

Лабораторна робота № 2

РОЗРОБКА УПРАВЛЯЮЧИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ НА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОМУ ВЕРСТАТІ мод. 1В340Ф30 з ОС ЧПУ ЕЛЕКТРОНИКА НЦ–31

Мета роботи: – вивчити технологічні можливості токарно-револьверних верстатів з ЧПУ;
– набути навички розробки УП на токарно-револьверному верстаті мод. 1В340Ф30 з оперативною системою ЧПУ Електроника НЦ–31.

2.1. Теоретичні відомості

2.1.1. Призначення та технологічні можливості токарно-револьверного верстата мод. 1В340Ф30

Токарно-револьверний верстат мод. 1В340Ф30 підвищеної точності з хрестовим супортом та револьверною головкою з вертикальною віссю її обертання призначений для виконання різноманітних токарних робіт при обробці деталей з дротика із ступінчастим та криволінійним профілем. Крім того, на верстаті можливе нарізання різьб мітчиками, плашками або різцями.

ОСУ дозволяє в процесі обробки першої деталі за допомогою засобів ручного управління та елементів автоматичного управління формувати УП для виготовлення наступних деталей партії. Це в значній мірі скорочує час на складання та відлагодження УП, а також спрощує підготовку УП в порівнянні з іншими ЧПУ. На верстаті передбачене нарізання різьб в широкому діапазоні їх геометричних характеристик, включаючи і багатозаходні. Затиск і подача дротика (затиск штучних заготовок) виконується гідравлічним механізмом.

Управління верстатом виконується за допомогою основного та додаткового пультів управління або пульта оператора УЧПУ.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики верстата мод. 1В340Ф30

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Значення
1.	Найбільший діаметр виробу, що обробляється: – дротикова заготовка – штучна заготовка, що встановлюється над станиною	мм	40 400
2.	Найбільша довжина виробу, що обробляється	мм	200
3.	Кількість позицій револьверної головки		8
4.	Відстань від переднього торця шпинделя до револьверної головки: – найменша – найбільша	мм	226 530
5.	Найбільше поперечне переміщення револьверної головки	мм	110
6.	Шпиндель: – кількість швидкостей обертання шпинделч з АКС 206–32–31 – частоти обертання – частоти зворотного обертання – найбільший крутний момент	хв^{-1} хв^{-1} Н·м	12 45, 63, 90, 125, 180, 250, 355, 500, 710, 1000, 1400, 2000 45, 63, 90, 125, 180, 250 400
7.	Межі подач револьверного супорта: – поздовжнього – поперечного	мм/хв	1–2500 1–1250
8.	Дискретність переміщення револьверного супорта в напрямку: – поздовжньому – поперечному	мм	0,010 0,005

Закінчення табл. 2.1

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Значення
9.	Швидкість прискореного ходу револьверного супорта: – поздовжнього – поперечного	мм/хв	10000 5000
10.	Межі подач відрізного супорта	мм/хв	5–600
11.	Найбільше зусилля подач: – поздовжніх – поперечних	Н	6000 3000
12.	Електродвигун головного руху: – тип – потужність – частоти обертання ротора	кВт хв ⁻¹	4A13 6/4A3 7,1/8 960/1440
13.	Електродвигуни подач: – тип – номінальна частота обертання ротора – максимальна частота обертання ротора	хв ⁻¹ хв ⁻¹	PF4F37712 600 1500
14.	Тип пристрою ЧПУ		Електроніка НЦ–31
15.	Число координат, якими управляють, всього		2
16.	Число координат, якими управляють одночасно		2
17.	Програмоносій		Електронна пам'ять
18.	Вага верстата	кг	2500

2.1.2. Пристрій ОПУ Електроніка НЦ-31

Пристрій числового оперативного програмного управління (ПЧПУ) Електроніка НЦ–31 призначено для управління універсальними токарними верстатами, що обладнані слідкувачими приводами та фотоелектричними імпульсними вимірювальними перетворювачами. Він побудований на базі мікропроцесора, має постійну пам'ять для зберігання системних програм та оперативну пам'ять для зберігання програм обробки деталей.

Введення програм обробки проводиться з пульту оператора чи касети електронної пам'яті. Спеціальні програми, які розташовані в пам'яті пристрою ОПУ, перетворюють введену програму обробки в програму управління верстатом. Процес переводу здійснюється автоматично. Мова опису програми обробки дозволяє на підставі креслення швидко складати УП обробки деталі. Поадресне редагування програми включає в себе перегляд, виключення, додавання та заміну кадрів. Інтерполяція геометричної інформації – лінійна та колова.

За допомогою автоматичного чи ручного управління від пульта верстата здійснюють пошук кадра, початкове встановлення (скидання), введення та розміщення програм обробки в оперативній пам'яті, їх редагування, відпрацювання, перевірку виконання програм обробки без переміщення органів управління, ручне управління виконавчими органами верстату та електроавтоматикою, роботу в однопрохідних та багатопрохідних (поздовжніх чи поперