 M13 ^  
№03 G09 Z–80000 M02 ^

На початку виконання кадру №02 включається осциляція з параметрами, заданими в кадрі №01. Після виконання кадру №02 виконується кадр №10 ПП. Потім 2 рази кадр №11 ПП другого вкладення. Після цього знову виконується кадр №10 і 2 рази – кадр №11. Потім відбудеться повернення в ОП на кадр №03.

### 3.2.11.8 Завдання інтерполяції в ручному режимі

1. Потрібно задати рух в площині XZ під кутом 30° до позитивного напрямку координати X.

Вибираємо такі приращення для умовного кадру:

X = -20000; Z = 20000 + IG (30 град.) = 11574

Кадр КП повинен мати наступний вигляд:

№10 G01 X-20000 Z+11574 M19 ^

Якщо формальним параметрам (наприклад R1 та R2) необхідно присвоїти значення фактичних збільшень за координатами X та Z після руху в налагодженні, то кадр КП повинен мати наступний вигляд:

№01 G01 R1-20000 R2+11574 X+R1 Z+R2 M19 ^

2. Потрібно задати рух по колу радіуса 10 мм в площині XZ в напрямку за годинниковою стрілкою з початку координат (рисунок 3.2, в). Кадр КП може мати наступний вигляд:

№10 G02 G19 X-20000 Z+0 I-1000 K+0 M19 ^

Якщо формальним параметрам (наприклад R1 та R2) необхідно присвоїти значення фактичних збільшень за координатами X і Z після руху в налагодженні, то кадр КП повинен мати наступний вигляд:

№10 G02 G19 R1-20000 R2+0 X+R1 Z-10000 K+0 M19 ^

### 3.2.11.9 Підпрограми

Розглянемо наступну УП:

№10 G02 G19 G09 X-20000 Z+0 I-10000 K+0 F500 ^

№11 G01 G09 X+40000 Y+10000 M17 ^

№11 G01 G09 X+40000 Y+10000 M17 ^

№01 G09 Z+10000 F10000 L10 H03 ^

№02 G09 Z-10000 M02 ^

Кадри №10 та №11 – кадри ПП. Після виконання кадру №01 починається виконання ПП і повториться 3 рази. Потім буде виконаний Кадр №02.

Розглянемо ще одну КП

№10 G02 G19 G09 X-20000 Z+0 I-10000 K+F200 L11 H2 M17 ^

№11 G09 Z+20000 M17 ^

R(((X : R : 0) S (Y : R : 0)) U (Z : M : /1000)) 2Q

Перехід до кадру 20, якщо (Z=0 або Y=0) та (Z<1000).

Розглянемо приклад з використанням оперативного переходу.

Уявимо собі, що при налаштуванні на заточку циліндричної фрези з гвинтовою стружковою канавкою по передній поверхні необхідно провести наступні операції:

– передати керування до верстатного пульта, визначити параметри гвинтового руху та ввести круг в стружкову канавку з зазором;

– в режимі навчання визначити ліве і праве крайні положення столу (координати X), які будуть використані при заточуванні в автоматичному циклі;

- включити гвинтове зворотний рух;
- виконати корекцію по координаті A до торкання по іскрі круга з передньою поверхнею фрези;
- вимкнути гвинтовий рух з зупинкою столу в лівому крайньому положенні.

Фрагмент КП для виконання цих операцій:

№50 G20 P1+360000 R2+180000 M18/коло в канавку, ПС/ ^

№51 G01 X+R2 A+R1 M19 M18 /X+, ПС/ ^

№52 G01 X+R2 A+R1 M10 M18 /X-, ПС/ ^

№53 G01 G09 X+R2 A+R1 M18 /корекцію A+ до іскри, ВЦ/ F300 ^

№54 M22 G01 G09 X-R2 A-R1 P53 PP55 ^

№55 G01 G09 A+20 F100 ^

У кадрі №50 керування передається до верстатного пульта. Параметри гвинтового руху задаються, за допомогою формальних параметрів R1 та R2. На дисплей виноситься директива “круг в канавку” і підказка “ПС”. За допомогою верстатного пульта оператор переміщує робочі органи напівавтомату таким чином, щоб шліфувальний круг опинився в стружковій канавці, але не торкався передньої поверхні, потім натискає “ПС”.

У кадрах №51 та №52 функція M19 задає гвинтовий рух за координатами X та A в режимі лінійної інтерполяції, а функція M18 виводить на дисплей директиви з підказкою. Оператор спочатку переміщує стіл в позитивному напрямку (кадр №51) до тих пір, поки шліфувальний круг вийде повністю з стружкової канави і фіксує праве крайнє положення столу натисканням клавіші “ПС”. При цьому фреза також повертається на кут, визначений кроком гвинтової канавки. Потім оператор переміщує стіл у від'ємному напрямку і знову клавішею “ПС” фіксує ліве крайнє положення столу (кадр №52). При цьому фреза повернеться в зворотному напрямку. Відстань між лівим і правим крайніми положеннями столу, а також кут повороту фрези, відповідний цьому переміщенню, будуть занесені в реєстри R2 та R1.

У кадрах №53 та №54 організовується гвинтове зворотний рух. Оператор проводить корекцію по координаті A до торкання круга з передньою поверхнею до іскри і натискає клавішу “Вихід з циклу” на верстатному пульта. Після закінчення подвійного ходу відбувається оперативний перехід до кадру №55.

### **3.2.11.10 Завдання виразів за допомогою операцій та функцій**

Наведемо ряд прикладів з використанням операцій і функцій.

1. №01 R0+10000 R1-200 G01 X+20100-R0/R1 F300  $\wedge$

По координаті X буде відпрацьовано переміщення яке дорівнює 20150.

2. №01 G01 R10+30000 X+600% S I20000 Y +800%G0 20000/TG(R10)

$\wedge$

У режимі лінійної інтерполяції буде відпрацьований відрізок прямої з прирощенням: X = 205; Y = 1302

3. №01 G01 R0+1/2 A-10 % ASI(R1/R2) X-10000 R3 F200  $\wedge$

По координаті A буде відпрацьовано переміщення, яке дорівнює -91578.

4. №01 R1+100 R2+200 R3+50 G01 A+20 % ASI(R1/R2) X-10000 R3 F200  $\wedge$

У режимі лінійної інтерполяції буде відпрацьований відрізок прямої з прирощеннями: A = 600000; X= -50000.

### 3.2.11.11 Завдання умовних переходів

Спочатку наведемо ряд прикладів, що містять інформаційні слова з логічними умовними переходами.

P(Z : R: 0) 15

перехід до кадру 15, якщо X = 0;

P(Z-R0 : BR : R3+R4) 5

перехід до кадру 5, якщо Z - R0 >= R3+R4

P(Z+R0 : 100) S (R 3: M : 0) 20

перехід до кадру 20, якщо Z+R0 = 100 або R3 < 0

P(A : RB : X) U (Z : M : R1) SIV+X : BM : 0) 30

перехід до кадру 50, якщо A >= X та R1 або Y + X < 0.

### 3.2.11.12 Запис зміщень після корекцій

При груповому заточуванні з налаштуванням по першому інструменту часто виникає необхідність записати величини зміщень, які здійснює оператор користуючись оперативної корекцією, в відповідних регістрах. Наведемо приклад КП:

№01 G01 G09 M11 50000 F300 M22  $\wedge$

№02 G20  $\wedge$

№03 G01 G09 A-10000 M16 / P1+XP2+AP3-Z // F500  $\wedge$

№04 G20 M18 / R1 ((R1 R2 ((R2 R3 ((R3/  $\wedge$

№05 G01 G09 A-R2 X+R1 % 100 Z+R3 / 10 F100 M02  $\wedge$

У кадрі №01 функція M22 дозволяє операторові робити оперативну корекцію. Перед кадром №03 задана функція G20. У цьому кадрі за допомогою функції M16 в регістри R1, R2 та R3 будуть занесені величини зміщень, які здійснює оператор за координатами X, A та Z. У кадрі №04 за

допомогою функції M18 величини зміщень виносяться у вигляді повідомлення на дисплей. У кадрі №05 величини зміщень використовуються при обчисленні прирощення за координатами.

### 3.2.11.13 Використання масивів

Складемо КП для заточки розгортки з нерівномірним кроком по передній поверхні. Кількість зубців – 4. Окружні кроки утворюють масив даних: 90, 80, 110 та 80 град, довжина заточування – 100 мм, припуск – 0,05 мм (знімається за один подвійний хід столу). Круг встановлено праворуч від розгортки:

№1 T T1 T11+90000 T11+80000 T11+110000 T11+80000 T11+0 T01 ^

установка покажчика на початок першого масиву та обнуління всіх членів масиву, занесення даних в перші чотири позиції, занесення в п'яту позицію нуля, повторна установка покажчика на початок масиву:

№2 G01 A+50 F100 ^

кругова подача

№3 G01 G09 X+100000 F2000 ^

№4 G01 G09 X-100000 ^

подвійний хід столу:

№5 G01 A+T11 P A : R : 0 7 F1000 ^

вибірка з поточної комірки масиву значення для координати A, розподіл, настройка покажчика на наступну позицію.

Якщо A = 0, то перехід до кадру 7;

№6 P3 ^

безумовний перехід до кадру 3

№7 M02 ^

кінець програми.

Наведемо ще одну програму, в якій використовуються операції з масивами:

№1 T T T11+R1 T11+4500 T11+R2 ^

№2 T01 G01 G09 A+T11 F100 ^

№3 G03 G09 A-T31 ^

№4 G09 A+T31 ^

№5 A-T31 ^

№6 M02 ^

У кадрі №1 відбувається обнуління обох масивів з установкою покажчиків на початок масивів: в перший осередок першого масиву записується вміст R1, у другу – 4500, в третю – вміст R2; покажчик встановлюється на четверту позицію. У кадрі №2 покажчик встановлюється на першу клітинку; по координаті A відбувається переміщення, ряке дорівнює першому елементу масиву. У кадрі №3 покажчик встановлюється на кінець першого масиву (четверту позицію);

показчик переміщається на одну позицію до початку масиву; відбувається вибірка третього члена масиву; координата А переміщається на значення R1, взяте зі знаком “-”. В кадрі №4 показчик встановлюється на другу позицію та по координаті А відбувається переміщення на величину +4500, а в кадрі №5 – на значення R1, взяте зі знаком “-”. Після закінчення програми показчик направлений на перший член масиву.

#### **3.2.11.14 Пошук окружних кроків та кроку гвинтової канавки**

При заточуванні багатолезового інструменту (кінцеві фрези, розгортки, зенкери і т.п.) зазвичай не висуваються жорсткі вимоги до рівномірності окружних кроків. З іншого боку, з метою скорочення часу заточування необхідно знати дійсні окружні кроки, крок і кут підйому стрічкової канавки, по якій заточується інструмент.

Зазначені параметри вимірюються за допомогою упорки в двох перетинах щодо початкового зуба. Відстань між цими перетинами фіксується в пам'яті ПЧПК. Результатами вимірювання окружних кутів є середні значення по двох перетинах, а результатом визначення кроку і кута підйому гвинтової канавки – середнє значення за кількістю зубів.

При необхідності вимірювання окружних кроків, кроку і кута підйому гвинтової канавки в КП може бути наступний кадр:

№10 G10 D1+60000 M10 ^

При переході до кадру 10 на верхньому службовому рядку дисплея з'являється напис “ручний”, а на нижньому рядку – директива “упор в перетин 1”. Оператор встановлює вимірювальний наконечник в між зубну западину перед початковим зубом у першому (лівому) перетині і натискає клавішу “Пуск”.

На службовій рядку з'являється напис “автомат”, а на нижньому рядку – повідомлення “пошук в перетині 1”. По закінченні пошуку (після повного обороту інструменту) на службовій рядку знову з'являється напис “ручний”, а на нижньому рядку – директива “упорку в переріз 2”. Оператор за допомогою верстатного пульта переміщує роздільно стіл (координату X) та повертає інструмент (координата А) для установки упорки в друге перетин, потім натискає клавішу “Пуск”. Процес пошуку кроків на цей раз повторюється у другому перерізі. Після закінчення пошуку на нижньому рядку з'являється директива “відвести упорку”. Оператор повинен відвести упорку і натиснути клавішу “ПС”. Директива стирається. Для продовження роботи в автоматичному режимі слід натиснути клавішу “Пуск”.

Результати визначення окружних кроків, кроку і кута підйому гвинтової канавки даються у форматі індикації “P5”. На службовій рядку є напис “результати”, потім вказується кількість зубів, крок, кут підйому гвинтової канавки і значення перших (до восьми) колових кроків.

Натискаючи на клавішу “+” та “-” можна переглянути весь список колових кроків.

Для пошуку кроків, з програмованою частотою обертання інструменту кадр КП повинен мати наступний вигляд:

№10 G10 D1+60000 M10 F1000 M12 ^

Пошук кроків буде проводитися зі швидкістю  $F = 1000$  град / хв.

Якщо необхідно знайти тільки колові кроки, треба не вводити функцію M10. У цьому випадку, дозволяється пошук без переходу в других перетин. Здійснюється два пошуки по першому перетину.

Кількість зубів інструменту при пошуку не повинно перевищувати 150.

Певні параметри ТК і UG можна використовувати при програмування аналогічно формальним параметрам.

### **3.2.11. 15. Обробка круглої заготовки в квадратну**

Схема обробки показана на рисунку 3.3:

№100 G01 G09 Z-P7 F+R9 ПС

№101 G01 G09 X-R30 ПС

№102 G01 G09 X+R30 ПС

№1 G33 /початкові данні;/ ПС

№2 G27 /контр. швидкість, мкм/хв;/ ПС

№3 G28 /0 : 6000/; R1 ПС

№4 G27 /чорн. подача, мкм/; ПС

№5 G28 /0 : 1000/ R2 ПС

№6 G27 /кількість чорн. подач/; ПС

№7 G28 /0 : 1000/R3 ПС

№8 G27 /чист. Подач, мкм/: ПС

№9 G28 /0 : 100/R4 ПС

№10 G27 /кількість чист. подач;/ ПС

№11 G28 /0 : 10/R5 ПС

№12 G27 /кількість виходжувань;/ ПС

№13 G28 /0 : 9/R6 ПС

№14 G20 M18 /круг до заготовки/ ПС

№15 G40+9000 R50+0 R60+1000 R9+P1 R7+R2 ПС

№16 R30+100 G01 X+P30 M19 M18 /стіл X+/ ПС

№17 R30+100 G01 X+P30 M19 M18 /стіл X-/ ПС

№18 L100 H+R3-1 ПС

№19 P7+R4 R9+R1/3 M20 / R9/ ПС

№20 L100 H+P5 ПС

№21 R7+0 ПС

№22 L100 H+R6 ПС

№23 R8 + R2 % R3 + R4 % R5 ПС



№24 G01 G09 Z+R8 F+4000 ПС  
№25 G01 G09 A+R40 ПС  
№26 M02

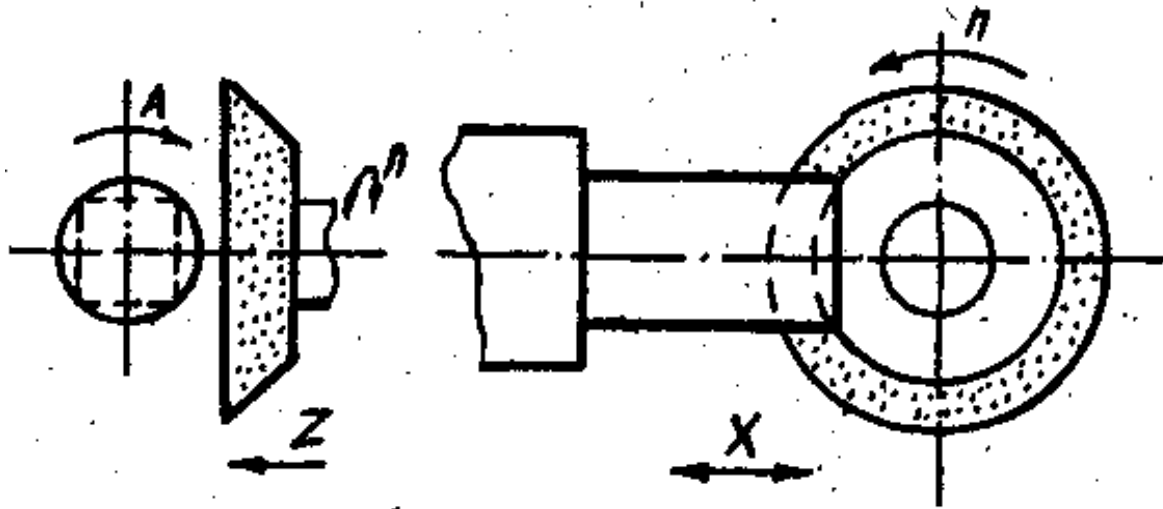


Рисунок 3.3 – Схема обробки круглої заготовки у квадратну

## 4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

### Система підготовки і відтворення керуючих програм багатocільового верстата типу оброблюючий центр моделі IP-320 ПМФ4 з системою ЧПК “Bosch CNC micro 8”

#### 4.1 Мета роботи

Ознайомитися з основними технічними характеристиками, конструкцією і принципом роботи багатocільового верстата типу оброблюючий центр моделі IP320ПМФ4 з системою ЧПК "Bosch CNC micro 8".

Вивчити особливості кодування технологічної і допоміжної інформації, засвоїти методику програмування і навчитися складати керуючі програми для обробки призматичних деталей на верстатах з ЧПК свердлильно-фрезерно-розточувальної групи. Придбати практичні навички по введенню, редагуванню і відпрацьовуванню керуючих програм на багатocільових верстатах з ЧПК.

#### 4.2 Загальні відомості про верстат IP320ПМФ4

Багатocільовий верстат моделі IP320 ПМФ4 є гнучким виробничим модулем, тобто комплексною автоматичною верстатною системою у вигляді горизонтального свердлильно-фрезерно-розточувального верстата з ЧПК, оснащеного інструментальним магазином на 36 інструментів, поворотно-обертальним столом і 4-х місцевим накопичувачем заготовок з механізмом автоматичної заміни палет (столів-супутників). Верстат призначений для повної свердлильно-фрезерно-розточувальної обробки призматичних корпусних і плоских деталей особливо складної конфігурації, а також для токарної обробки деталей типу тіл обертання (в токарному режимі) з наступним їх свердлінням, фрезеруванням і розточуванням. Областями застосування верстата є дрібно- та середньосерійне виробництво з невеликими партіями деталей, а в окремих випадках і одиничне виробництво.

Керування верстатом здійснюється універсальною мікропроцесорною контурно-позиційною системою ЧПК типу CNC підвищеної інтеграції моделі "Bosch CNC micro 8" з вбудованим програмованим контролером електроавтоматики верстата.

*Технічні характеристики верстату моделі IP320 ПМФ4:*

Клас точності –	2
Розміри стола, мм –	320*320
Робочі переміщення, мм:	

по вісі X –	400
по вісі Y –	360
по вісі Z –	400
Найбільші розміри обробки, мм:	
діаметр розточувального отвору –	125
діаметр торцевої фрези –	150
діаметр свердління (в сталі) –	25
Найбільша маса деталі, кг –	150
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв –	13...5000
Максимальний крутний момент на шпинделі, Нм –	200
Діапазон робочих подач, мм/хв –	1...6000
Прискорена подача, мм/хв	10000
Діапазон частот обертання стола, об/хв –	0.05...200
Максимальний крутний момент на столі, Нм –	340
Кількість столів-супутників в накопичувачі –	4
Кількість інструментів в магазині –	36
Конус для кріплення інструментів згідно ISO –	40
Найбільші розміри інструментів, мм:	
довжина –	220
діаметр, що стоять поруч –	125
діаметр, що стоять через один –	200
Найбільша маса інструмента, кг –	10
Час зміни інструмента, сек –	12.5
Час зміни столів-супутників, сек –	35
Дискретність обертання стола, град –	0.001
Потужність, кВт:	
головного привода –	11
приводів подач –	2.8
поворотного стола –	4.05
сумарна для верстата –	30
Габаритні розміри, мм –	3990*2300*2507
Маса верстата, кг –	10000

*Технічні характеристики системи ЧПК "Bosch CNC micro 8":*

Система керування –	універсальна
Кількість координат (з розширенням) –	4 (до 6)
Кількість координат, що управляються:	
при лінійній інтерполяції –	3
при круговій інтерполяції –	2
Метод завдання розмірів –	в абсолютних і відносних розмірах
Метод програмування –	з клавіатури ПУ, від 8-доріжкової ПС, з ФСП, з КМЛ, від ЕОМ вищого рівня
Система кодування –	код ISO-7bit, код EIA

Види інтерполяції –	лінійна, кругова, гвинтова
Приводи подач –	слідкуючі з фотоелектронними перетворювачами або індуктосинами
Дискретність завдання переміщень:	
лінійних, мм –	0.001
кутових, град –	0.001
Максимальне переміщення, що програмується, мм –	9 999.999
Місткість оперативного запам'ятовуючого пристрою, кбайт:	
загальна –	128
для керуючих програм –	48
Розмір дисплея по діагоналі, дюйм –	9
Тип дисплея –	алфавітно-цифровий
Тип клавіатури ПК –	плівкова, квазисенсорна
Напруга живлення, В –	220

*Додаткові можливості* – корекція контуру інструмента (по довжині і радіусу); регулювання подачі і частоти обертання шпинделя; редагування програм і підпрограм в пам'яті (ОЗП); виведення інформації на дисплей, ПС, КМЛ; вбудований контролер електроавтоматики і т. і.

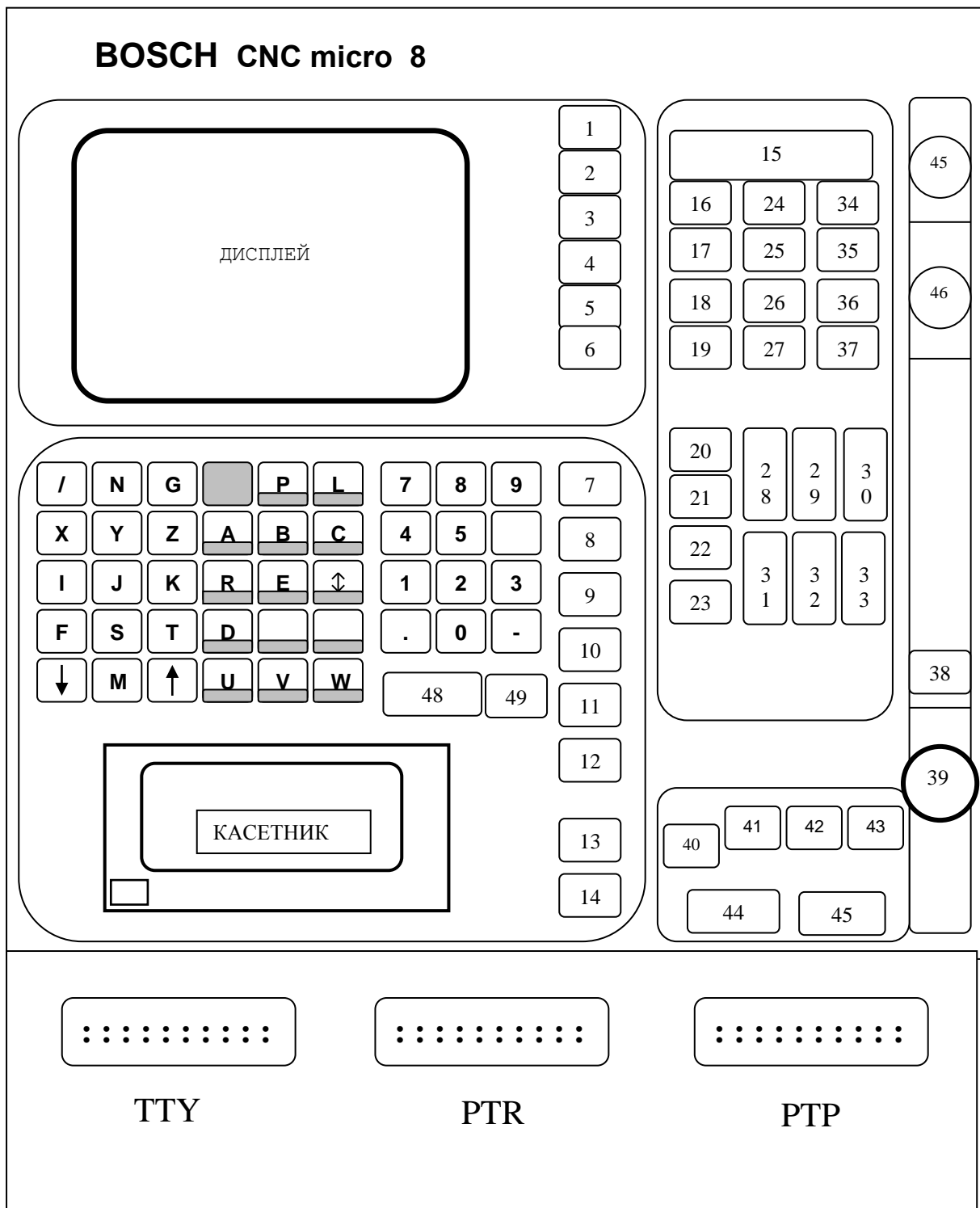
### 4.3 Система ЧПК "Bosch CNC micro 8"

***УВАГА!*** *Всі роботи на верстаті дозволяється проводити тільки під безпосереднім керівництвом викладача або навчального майстра!*

Перед початком роботи слід вивчити всі органи керування верстатом і системою ЧПК. Безглуздий натиск кнопок, клавіш і інших органів керування може викликати аварію або вихід з ладу обладнання. Перед початком експлуатації системи ЧПК слід ознайомитися з функціональним призначенням усіх клавіш пульта керування (ПК) і режимами роботи системи ЧПК (дивись рисунок 4.1 і таблицю 4.1).

#### *Основні режими роботи ЧПК "Bosch CNC micro 8"*

Режими роботи задаються за допомогою режимних клавіш ПК 7-12, 15, 34-38, 40, 41. Натискання клавіш супроводжується світловою індикацією (загоряється відповідний світлодіод).



а) пульт керування системи ЧПК;  
 б) планка підключення ЕОМ, ФСП, перфатора.  
 Рисунок 4.1 – Панель оператора ЧПК "BOSCH CNC micro 8"

Таблиця 4.1 – Функції клавіатури ПК\* системи ЧПК

№ п/п	Символ	Значення
1	2	3
1		Задане / фактичне значення
2		Задане значення відстані
3	<b>TEST</b>	Задане значення вибігу
4		Кадри
5	<b>CORR</b>	Таблиця корекцій
6		Стан (діагностика) верстата
7		Програмна пам'ять
8	<b>EDIT</b>	Редагування
9		Пошук кадрів
10		Ручне введення
11	<b>CORR</b>	Корекція на інструмент
12		Введення тексту
13		Завантаження програми
14		Видавання програми
15		Режим налагоджування
16	<b>1</b>	1 інкремент
17	<b>10</b>	10 інкрементів
18	<b>100</b>	100 інкрементів
19	<b>1000</b>	1000 інкрементів
20		Перемотування стрічки вперед/назад до наступного знаку кінця запису
21		Перемотування стрічки вперед/назад до наступного знаку початку запису
22		Пробіг стрічки вперед/назад до наступного знаку початку програми
23		Пробіг носію даних вперед в режимі пошуку початку програми
24		Ручна подача повільна
25		Ручна подача середня
26		Ручна подача швидка
27		Ручна подача в прискореному ході

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
28	<b>X</b>	+/- по вісі X
29	<b>Y</b>	+/- по вісі Y
30	<b>Z</b>	+/- по вісі Z
31	<b>4</b>	+/- по 4-й вісі
32	<b>5</b>	+/- по 5-й вісі
33	<b>6</b>	+/- по 6-й вісі
34		Підхід до точки відліку
35		Підхід до сітчастої точки
36		Скидання на нуль
37		Програмування навчанням
38		Вихідне положення (скидання)
39		Аварійна зупинка
40		Автоматичний режим
41		Режим окремого кадру (покадровий)
42		Довільна зупинка вкл/відкл
43		Пропущення кадру
44		Запуск циклу
45		Зупинка подачі
46		Потенціометр шпинделя
47		Потенціометр подачі
48		Введення інформації
49		Стирання інформації

\* Інші клавіші ПК відповідають алфавітно-цифровій клавіатурі.

4.3.1 Режим "Вхідне положення" встановлюється одразу при включенні верстату. Після включення вхідного автомату і гідросистеми необхідно натиснути клавішу 38, встановивши метричну систему вимірів (на дисплеї з'явиться напис: "METR").

4.3.2 Режим "Точка відліку" використовується для прив'язування системи відліку (вимірювальних перетворювачів переміщень) до нульової точки верстата. Ініціалізація режиму здійснюється при натисканні на клавішу 34. Потім послідовно натискають клавіші 28-31; при цьому відповідні приводи приходять в рух і встановлюються в нульову точку відліку.

4.3.3 "Режим налагодження" вибирається клавішею 15 і використовується для ручного переміщення робочих органів (приводів) при налагодженні верстату. Швидкість руху задається клавішами 24-27, а дискретність переміщення (величина переміщення за один натиск клавіші) - 16-19. Переміщення по кожній вісі виконується до тих пір, поки

натиснута відповідна клавіша з ряду 28-31.

4.3.4 Режим "Ручне введення" призначений для введення і наступного відпрацювання одиничного кадру з довільною інформацією. Вибір режиму здійснюється клавішею 10. Після цього вводиться набір бажаної інформації кадру.

Наприклад: G10 F100 X100 M3 S1000

Витирання помилкової інформації виконується клавішею 49. Відпрацювання набраного кадру виконується при натисканні клавіші 44.

4.3.5 Режим "Програмна пам'ять" включається натиском клавіші 7 і використовується для перегляду каталогу занесених в пам'ять програм, вибору необхідних програм для редагування, відпрацювання або вилучення, а також для занесення нових програм (як з клавіатури ПК, так і з КМС або ПС).

Вибір програми здійснюється таким чином:

а – вибрати режим "Програмна пам'ять" (кл. 7);

б – набрати номер програми, наприклад P102;

в – натиснути клавішу "Введення" (кл. 48).

4.3.6 Режим "Редагування" вибирається клавішею 8 і використовується для введення кадрів нової програми або редагування наявної в ОЗП старої КП з клавіатури ПК.

Для введення нової програми необхідно:

а – набрати номер програми (дивись п. 4.3.5.);

б – увійти в режим "Редагування" (кл. 8);

в – задати номер першого кадру (наприклад: N10) і натиснути клавішу "Введення" (кл. 48);

г – ввести зміст кадру (наприклад: G90 M03 F180...),

д – завершити набір натиском клавіші "Введення" (кл. 48);

і т. д. до кінця програми.

Автоматичний приріст номерів кадрів з кроком 10 задається натиском клавіш N – , а скасовується – клавішею "Скидання" (кл. 38).

Для редагування програми в пам'яті необхідно:

а – набрати номер програми (див. п.3.3.5.);

б – увійти в режим "Редагування" (кл. 8);

в – ввести номер кадру, що редагується, наприклад N80, "Введення";

на дисплеї: N80 G01 X-250 Y600 F300

г. д.

Якщо треба стерти слово X-250, то вводять N80 "Введення", X і натискають кл. 48; на дисплеї: N80 G01 Y600 F300.

Якщо треба стерти кадр повністю, то натискають N80 "Введення" і кл. 48;

на дисплеї: N80.



4.3.7 Режим "Пошук кадру" дозволяє знайти будь-який кадр по його номеру в вибраній керуючій програмі (із зростаючою послідовністю номерів кадрів), розташованій в пам'яті ЧПК. Для цього необхідно:

- а – набрати номер програми (див. п. 3.3.5);
- б – увійти в режим "Пошук кадру" (кл. 9);
- в – ввести номер цього кадру, наприклад: N985;
- г – натиснути клавішу "Введення" (кл. 48).

Рекомендується використовувати зростаючу послідовність номерів кадрів керуючої програми з кроком 10.

4.3.8 Режим "Корекція на інструмент" використовується для завдання корекції довжини і діаметра (радіуса) інструмента, що застосовується при його зносі, переналагодженні і т.п.

Введення нових значень корекцій виконується шляхом алгебраїчного додавання до старого значення корекції (тобто інкрементально). Для введення корекції на довжину інструмента необхідно:

- а – вибрати режим "Корекція на інструмент" клавішею 11;
- б – вибрати таблицю корекцій довжини інструменту: H0, "Введення";
- в – ввести значення корекцій довжини інструмента (наприклад: для 4-го інструмента корекція довжини  $Z=5\text{мм}$ );
- г – для витирання коректора набрати: H4, "Введення" і кл.48;
- д – для витирання всієї таблиці коректорів довжин інструментів: H-1, "Введення" і кл. 48.

Введення корекцій діаметра (радіуса) інструмента виконується аналогічно, тільки замість літер адрес H і Z використовуються відповідно адреси D і X.

4.3.9 Режим "Введення тексту" вибирається клавішею 12 і використовується як інструментальний режим при різноманітних допоміжних процесах: маніпуляція з програмоносіями (КМС, ПС), робота з параметрами верстата і системи ЧПК, завантаження матзабезпечення, діагностика і т. п.

4.3.10 "Автоматичний режим" використовується для запуску керуючої програми обробки деталі в автоматичному циклі. Для відпрацювання програми з програмної пам'яті необхідно:

- а – виконати дії по п. 3.3.5. (вибір програми);
- б – встановити автоматичний режим клавішею 40;
- в – запустити цикл обробки клавішею 44;

4.3.11 Режим "Окремий кадр" застосовується при покадровому відпрацюванні програми при її налагодженні на верстаті. Він цілком аналогічний "Автоматичному режиму", але відрізняється тим, що в п.4.10-б використовується клавіша 41 (замість 40).

Більш докладні відомості про режими роботи системи викладені в "Інструкції по обслуговуванню" системи ЧПК моделі "Bosch CNC micro 8".

#### 4.4 Принципи кодування і елементи програмування ЧПК "Bosch CNC micro 8"

Система ЧПК "Bosch CNC micro 8" забезпечує комплексний підхід до укладання керуючих програм обробки деталей з широким використанням стандартних циклів, апарату підпрограм, великої кількості модифікацій різноманітних конфігурацій і т. п., що істотно відрізняє процес програмування складних деталей і підвищує якість програм, що розробляються. Структура керуючої програми (КП) і принципи її кодування цілком відповідають рекомендаціям ISO.

Адреси команд системи ЧПК представлені в таблиці 4.2, допоміжні функції (машинні команди системи ЧПК і верстату) – в таблиці 4.3, а підготовчі функції – в таблиці 4.4.

В коді ISO програма починається символом % і закінчується функцією M02 або M30.

Кожна КП являє собою послідовність фаз обробки деталей і складається з окремих фраз – кадрів.

Кадри КП містять інформацію про умови і величини переміщень робочих органів верстату, а також допоміжні функції.

Кожний кадр складається з номера кадру, одного або декількох слів і знаку кінця кадру, наприклад:

N0120 G01 X190 Y-125 M03 S100 F50 \$

Довжина кадру не повинна перевищувати більш ніж 100 знаків. Послідовність слів в кадрі довільна (окрім N... і \$ ).

*Попередження: будь-яку адресу можна програмувати в одному кадрі тільки один раз!*

Кожне програмне слово складається з літери адреси і числової частини із знаком (якщо він потрібний), наприклад: X-124.

Розмірні переміщення, параметри інтерполяції і т. і. записуються в міліметрах з десятковою крапкою (замість коми), наприклад: X-125.151 відповідає величині X=-125,151 мм. Незначні нулі попереду і в кінці числа можна не записувати, наприклад: Z-0017. 150 еквівалентно Z-17.15.

Таблиця 4.2 – Адреси команд системи ЧПК

Код	Функція
1	2
X	Адреса вісі X
Y	Адреса вісі Y
Z	Адреса вісі Z
E	Індикація помилки верстата
U	Адреса вісі, що паралельна вісі X
V	Адреса вісі, що паралельна вісі Y
W	Адреса вісі, що паралельна вісі Z
A	Адреса куту повороту навколо вісі X
B	Адреса куту повороту навколо вісі Y
C	Адреса куту повороту навколо вісі Z
I	Параметр кругової інтерполяції вздовж вісі X
J	Параметр кругової інтерполяції вздовж вісі Y
K	Параметр кругової інтерполяції вздовж вісі Z
A	Адреса куту при полярно-координатному програмуванні
K,L	Параметри для кроку різьби (по X і по Z відповідно)
R	Площина відліку для розточувальних циклів
R	Програмування радіуса переміщення
F	Подача в мм/хв (при G94) або в мм/об (при G95)
F	Час паузи в сек. (при G04) або в об. (при G95)
F	Параметр при уповільненні подачі (при G28, G93)
H	Номер корекції довжини інструмента
D	Номер корекції радіусу інструмента
N	Номер кадру
P	Номер програми
P	Час паузи при розточувальних циклах
T	Номер інструмента
S	Частота обертання шпинделя
Q	Виклик підпрограми

Таблиця 4.3 – Машинні команди ЧПК

Код	Функція
1	2
M00	Програмна зупинка
M01	Зупинка з підтвердженням
M02	Кінець програми
M03	Обертання шпинделя по годинній стрілці (CCW)
M04	Обертання шпинделя проти годинної стрілки (CW)
M05	Зупинка шпинделя
M06	Автоматична зміна інструмента
M08	Включення подачі ЗОР
M09	Відключення подачі ЗОР
M10	Затискання інструменту
M11	Розтискання інструменту
M13	Обертання шпинделя по годинній стрілці з ЗОР
M14	Обертання шпинделя проти годинної стрілки з ЗОР
M19	Орієнтація шпинделя
M30	Кінець програми з перемотуванням МС в початок
M40	Автоматичне розпізнання ступіні шпинделя
M41	1-я ступінь (діапазон 1)
M42	2-я ступінь (діапазон 2)
M52	Включення змиву стружки
M60	Зміна столів-супутників (чергового стола-супутника)
M61	Встановлення 1-го стола-супутника
...	...
M64	Встановлення 4-го стола-супутника
M93	Обертання поворотного стола по годинній стрілці
M94	Обертання поворотного стола проти годинної стрілки
M95	Зупинка поворотного стола
M97	Затискання поворотного стола
M98	Фрезерний режим
M99	Токарний режим

Таблиця 4.4 – Підготовчі функції ЧПК

Код	Функція
1	2
G00	Позиціонування на прискореному ході
G01	Лінійна інтерполяція
G02	Кругова інтерполяція по годинній стрілці
G03	Кругова інтерполяція проти годинної стрілки
G04	Пауза
G08	Відключення функції прискорення/гальмування
G09	Включення функції прискорення/гальмування
G10	ПК:* прискорений хід
G11	Полярні координати: лінійна інтерполяція
G12	Полярні координати: кругова інтерполяція по годинній стрілці
G13	Полярні координати: кругова інтерполяція проти годинної стрілки
G17	Вибір площини XY
G18	Вибір площини XZ
G19	Вибір площини YZ
G20	Вибір площини 2 з 6 осей
G25	Обмеження робочої зони (мінімальні значення)
G26	Обмеження робочої зони (максимальні значення)
G27	Відміна обмеження робочої зони
G28	Включення кутового уповільнення
G29	Відключення кутового уповільнення
G32	Нарізання різи
G33	Нарізання різи
G38	Включення дзеркального відображення осей
G39	Відключення дзеркального відображення осей
G40	Відміна корекції радіуса фрези
G41	Корекція радіуса фрези ліворуч від деталі
G42	Корекція радіуса фрези праворуч від деталі
G48	Включення контролю контуру
G49	Відключення контролю контуру
G53	Відміна зміщень нуля
G54	Введення зміщень нуля
...	...

Продовження таблиці 4.4

1	2
G59	...
G60	Зовнішнє зміщення нуля
G63	Встановлення подачі 100%
G64	Включення корекції подачі при G41, G42
G65	Відключення корекції подачі при G41, G42
G66	Відміна G63
G70	Програмування в дюймах
G71	Програмування в метричній системі
G73	Інтерполяція з логікою "В позиції"
G74	Автоматичний підхід до точки відліку
G80	Відміна свердлильно-розточувальних циклів
G81	Цикл свердління
G82	Цикл розточування
G83	Цикл глибокого свердління
G84	Цикл нарізання внутрішньої різі (метчиком)
G85	Розточувальний цикл 1
G86	Розточувальний цикл 2
G87	Розточувальний цикл 3
G88	Розточувальний цикл 4
G89	Розточувальний цикл 5
G90	Абсолютна система координат
G91	Відносна система координат (інкрементальна)
G92	Встановлення нових нульових точок відліку
G93	Програмування часу обробки ділянки
G94	Програмування подачі в мм/хв
G95	Програмування подачі в мм/об
G97	Програмування частоти обертання шпинделя в об/хв

## 4.5 Приклад керуючої програми

Методику складання керуючих програм обробки деталей на верстаті IP320 ПМФ4 з системою ЧПК "Bosch CNC micro 8" розглянемо на прикладі деталі, ескіз якої показаний на рисунку 4.2. Заготовка з алюмінію АЛ5 закріплюється в універсальному пристосуванні типу "лещата", яке встановлене на столі-супутнику верстата. Схема базування деталі показана на рисунку 4.3.

Центр 0 просторової прямокутної системи координат XYZ є нульовою точкою деталі. Суміщаємо його з установчими і конструкторськими базами деталі.

Складаємо маршрут обробки деталі і вибираємо необхідний ріжучий інструмент:

1. Свердлити послідовно п'ять отворів діаметром 8 мм напрохід, витримавши розміри їхнього розташування 12, 108 і 54 мм. Інструмент Т1: свердло діаметром 8 мм, матеріал Р6М5.

2. Фрезерувати канавку діаметром 89 мм на діаметр 110 мм в розмір 5 мм. Інструмент Т2: фреза кінцева діаметром 10 мм, матеріал Р6М5.

3. Фрезерувати зону виборки - майданчик діаметром 46 мм на глибину 5 мм. Інструмент Т3: фреза кінцева діаметром 16 мм, матеріал Р6М5.

4. Фрезерувати канавку діаметром 13 мм на діаметр 31 мм в розмір 9 мм. Інструмент Т4: фреза кінцева діаметром 8 мм, матеріал Р6М5.

Вибір режимів різання здійснюється за допомогою довідника "Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением" М. Экономика 1990 г.

При складанні КП широко використовується апарат підпрограм. Окремі маніпуляції на верстаті (зміна інструменту, зміна столів-супутників і т. і.), а також робота кожного інструмента оформлюється окремими підпрограмами.

Таким чином, основна КП, як правило, складається із стандартного початку і стандартного кінця, а всередині тіла програми виконується звернення до необхідних підпрограм.

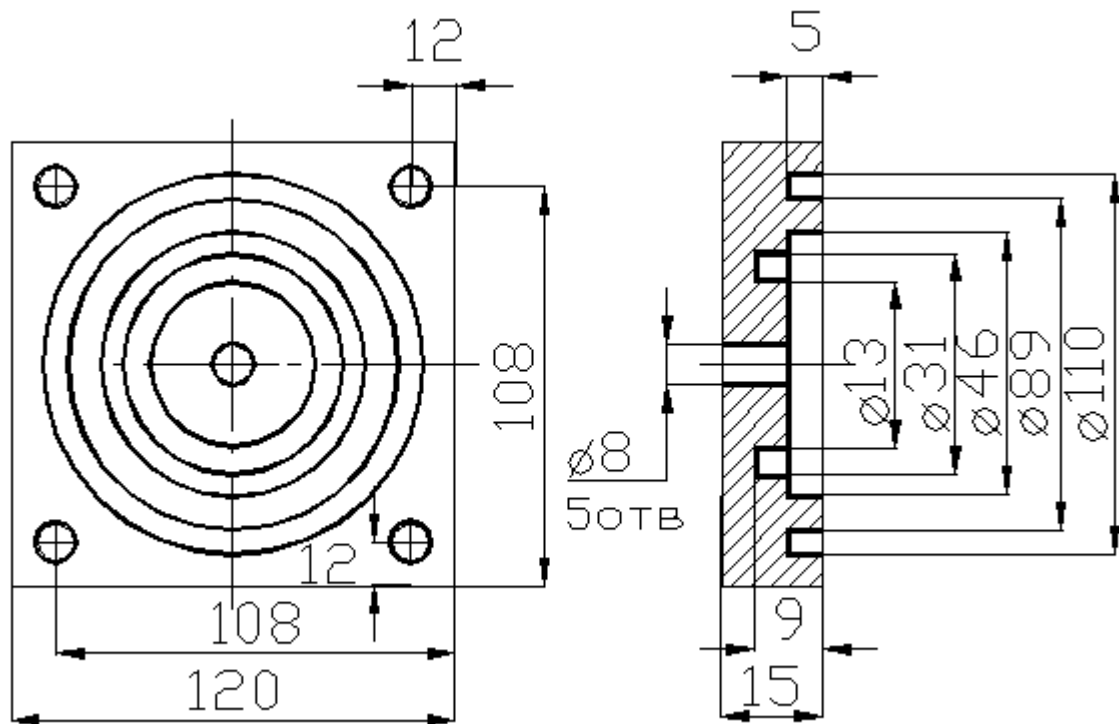


Рисунок 4.2 – Ескіз обробленої деталі

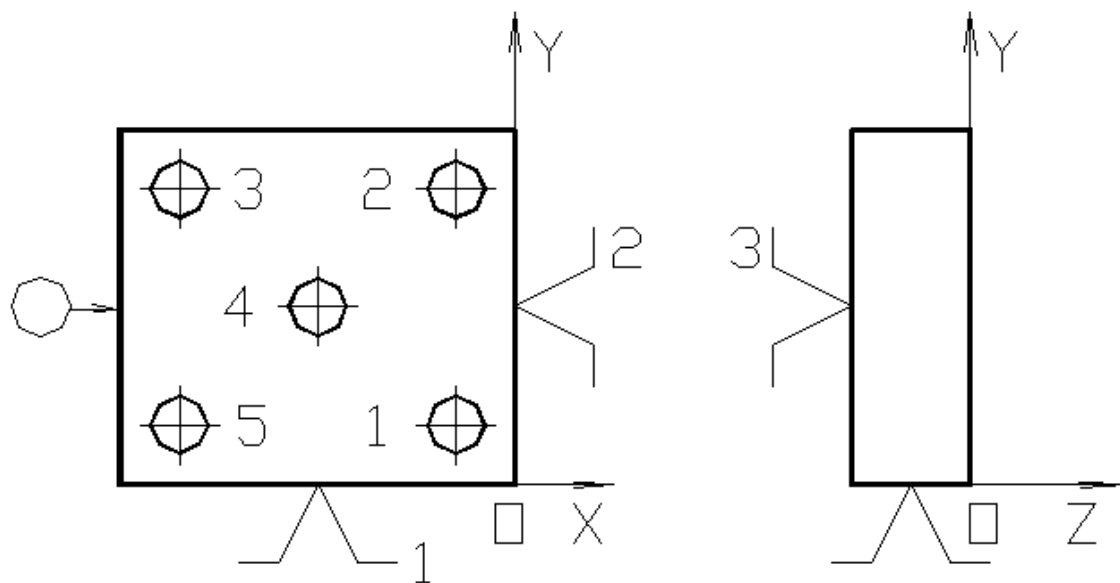


Рисунок 4.3 – Схема базування і закріплення деталі в системі координат XYZ.



Розглянемо спочатку складання окремих підпрограм, а після цього наведемо текст повної програми для обробки завданої деталі.

P1 – підпрограма вивантаження інструмента із шпинделя в магазин:

N10 G0 M6 – автоматична зміна інструмента  
N20 G53 Z-129.265 H0 – вихід в фіксовану точку по вісі Z  
N30 Y0 – вихід в точку зміни інструмента по вісі Y  
N40 M11 – розтискання інструменту в шпинделі  
N50 G4 F2 – пауза 2 секунди на розтискання  
N60 Z0 – відведення шпинделя по вісі Z (без інструмента)  
N70 M2 – кінець підпрограми

P2 – підпрограма завантаження інструмента в шпиндель із магазину:

N10 G0 M6 – автоматична зміна інструмента  
N20 G53 Z-129.265 H0 – вихід в фіксовану точку по вісі Z  
N30 M10 – затискання інструмента в шпинделі  
N40 G4 F2 – пауза 2 секунди на затискання  
N50 Y-250 – відведення шпинделя з інструментом по вісі Y  
N60 M2 – кінець підпрограми

P10 – підпрограма зміни столів-супутників:

N10 G74 X0 A0 – автоматичний підхід до початку відліку по X і A  
N20 G53 – відлік від абсолютного нуля верстата  
N30 G90 – абсолютна система координат  
N40 G0 Z0 – прискорене відведення шпинделя по вісі Z  
N50 X0 Y-250 – прискорене відведення шпинделя по вісі Y і  
стола по вісі X  
N60 M60 – автоматична зміна стола (чергового)  
N70 G4 F1 – пауза 1 сек. на зміну  
N80 X150 – прискорений вихід в "нуль" верстата по вісі X  
N90 M2 – кінець підпрограми.

При зміні столів-супутників для встановлення конкретного (а не чергового) стола-супутника з 4-х місцевого накопичувача використовуються підпрограми P11, P12, P13 і P14, відповідно 1, 2, 3 і 4 позиціям накопичувача. Ці підпрограми аналогічні P10, тільки замість функції M60 використовуються функції M61, M62, M63, M64 відповідно.

P101 – підпрограма роботи 1-го інструменту (T1):

N10 G90 – абсолютна система координат  
N20 G83 X-12 Y12 Z-20 R5 K5 F60 – стандартний цикл глибокого свердління першого отвору (де Z – загальна глибина свердління, R – координата верхньої кромки, K – глибина свердління за один прохід)  
N30 Y108 – координати другого отвору  
N40 X-108 – координати третього отвору  
N50 X-60 Y60 – координати четвертого отвору  
N60 X-108 Y12 – координати п'ятого отвору  
N70 G80 – відміна стандартного циклу G83  
N80 G0 Z10 – прискорений відхід на безпечну відстань  
N90 M2 – кінець підпрограми.

P102 – підпрограма роботи 2-го інструменту (T2):

N10 G90 – абсолютна система координат  
N20 G0 X-60 Y10 – прискорений підхід до деталі по осям X, Y  
N30 G1 Z1 F200 – підхід до деталі по вісі Z (поволі)  
N40 G42 D2 – корекція радіуса (діаметра) фрези  
N50 Z-5 F30 – врізання на 5 мм  
N60 G91 F100 – відносна система координат  
N70 G3 J50 – обробка по колу (CCW)  
N80 G1 Y0.5 – зміщення по радіусу на 0.5 мм  
N90 G2 J49.5 – обробка по колу (CW)  
N100 G90 – абсолютна система координат  
N110 Z10 F2000 – вихід на безпечний рівень по вісі Z  
N120 G40 – відміна корекції радіуса фрези  
N130 M2 – кінець підпрограми.

P103 – підпрограма роботи 3-го інструменту (T3):

N10 G90 – абсолютна система координат  
N20 G0 X-60 Y75 – прискорений вихід в початок обробки  
N30 G1 Z1 F150 – підхід до деталі на робочій подачі  
N40 Y45 Z-2 – врізання по двох координатах Y і Z  
N50 Y75 Z-5 – те ж  
N60 Y45 – підчистка на дні майданчика  
N70 G42 D3 – корекція радіуса(діаметра) фрези  
N80 G91 – відносні координати  
N90 G3 J15 – обробка майданчика по повному колу  
N100 G90 – абсолютна система координат  
N110 G40 Y60 – відміна корекції, вихід на центр

N120 G0 Z10 – прискорений вихід на безпечний рівень  
N130 M2 – кінець підпрограми.

P104 – підпрограма роботи 4-го інструмента (T4):  
(Складається цілком аналогічно підпрограмі P102)

P1000 – головна (повна) керуюча програма обробки деталі:

N10 Q11 – завантаження першого стола підпрограмою P11  
N20 A180 – обертання стола на 180 градусів  
N30 G4 F1 – пауза 1 сек. на обертання  
N40 Q1 – інструмент - в магазин (підпрограма P1)  
N50 T1 – пошук інструмента T1 в магазині  
N60 Q2 – інструмент - в шпindel (підпрограма P2)  
N70 G90 – абсолютні координати  
N80 G55 – введення зміщень нуля по всіх вісях  
N90 G0 X-12 Y12 – позиціонування по осях X і Y на 1-й отвір  
N100 Z10 H1 – позиціонування по осі Z і виклик корекції  
довжини інструмента T1  
N110 M40 – автоматичний пошук діапазону  
N120 M3 S600 – включення обертання шпинделя з n=600 об/хв  
N130 Q101 – робота інструмента T1 (підпрограма P101)  
N140 Q1 – інструмент - в магазин (підпрограма P1)  
N150 T2 – пошук інструмента T2 в магазині  
N160 Q2 – інструмент - в шпindel (підпрограма P2)  
N170 G90... – і т.д.(по аналогії)  
N180 G55 . . . . .  
N190 G0 X-60 Y10  
N200 Z10 H2  
N210 M40  
N220 M3 S900  
N230 Q102 – робота інструмента T2 (підпрограма P102)  
N240 Q1  
N250 T3  
N260 Q2  
N270 G90  
N280 G55  
N290 G0 X-60 Y75  
N300 Z10 H3  
N310 M40  
N320 M3 S1000  
N330 Q103 – робота інструмента T3 (підпрограма P103)  
N340 Q1

N350 T4  
N360 Q2  
N370 G90  
N380 G55  
N390 G0 X-60 Y49  
N400 Z10 H4  
N410M40  
N420 M3 S800  
N430 Q104 – робота інструмента T4 (підпрограма P104)  
N440 Q1 – інструмент - в магазин (підпрограма P1)  
N450 T35 – виклик порожнього місця інструмента  
N460 Q2 – інструмент - в шпindel (підпрограма P2)  
N470 Q10 – заміна чергового стола-супутника  
N480 G53 – відміна зміщення нуля  
N490 M5 – зупинка шпинделя  
N500 M2 – кінець програми.

При необхідності обробки декількох однакових деталей головна КП P1000 може бути використана як підпрограма для виконання в іншій основній КП (наприклад P10000) необхідну кількість разів.

#### **4.6 Методика виконання лабораторної роботи**

Роботу слід виконувати в такій послідовності:

1. Ознайомитись з конструкцією і основними технічними характеристиками верстата і системи ЧПК.
2. Вивчити особливості програмування для системи ЧПК "Bosch CNC micro 8".
3. Скласти керуючу програму обробки деталі згідно індивідуальному завданню.
4. Ознайомитись з основними режимами роботи верстата з системою ЧПК "Bosch CNC micro 8", з функціональним призначенням клавіатури ПК і ПО, з можливостями системи по введенню і редагуванню КП, з основними програмоносіями.
5. Ввести керуючу програму в пам'ять системи ЧПК (з клавіатури ПК), відредагувати і перевірити її шляхом обробки на холостому ході і при обробці першої деталі на верстаті. При необхідності провести корекцію КП.
6. Оформити звіт і зробити висновки по роботі.

#### **4.7 Варіанти завдань**

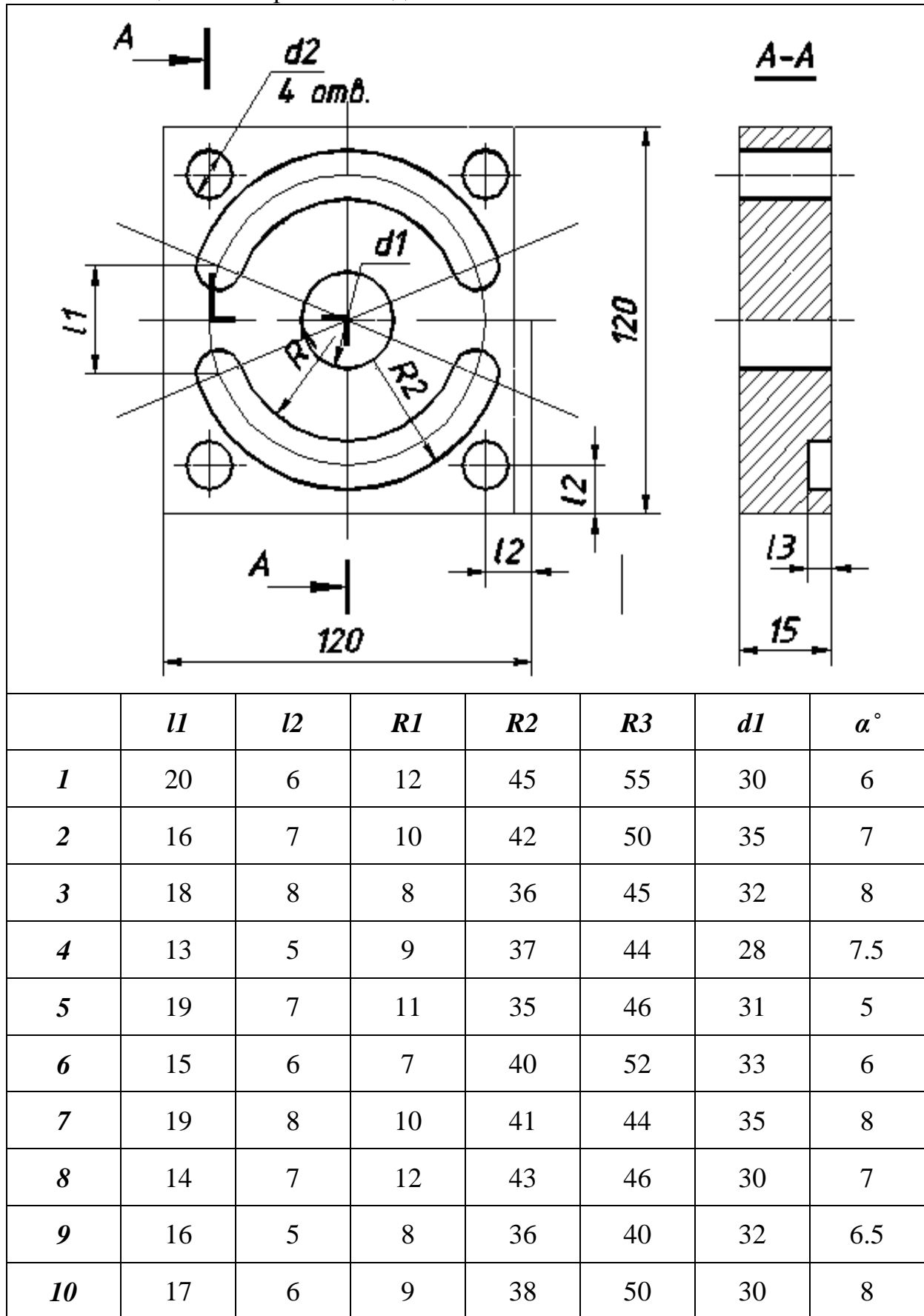
Варіанти індивідуальних завдань для виконання лабораторної роботи видаються викладачем згідно нижче наведених таблиць 4.5 - 4.9.



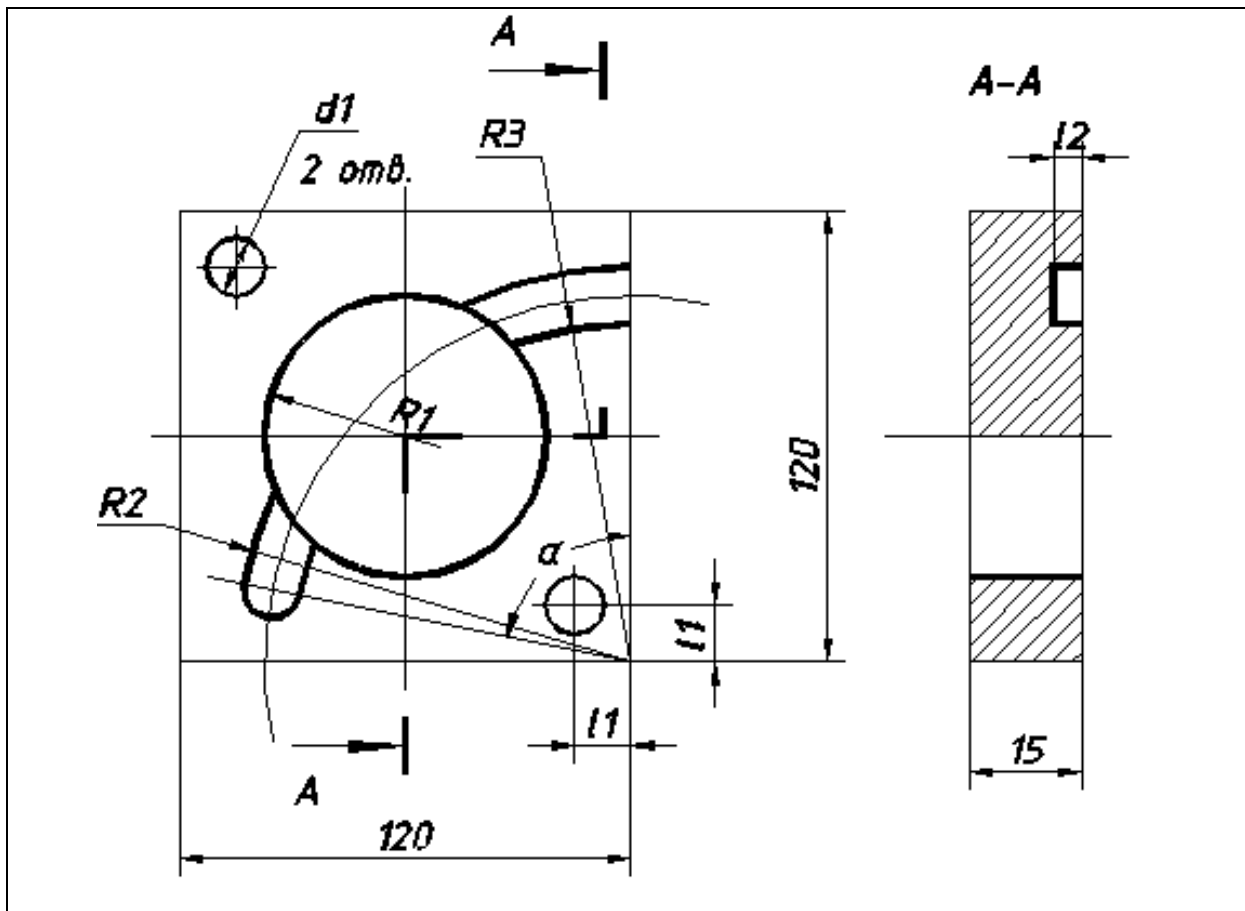
Таблиця 4.6 – Варіанти завдань № 2

	<i>l1</i>	<i>l2</i>	<i>l3</i>	<i>l4</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>d1</i>
<b>1</b>	20	20	16	6	45	55	6
<b>2</b>	16	16	14	7	42	50	7
<b>3</b>	18	18	12	8	36	45	8
<b>4</b>	13	14	15	7.5	37	44	7.5
<b>5</b>	20	22	13	6.5	3.5	46	6.5
<b>6</b>	19	24	11	5.5	40	52	5.5
<b>7</b>	15	15	14	8	41	48	6
<b>8</b>	18	16	12	7	38	51	7
<b>9</b>	14	15	15	6	35	52	5.5
<b>10</b>	17	17	14	5	44	48	8

Таблиця 4.7 – Варіанти завдань № 3



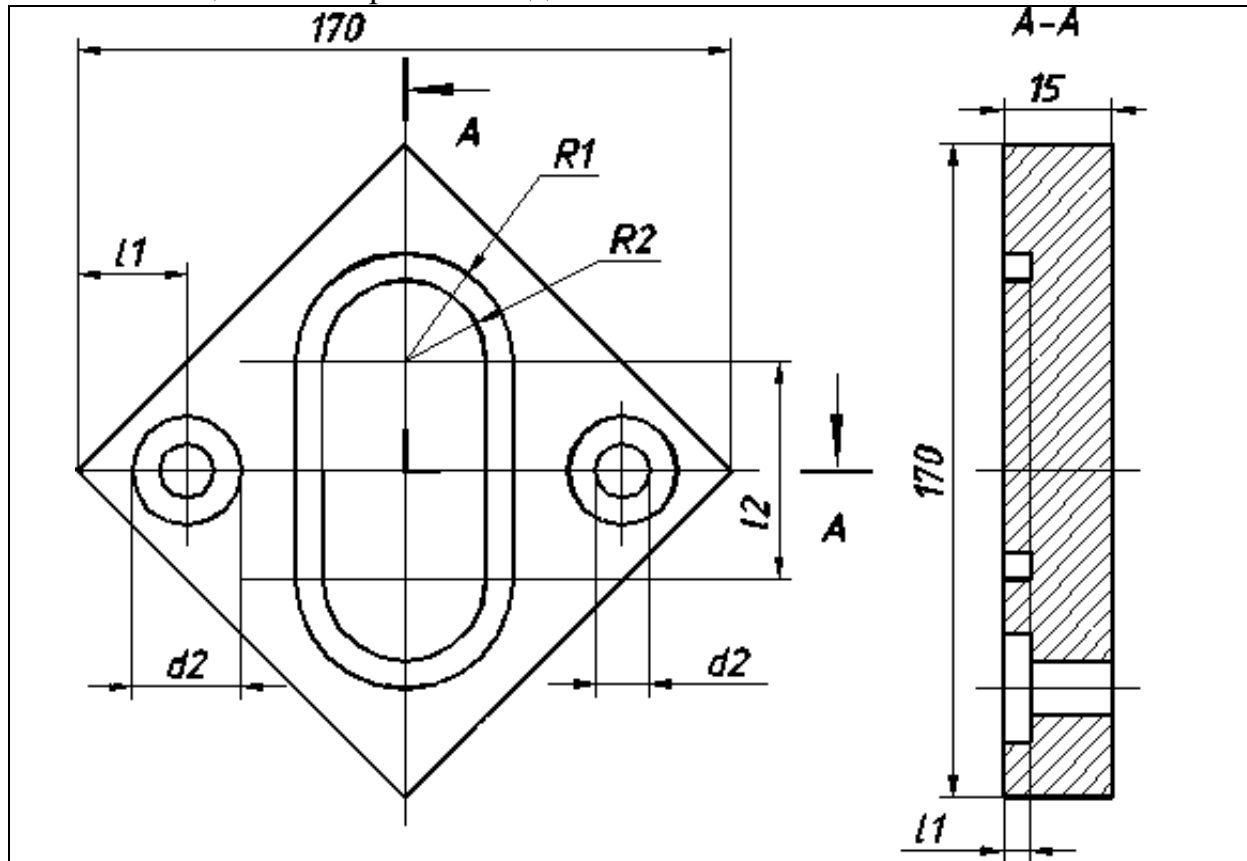
Таблиця 4.8 – Варіанти завдань № 4



	$l1$	$l2$	$R1$	$R2$	$R3$	$d1$	$\alpha^\circ$
<b>1</b>	20	6	12	45	55	30	6
<b>2</b>	16	7	10	42	50	35	7
<b>3</b>	18	8	8	36	45	32	8
<b>4</b>	13	5	9	37	44	28	7.5
<b>5</b>	19	7	11	35	46	31	5
<b>6</b>	15	6	7	40	52	33	6
<b>7</b>	17	8	10	42	54	32	8
<b>8</b>	18	7	8	39	48	30	6
<b>9</b>	15	5	6	36	49	29	7
<b>10</b>	16	6	11	41	46	28	5



Таблиця 4.9 – Варіанти завдань № 5



	<i>l1</i>	<i>l2</i>	<i>l3</i>	<i>d1</i>	<i>d2</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>
<b>1</b>	27	72	12	24	20	34	28
<b>2</b>	25	67	8	20	15	30	24
<b>3</b>	23	62	5	16	10	26	20
<b>4</b>	26	70	10	22	18	32	20
<b>5</b>	24	65	9	18	14	28	22
<b>6</b>	23	61	7	14	12	25	17
<b>7</b>	25	71	6	17	13	28	18
<b>8</b>	27	68	7	15	11	27	21
<b>9</b>	26	64	11	18	18	30	22
<b>10</b>	23	66	5	21	15	32	26

## **5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5**

### **Система підготовки і відтворення керуючих програм робото-технічного комплексу на базі токарно-гвинторізного верстата з ЧПК моделі 16К20Ф3 та промислового робота М20П як елемента гнучкої виробничої системи**

#### **5.1 Мета роботи**

Ознайомитися з типовою структурою ГВС, принципами її побудови та основними підсистемами, включаючи робото-технічні комплекси (РТК). Ознайомитися з призначенням, основними технічними характеристиками, конструкцією і принципом дії РТК на базі токарно-гвинторізного верстата моделі 16К20Ф3 і промислового робота моделі М20П. Придбати практичні навички по введенню, редагуванню і налагодженню керуючих програм для РТК. Навчитися проводити налагодження устаткування РТК.

#### **5.2 Короткі теоретичні відомості**

Робото-технічні комплекси являють собою різновид гнучкого виробничого модуля (ГВМ), що є основою побудови гнучких виробничих систем (ГВС) для гнучких автоматизованих виробництв (ГАВ). В якості основної технологічної машини в складі РТК чи ГВМ використовується металорізальний верстат із ЧПК. Крім нього в систему входять: промисловий робот чи маніпулятор, що забезпечує автоматичне завантаження виробів у робочу зону верстата і вивантаження з неї; внутрішній накопичувач заготовок і готових деталей, наприклад у вигляді тактового столу чи штабелеру; підсистема заміни інструмента; підсистема контролю якості виготовлених деталей та ін.

Приклад побудови типової ГВС на основі РТК і ГВМ та її планування показані на рисунках 5.1 і 5.2. Задана ГВС розроблена ІХО “Техинвест”(Болгарія) і складається з п'яти основних підсистем:

1. Підсистема обробляючих автоматичних технічних модулів складається із: РТК на базі токарного верстата 16К20Ф3 і робота М20П (РБ241); РТК на базі токарного верстата СП161 і робота М10П (РБ242); ГВМ на базі обробляючого центра МС032 і робота М20П (РБ241).

2. Підсистема автоматичного складування забезпечує автоматичне завантаження і розвантаження деталей і заготовок, інструмента і технологічної оснастки в піддонах вагопідйомністю до 10000Н. Вона складається із стелажного блоку на 60 комірок, автоматичного трансманіпулятора типу ТС10АМ, транспортної системи, яка вводить і виводить піддони (по 2 секції) в склад.

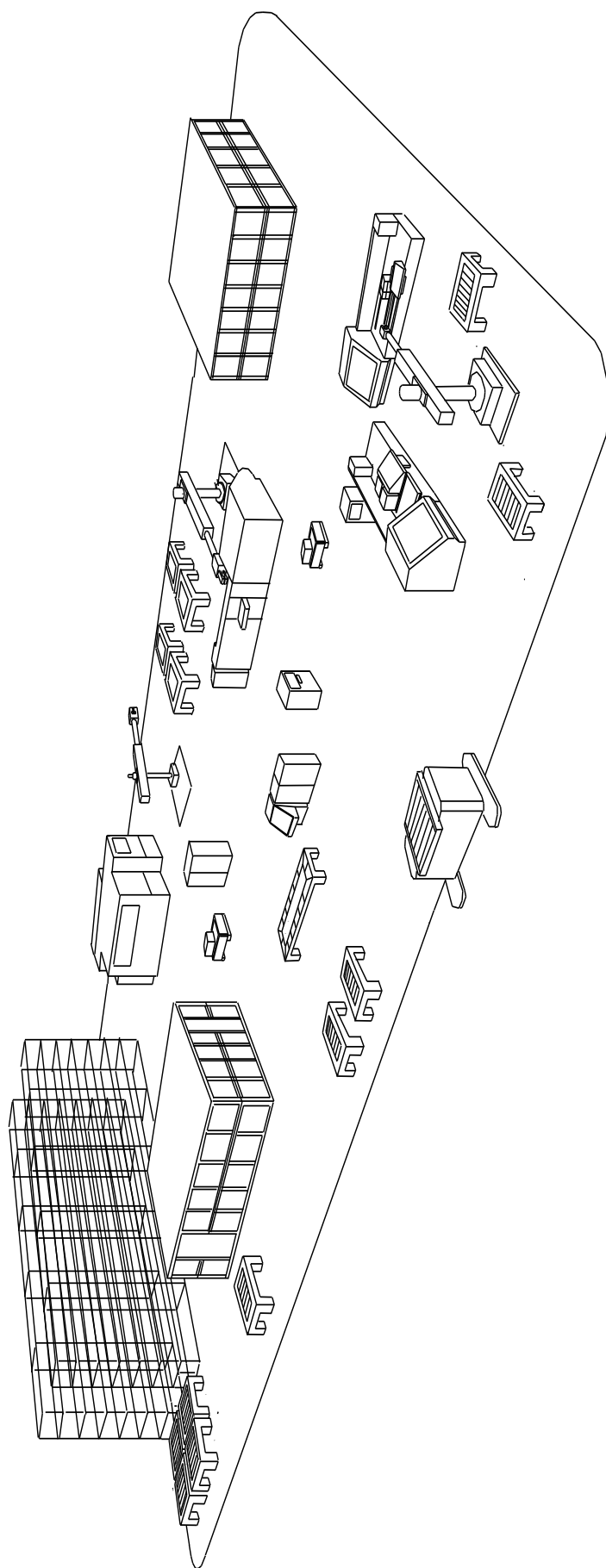
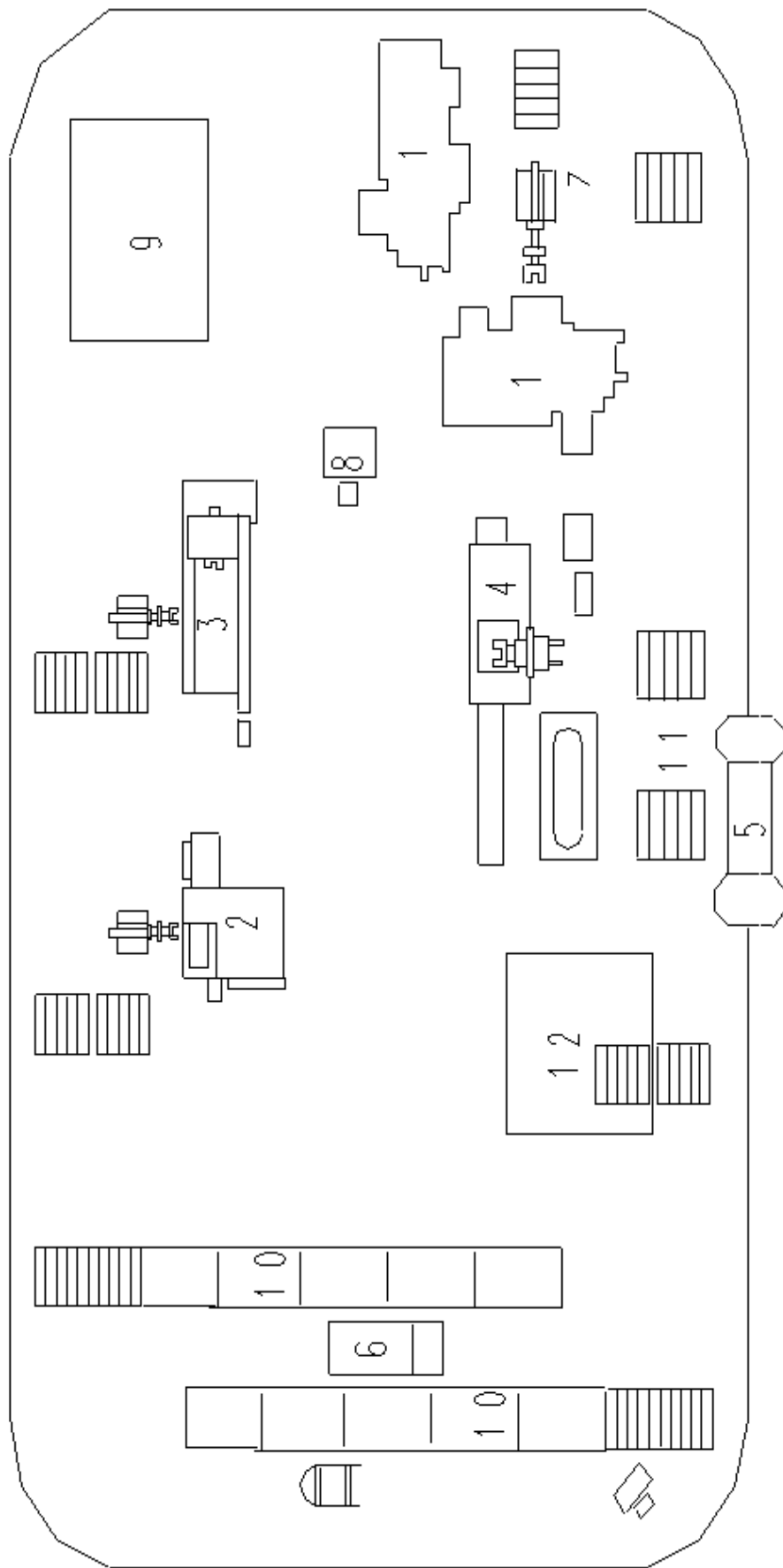


Рисунок 5.1 — Загальний вигляд ГВС



1— верстат СП 586; 2— оброблюючий центр МС 032; 3— верстат 16К20Т1; 4— верстат СП161 з роботом РБ242; 5— робочар; 6— трансманіпулятор; 7— робот РБ241; 8— відеотермінал; 9— система керування Изот1016С; 10— стілаж; 11— піддонні станції; 12— інструментальне господарство

Рисунок 5.2 — Схема планування ГВС

3. Підсистема автоматичного міжопераційного транспорту здійснює автоматичне транспортування заготовок і виготовлених деталей, інструмента і техобладнання від складу до верстатів і назад за допомогою транспортного робота (робокару) типу КН10РМ вагопідйомністю 10000Н, який переміщується по заданому маршруту.

4. Підсистема інструментального оснащення забезпечує ГВС ріжучим і допоміжним інструментом, заточування і настроювання інструмента поза верстатом, технічне обслуговування інструмента, забезпечення необхідними пристроями та обладнанням для закріплення деталей.

5. Система керування інформацією забезпечує контроль і керування виробничим процесом, транспортом і складським господарством, виконує функції диспетчерування й обробляє інформацію про стан всіх технологічних підсистем ГВС. Система побудована по ієрархічному принципу: на верхньому рівні – міні-ЕОМ з винесеними терміналами, а на нижньому – оперативні системи мікро-ЕОМ (ЧПК верстатами, роботами, робокарами, складом і т.д.).

В лабораторній роботі вивчається РТК на базі токарного верстата з ЧПК моделі 16К20Ф3 і промислового робота М20П, зокрема питання структури систем керування і програмної взаємодії елементів РТК. Попередньо доцільно ознайомитися з основними технічними характеристиками, особливостями систем керування і питаннями програмування для верстата і робота окремо [ 1,2 ], а потім - вивчити їх у комплексі.

У приведеному РТК основна роль з організації функціонування комплексу відведена роботі. Верстат із ЧПК лише виконує роль технологічної машини для механічної обробки деталей по завданій керуючій програмі. Промисловий робот здійснює усі необхідні операції по обслуговуванню верстата (транспортування й встановлення деталей у робочу зону верстата, складування і штабелювання деталей у палети, на конвеєр чи тактовий стіл, маніпуляція заготовками і т. і.).

Синхронізація роботи всіх елементів РТК здійснюється системою керування робота "Изот". Структура системи керування РТК показана на рисунку 5.3.

Пристрій керування (ПК) являє собою багатопроцесорну систему з двома рівнями мікропроцесорного керування. Конфігурація ПК включає також пульт ручного керування (ПРК) і пульт навчання (ПН), зовнішній запам'ятовуючий пристрій (ЗЗП), блок зв'язку з ЕОМ верхнього рівня, оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) з подвійним доступом, кінцевий підсилювальний каскад керування серводвигунами та ін. Взаємодія ПК робота і технологічного устаткування (ТУ) здійснюється за допомогою контролера, що має як цифрові, так і релейні входи і виходи для прийому і видачі керуючих сигналів. Кодування і призначення цих сигналів приведені в таблиці 5.1.

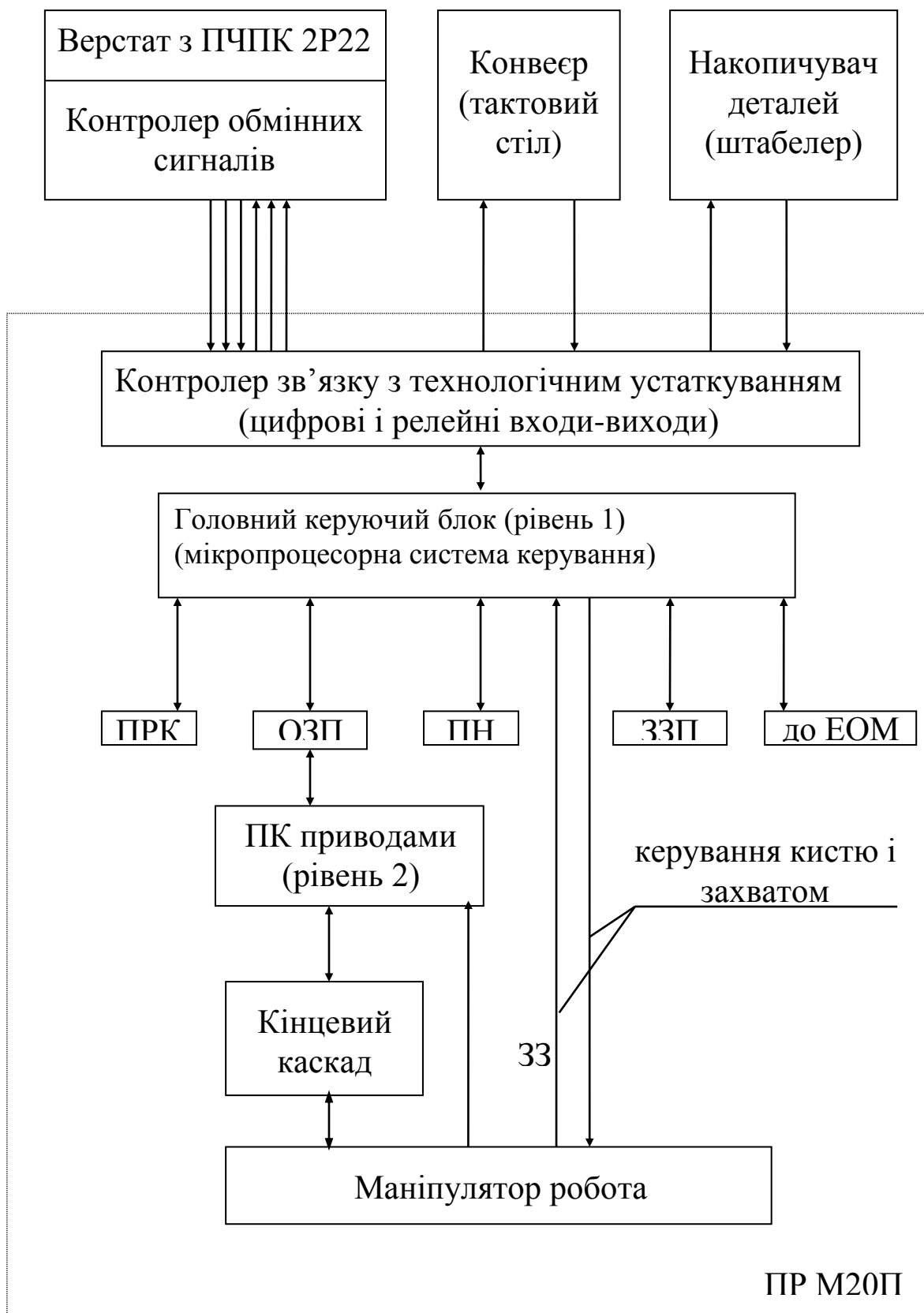


Рисунок 5.3 – Структура системи керування РТК

Принципи програмування робота M20П з ПК типу “Изот” приведені в [2], система команд міститься в додатку А. Вивчення програмування РТК доцільно проводити на конкретному прикладі складання КП.

Таблиця 5.1 – Вихідні і вхідні сигнали ПК “Изот”

Вихідні сигнали SDo (на TO)		Вхідні сигнали SDj (від TO)	
Код	Призначення	Код	Призначення
1	Відкрити огороження	1	Огороження відкрите
2	Закрити огороження	2	Огороження закрите
3	Затиснути патрон	3	Патрон затиснутий
4	Розтиснути патрон	4	Патрон розтиснутий
5	Відвести піноль	5	Піноль відведена
6	Підвести піноль	6	Піноль підведена
7	Резервний	7	Резервний
8	Замінити палету	8	Палета замінена
9	Пуск циклу верстата	9	Цикл верстата закінчений
12	Перемістити конвеєр на один крок	12	Конвеєр переміщений на один крок

### 5.3 Приклад керуючої програми для РТК

Схема РТК представлена на рисунку 5.4. Заготовки знаходяться на конвеєрі (тактовому столі) в стовпчиках по 3 штуки і описані у вигляді одновимірної палети П1 в таблиці 5.1. Готові деталі встановлюються в палету П2 розмірністю 4 x 3 x 3, що задана таблицею 5.2 (накопичувач - штабелер чи прийомний стіл). Після обробки одного стовпця конвеєра подається сигнал на його пересування на один крок; після заповнення палети П2 вона замінюється на нову; після обробки 100 деталей робота РТК припиняється. Блок-схема керуючої програми приведена на рисунку 5.5.

Таблиця 5.2 – Таблиця штабелювання \*

N п/п	Параметр	Значення		Призначення	Примітка
		Палета П1	Палета П2		
1	2	3	4	5	6
1	п1	3	4	Максимальне число деталей по вісі Z	п1=1..250
2	п2	1	3	---//---//---//---Y(або Q)	---//---
3	п3	1	3	---//---//---//---X(або R)	---//---
4	п4	3	1	Поточний номер деталі по вісі Z	п4=1..251

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
5	п5	1	1	---//---//---//---Y(або Q)	---//---
6	п6	1	1	---//---//---//---X(або R)	---//---
7	U	15	15	Швидкість штабелювання	u=1..100
8	A1	0	3	Послідовність штабелювання A1=0 ZYX(ZQR) A1=1 ZXY(ZRQ) A1=2 YXZ(QRZ) A1=3 YZX(QZR) A1=4 XZY(RZQ) A1=5 XYZ(RQZ)	A1=0...5
9	A2	0	0	Номер захвату і спосіб захоплення об'єктів : 0-захоплення 1 по зовнішньому діаметру 1- -//- по внутрішньому діаметру 2,3- -//- теж для захвата 2	A2=0..3
10	A3	2	2	Послідовність рухів по осям при підході до палети A3,A4=0-ZQR A3,A4=0-ZRQ ...	A3,A4=0.5
11	A4	1	1	Послідовність рухів по осям при відході від палети	A3,A4=0..5
12	L	40	45	Номер мітки переходу в КП при порожній палеті	L=1..99
13	H1	200	200	Відстань між деталями в штабелі по вісі Z (в інкрементах)	H1=1..9999
14	P1	31	41	Точка переходу до палети	P1=1..500
15	P2	32	42	Початкова точка палети	P2=1..500
16	P3	32	43	Точка обмеження палети по вісі X	P3=1..500
17	P4	32	44	Точка обмеження палети по осі Y	P4=1..500
18	P5	32	45	Точка задання кінця палети	P5=1..500

\* Таблиці штабелювання задаються як точки з номерами від 501 до 505



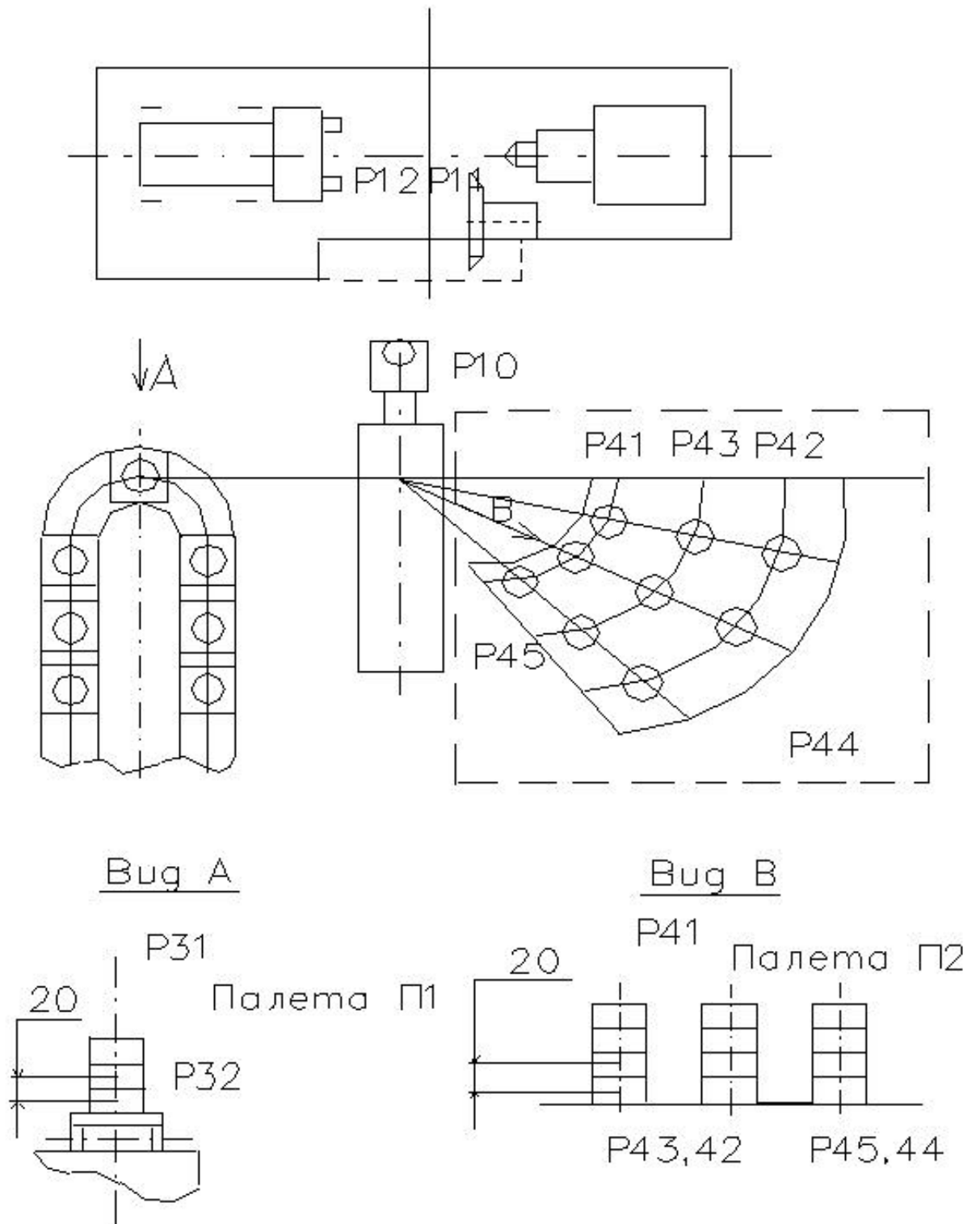


Рисунок 5.4 – Схема РТК

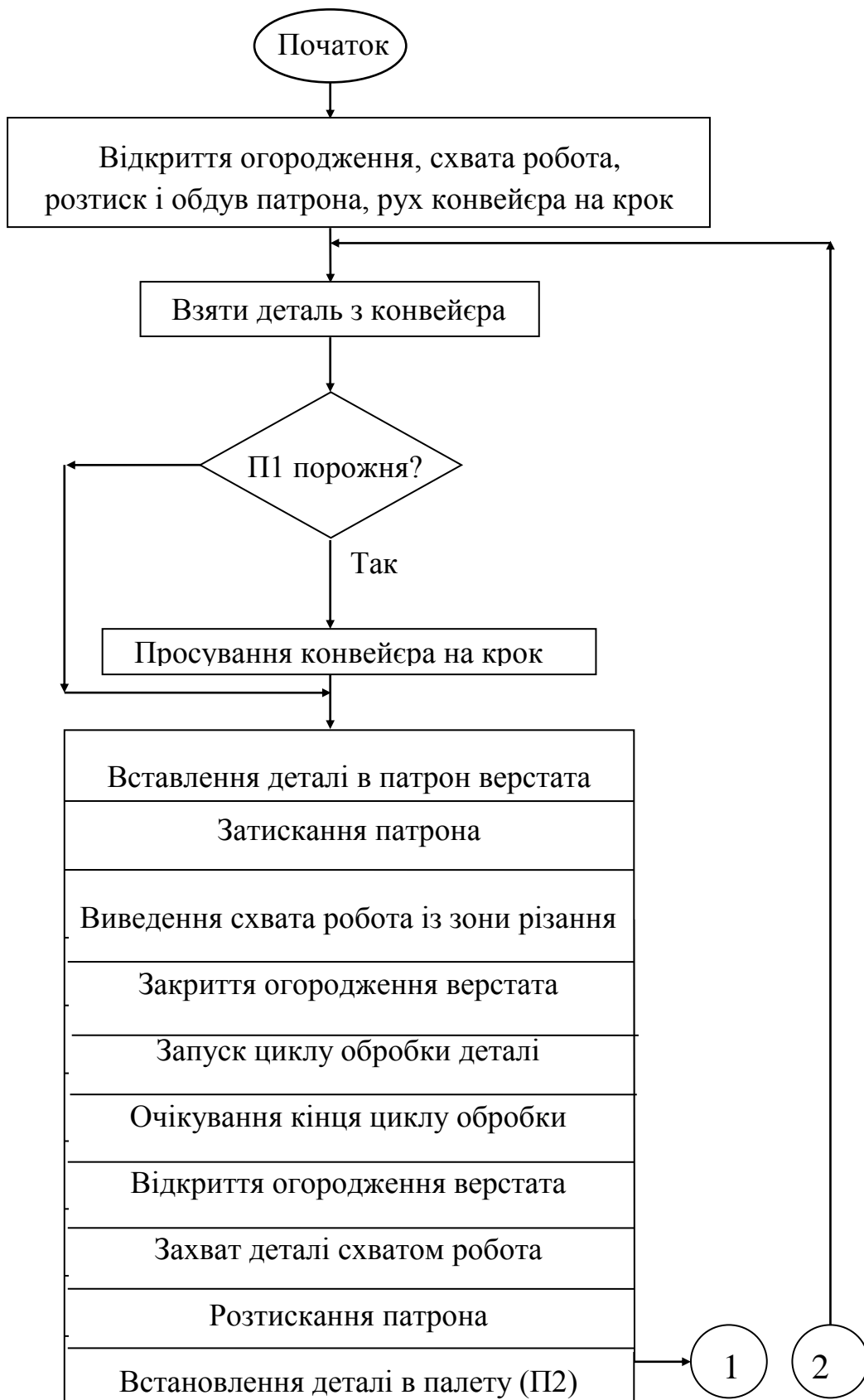


Рисунок 5.5 – Блок-схема керуючої програми роботи РТК

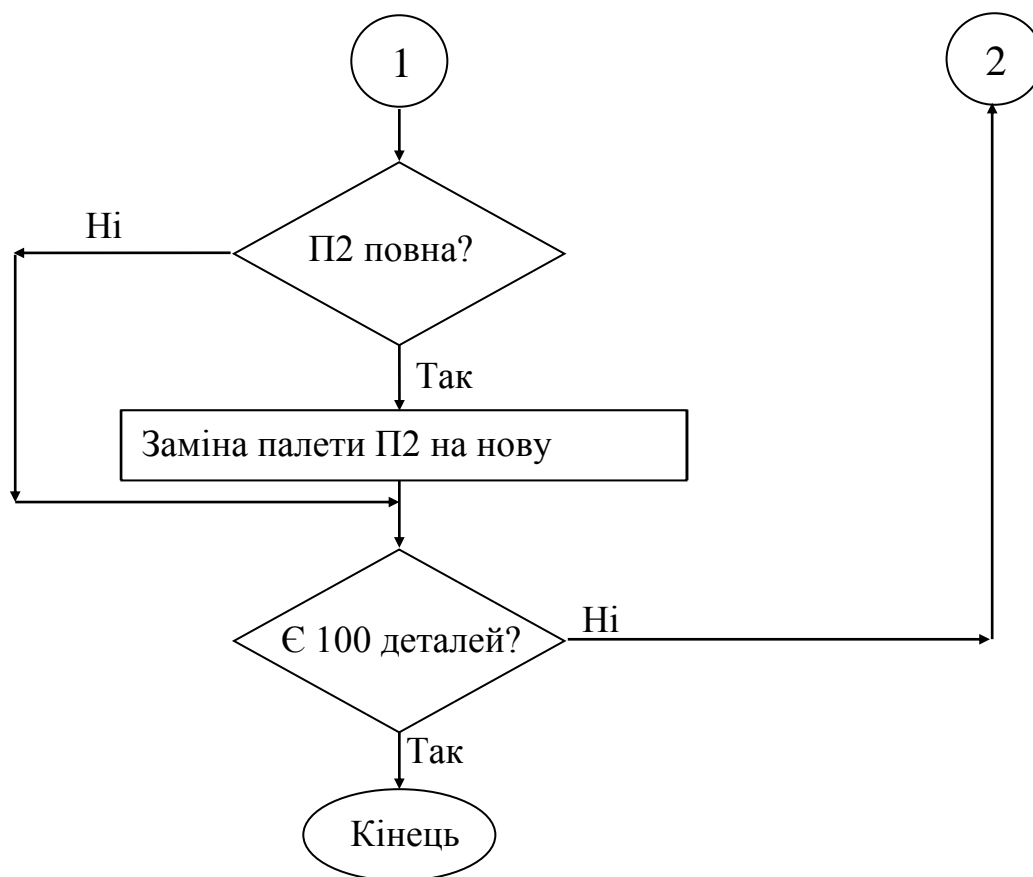


Рисунок 5.5 - (продовження)

Таблиця 5.3 – Керуюча програма

Крок	Команда	Коментарі
1	2	3
001	M81 01.04	Відкриття огороження і розтискання патрона
002	M80 05	Просування конвеєра на один крок
003	M67 L88	Відкриття захвата (і перехід на мітку 88)
004	M01	Аварійна зупинка, якщо не відкрився захват
005	M99 L88	Завдання мітки 88
006	M84 J1,J2,J10,J12	Очікування сигналу від верстата
007	M94 B100	Початок циклу обробки 100 деталей
008	G01 U50	Завдання швидкості руху робота 50% Vmax
009	G00 P10	Рух до точки 10 (вихідна точка)

Продовження таблиці 5.3

1	2	3
010	G00 P31	Рух до точки 31 (точка підходу до П1)
011	G78 C1	Взяти деталь з конвеєра – дештабелювання палети П1 (прямокутної); якщо палета порожня, то перехід до мітки 40
012	M99 L70	Мітка повернення після просування конвеєра
013	G00 P10	Рух до точки 10
014	G01 U20	Завдання швидкості 20% Vmax
015	G00 P11	Рух до точки 11
016	G00 P12	Рух до точки 12 (введення деталі в патрон)
017	M82 03	Затиснути патрон
018	G04 T50	Пауза 5 сек. на затискання деталі
019	M67L89	Відкриття захвата
020	M01	Аварійна зупинка, якщо не відкрився захват
021	M99L89	Мітка переходу після відкриття захвата
022	G00 P11	Рух до точки P11
023	G00 P10	Рух до точки P10
024	M82 02	Закрити огороження
025	M84 J2	Очікування підтвердження закриття огороження
026	M80 09	Пуск циклу роботи верстата з ЧПК (по власній керуючій програмі верстата)
027	M84 J9	Очікування закінчення циклу роботи верстата (керуючої програми)
028	M81 01	Відкрити огороження
029	M84 J1	Очікування відкриття огороження
030	G00 P11	Рух до точки 11
031	G00 P10	Рух до точки 12
032	M67 L44	Закрити захват (взяти деталь); якщо деталі немає, то перейти на мітку 44
033	G81 04	Розтиснути патрон
034	M84 J4	Підтвердження розтиску патрона
035	G00 P11	Рух до точки 11
036	G00 P10	Рух до точки 10
037	G01 U50	Завдання швидкості 50% від Vmax
038	G00 P41	Рух до точки 41 (точка переходу до палети П2)
039	G67 C2	Завантаження деталі в П2 (штабелювання палети П2 – сегментної); якщо палета повна, то перехід до мітки 45
040	M99 L71	Завдання мітки 71 (повернення в КП після заміни палети П2)

Продовження таблиці 5.3

1	2	3
041	G00 P10	Рух до точки 10
042	M96	Кінець циклу обробки 100 деталей
043	M02	Зупинка КП (з поверненням у її початок)
044	M99 L44	Завдання мітки 44 (переходу в КП при відсутності деталі в патроні верстата)
045	G00 P11	Рух до точки 11
046	G00 P10	Рух до точки 10
047	M01	Аварійна зупинка
048	M99 L40	Завдання мітки 40 (переходу в КП при порожній палеті П1)
049	M80 012	Переміщення конвеєра вперед на один крок
050	G04 T100	Пауза 10 сек. на переміщення конвеєра
051	M84 J12	Очікування встановлення конвеєра в позиції
052	M92 L70	Перехід до мітки 70 в КП
053	M99 L45	Завдання мітки 45 (переходу в КП при повній палеті П2)
054	M80 08	Замінити палету
055	G04 T100	Пауза 10сек. на заміну палети
056	M84 J8	Очікування заміни палети
057	M92 L71	Перехід до мітки 71 в КП

#### 5.4 Методика виконання роботи

Лабораторну роботу потрібно виконувати в такій послідовності:

1. Ознайомитися з пристроєм, технічними характеристиками й особливостями програмування токарного верстата моделі 16К20Ф3 із системою ЧПК 2Р22 [1].

2. Ознайомитися з побудовою, технічними характеристиками й особливостями програмування промислових роботів М10П і М20П з пристроєм керування “Изот”[2].

3. Вивчити теоретичні відомості й особливості програмування РТК (системи “верстат-робот”).

4. Відповідно до індивідуального завдання скласти керуючі програми для верстата з ЧПК і робота.

5. Ввести керуючі програми в пристрої ЧПК верстата і робота і перевірити їх шляхом пробного прогону в налагоджувальному та автоматичному режимах. *(Зазначені дії проводити тільки в присутності викладача!)*.

6. Оформити звіт і зробити висновки по роботі.

## 5.5 Порядок роботи з РТК

### **УВАГА!**

***В зв'язку з підвищеною небезпекою в зоні дії робота M20П всі роботи дозволяється проводити тільки в присутності викладача чи навчального майстра після одержання інструктажу з техніки безпеки!***

1. Включити живлення верстата і робота.
2. Завантажити КП обробки деталі у пам'ять верстата з ЧПК відповідно до [2] і відпрацювати її в автоматичному режимі.
3. ***Переконатися у відсутності людей у робочій зоні!*** Включити компресор.
4. Виконати початкову установку (“обнуління”) робота та у налагоджувальному режимі, ввести координати опорних точок траєкторії захвата і параметри таблиць штабелювання. Завантажити КП у пам'ять ПК “Изот” відповідно до методики [1].
5. Відпрацювати КП обслуговування верстата у покроковому режимі. При необхідності зробити переналагодження.
6. Відпрацювати КП в автоматичному режимі.
7. Виключити живлення РТК.

## 5.6 Варіанти індивідуальних завдань

Скласти керуючі програми для верстата з ЧПК і робота для заданих умов роботи РТК (Таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 – Варіанти завдань до лабораторної роботи №5

№ вар.	Кількість деталей в штабелі і вид штабелювання	Кількість деталей в стовпчику на тактовому столі
1	5 x 2 x 3 – штабелювання	4
2	3 x 2 x 2 – штабелювання	4
3	3 x 3 x 3 – штабелювання	2
4	4 x 3 x 3 – штабелювання	2
5	5 x 2 x 3 – штабелювання	4
6	5 x 2 x 4 – дештабелювання	3
7	3 x 2 x 3 – дештабелювання	4
8	4 x 2 x 4 – дештабелювання	3
9	2 x 5 x 3 – дештабелювання	4
10	6 x 2 x 2 – дештабелювання	5

## **Завдання до РГР**

Машинобудівне креслення деталі для обробки на відповідному верстаті з ЧПК видається викладачем на першому лабораторному занятті індивідуально кожному студенту.

Виконання РГР містить наступні завдання (які відповідно відображаються в звіті з РГР):

1. Виконання креслення деталі з визначенням усіх необхідних розмірів.
2. Розробка технології обробки деталі на верстаті з ЧПК
3. Побудова траєкторії ріжучого інструменту з необхідними опорними точками.
4. Розрахунок керуючої програми і запис її в кодах відповідної системи ЧПК, яка задається викладачем.

### **Рекомендована література до виконання РГР**

1. “Специализированные промышленные роботы для обслуживания станков с ЧПУ М10П.6201 и М20П.4401” / методические указания к выполнению лабораторной работы, – Чернигов, ЧТИ, 1994 (с приложением).
2. “Система подготовки и воспроизведения управляющих программ токарного станка модели 16К20Ф3 С32 с системой ЧПУ 2Р22” / методические указания к выполнению лабораторной работы, – Киев, КПИ, 1990.
3. Микропроцессорное управляющее устройство для промышленного робота “Изот” / Техническая документация. – София, 1987.

## ДОДАТКИ

Додаток А – Основні команди для програмування промислового робота М20П

Таблиця А1 – Система команд програмування ПК “Изот”

Код	Призначення команди	Формат	Число операндів	Операнди	Примітки
1	2	3	4	5	6
G00	Рух до точки	G00P	1	P	1<=P<=300
G01	Завдання швидкості руху	G01U	1	U	1<=U<=100%
G04	Час затримки (пауза)	G04T	1	T	1<=T<=999; 1T=0,1сек
G67	Дештабелювання (секторне)	G67C	1	3	1<=C<=5
G68	Дештабелювання (прямокутне)	G68C	1	C	1<=C<=5
G77	Штабелювання (секторне)	G77C	1	C	1<=C<=5
G78	Штабелювання (прямокутне)	G78C	1	C	1<=C<=5
G90	Зміна поточних лічильників	G90C п3,п4	4	C,Ni i=3...4	1<=C<=5 1<=Ni<=251
G91	Присвоєння точки точці	G91 P1,P2	2	P1,P2	1<=P1,P2<=300 P1=P2
G92	Присвоєння номера регістру	G92 F1,F2	2	F1,F2	1<=F1,F2<=16 F1=F2
M00	Програмна зупинка	M00	0		
M01	Аварійна зупинка	M01	0		Помилка 70
M02	Зупинка з поверненням у початок КП	M02	0		
M58	Встановлення внутрішнього регістра	M58 F,B	2	F,B	1<=F<=16;F:=B
M59	Зменшення внутрішнього регістра	M59 F	1	F	1<=F<=16; F=F:=F-1



Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6
M60	Видача імпульсного сигналу (зі службового виходу)	M60 R	1	R	$1 \leq R \leq 13$
M61	Видача сигналу в 1 (служ. Вихід)	M61 R	1	R	---//---
M62	---//--- в 2 ---//---	M62 R	1	R	---//---
M63	Очікування "0" (службові входи)	M63 S	1	S	$1 \leq S \leq 13$
M64	---//---"1"---//---	M64 S	1	S	---//---
M66	Закриття захвата 1 з перевіркою	M66 L	1	L	$1 \leq L \leq 99$
M67	Відкриття---//---	M67 L	1	L	---//---
M68	Закриття захвата 1	M68	0		
M69	Відкриття захвата 1	M69	0		
M70	Умовний перехід по "0" (служб. Вх.)	M70 L,S	2	S,L	$1 \leq L \leq 99,$ $1 \leq S \leq 13$
M71	---//--- по "0"(служб. Вх..)	M71 L,S	2	---//---	---//---
M76	Закриття захвата 2 з перевіркою	M76 L	1	L	$1 \leq L \leq 99$
M77	Відкриття захвата 2 з перевіркою	M77 L	1	L	---//---
M78	Закриття захвата 2	M78	0		
M79	Відкриття захвата 2	M79	0		
M80	Видача імпульсних сигналів	M80 O1... ON	1...16	O <sub>i</sub> , i=1...16	імп 200ms, O <sub>i</sub> = 0,1,0
M81	Видача сигналів в "1"	M81 O1... ON	---//---	---//---	O <sub>i</sub> = 1
M82	---//--- в "0"	M82 O1... ON	---//---	---//---	O <sub>i</sub> = 0
M83	Очікування вхідного сигналу в "0"	M83 J1...JM	1...16	J <sub>i</sub> , i=1...16	$J_i \wedge J_2 - J_M \geq 0$

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6
M84	---//--- в "1"	M83 J1...JM	---//---	---//---	$J_i \wedge J_2 - JM \geq 1$
M85	Читання керуючого коду з машини 1	M85	0		(керуючий код надходить з машини)
M86	---//--- з машини 2				
M89	Умовний перехід по внутрішньому регістру	M89 L,F	2		$1 \leq F \leq 16,$ $1 \leq L \leq 99,$ $F \geq 1 - L$
M90	Умовний перехід при вхідному сигналі "0"	M90 L,J1... JN	2...17	L, Ji i=1...16	$J_1 \wedge J_2 \dots$ $JM \geq 0 - L$
M91	Умовний перехід при вхідному сигналі "1"	M91 L,J1... JN	2...17	L, Ji i=1...16	$J_1 \wedge J_2 \dots$ $JM \geq 1 - L$
M92	Безумовний перехід	M92 L	1	L	$1 \leq L \leq 99$
M93	Перехід до підпрограми	M93 L	1	L	---//---
M94	Початок циклу	M94 B	1	B	$1 \leq B \leq 255$
M95	Повернення до(з) підпрограми	M95	0		
M96	Кінець циклу	M96	0		
M97	Безумовний перехід у початок КП	M97	0		
M98	Безумовний перехід до програми	M98L	1	L	$1 \leq L \leq 99$
M99	Завдання мітки	M99L	1	L	---//---

## ЗМІСТ

Стор

Перелік прийнятих скорочень .....	3
1 Лабораторна робота №1. Система підготовки і відтворення керуючих програм токарно-гвинторізного верстата моделі 16Б16Ф3 з системою ЧПК 2У22 .....	4
1.1 Мета роботи .....	4
1.2 Загальні відомості про верстат моделі 16Б16Ф3 з системою ЧПК 2У22 .....	4
1.3 Система ЧПК моделі 2У22 .....	5
1.3.1 Режим автоматичний “АВТ” .....	9
1.3.2 Режим покадровий (напіваавтоматичний) “П/АВТ” .....	11
1.3.3 Режим пошуку кадру “ПОИСК” .....	11
1.3.4 Режим введення “ВВОД” .....	12
1.3.5 Режим редагування “РЕД” .....	13
1.3.6 Режим ручного керування “РУЧН” .....	14
1.4 Складання керуючих програм .....	18
1.4.1 Загальні зведення .....	18
1.4.2 Програмування переміщень .....	20
1.4.3 Програмування інтерполяції .....	20
1.4.4 Програмування підготовчих та допоміжних функцій .....	23
1.4.5 Програмування частот обертання шпинделя і подач .....	24
1.4.6 Програмування номера інструмента .....	25
1.4.7 Програмування часу витримки і циклічних повторів .....	25
1.4.8 Програмування циліндричних і конічних різей .....	26
1.4.9 Програмування виходу в “нуль” верстата .....	27
1.4.10 Програмування підпрограм .....	28
1.4.11 Приклад керуючої програми .....	29
1.5 Методика виконання роботи .....	29
1.6 Варіанти індивідуальних завдань .....	30
2 Лабораторна робота №2 Система підготовки і відтворення керуючих програм токарного верстата моделі 16К20Ф3 з системою ЧПК 2Р22 .....	33
2.1 Мета роботи .....	33
2.2 Загальні відомості про верстат моделі 16К20Ф3 з системою ЧПК 2Р22 .....	33
2.3 Система ЧПК моделі 2Р22 .....	34
2.3.1 Режими роботи ПЧПК 2Р22 .....	37
2.3.2 Включення верстата .....	37
2.3.3 Прив’язка ПЧПК до параметрів верстата .....	37
2.3.4 Прив’язка системи відліку до верстата .....	37
2.3.5 Напіваавтоматичне введення вихідного положення .....	41
2.3.6 Прив’язка інструмента до системи відліку .....	42
2.3.7 Індикація констант в пам’яті ПЧПК .....	43
2.3.8 Введення програми .....	43

2.3.9 Виконання програми .....	44
2.4 Система кодування, елементи програмування .....	45
2.4.1 Основні адреси команд .....	45
2.4.2 Основні технологічні команди .....	46
2.4.3 Постійні цикли .....	46
2.4.4 Програмування фасок, галтелей і дуг .....	51
2.5 Складання програм .....	53
2.5.1 Чорнова обробка циліндричних ступінчатих поверхонь .....	54
2.5.2 Чорнова і чистова обробка поверхонь складної конфігурації ...	56
2.5.3 Чорнова обробка деталей з вилитих, кованих і штампованих заготовок .....	57
2.5.4 Загальні рекомендації по складанню програм .....	58
2.6 Методика виконання лабораторної роботи .....	58
2.7 Варіанти індивідуальних завдань .....	59
3 Лабораторна робота №3 Система підготовки і відтворення керуючих програм заточувального напівавтомата моделі ВЗ-208Ф3 з системою ЧПК 2С42 .....	62
3.1 Мета роботи .....	62
3.2 Загальні відомості про верстат моделі ВЗ-208Ф3 з системою ЧПК 2С424 .....	62
3.2.1 Загальні положення .....	62
3.2.2 Система координат напівавтомата .....	63
3.2.3 Побудова керуючої програми .....	64
3.2.4 Підготовчі функції .....	66
3.2.4.1 Група 1. Умови руху .....	68
3.2.4.2 Група 2. Вибір площини кругової інтерполяції .....	69
3.2.4.3 Група 3. Гальмування в кінці кадру .....	69
3.2.4.4 Група 4. Виведення тексту .....	69
3.2.5 Допоміжні функції .....	71
3.2.6 Введення текстової інформації .....	75
3.2.7 Програмування контурних швидкостей .....	75
3.2.8 Підпрограми .....	77
3.2.9 Умовні переходи .....	77
3.2.10 Використання масивів .....	78
3.2.11 Приклади програмування .....	79
3.2.11.1 Лінійна інтерполяція .....	81
3.2.11.2 Кругова інтерполяція .....	81
3.2.11.3 Гвинтова інтерполяція .....	81
3.2.11.4 Приклад ПК .....	81
3.2.11.5 Витримка часу .....	81
3.2.11.6 Осциляція .....	81
3.2.11.7 Введення установок в діалоговому режимі .....	82
3.2.11.8 Завдання інтерполяції в ручному режимі .....	83

3.2.11.9 Підпрограми .....	83
3.2.11.10 Завдання виразів за допомогою операцій та функцій ..	84
3.2.11.11 Завдання умовних переходів .....	85
3.2.11.12 Запис зміщень після корекцій .....	85
3.2.11.13 Використання масивів .....	86
3.2.11.14 Пошук окружних кроків та кроку гвинтової канавки ..	87
3.2.11.15 Обробка круглої заготовки в квадратну .....	88
4 Лабораторна робота №4 Система підготовки і відтворення керуючих програм багатоцільового верстата типу оброблюючий центр моделі ИР320ПМФ4 з системою ЧПК “Bosch CNC micro 8” .....	90
4.1 Мета роботи .....	90
4.2 Загальні відомості про верстат ИР320ПМФ4 .....	90
4.3 Система ЧПК “Bosch CNC micro 8” .....	92
4.3.1 Режим “Вхідне положення” .....	95
4.3.2 Режим “Точка відліку” .....	95
4.3.3 Режим “Налагодження” .....	95
4.3.4 Режим “Ручне введення” .....	96
4.3.5 Режим “Програмна пам'ять” .....	96
4.3.6 Режим “Редагування” .....	96
4.3.7 Режим “Пошук кадру” .....	97
4.3.8 Режим “Корекція на інструмент” .....	97
4.3.9 Режим “Введення тексту” .....	97
4.3.10 Режим “Автоматичний” .....	97
4.3.11 Режим “Окремий кадр” .....	97
4.4 Принципи кодування і елементи програмування ЧПК “Bosch CNC micro 8” .....	98
4.5 Приклад керуючої програми .....	103
4.6 Методика виконання лабораторної роботи .....	108
4.7 Варіанти індивідуальних завдань .....	108
5 Лабораторна робота №5 Система підготовки і відтворення керуючих програм робот-технічного комплексу на базі токарного верстата з ЧПК моделі 16K20Ф3 та промислового робота M20П як елемента гнучкої виробничої системи .....	114
5.1 Мета роботи .....	114
5.2 Короткі теоретичні відомості .....	114
5.3 Приклад керуючої програми для РТК .....	119
5.4 Методика виконання лабораторної роботи .....	125
5.5 Порядок роботи з РТК .....	126
5.6 Варіанти індивідуальних завдань .....	126
Завдання до РГР .....	127
Рекомендована література до виконання РГР .....	127
Додатки .....	128
Додаток А – Система команд програмування ПК “Изот” .....	128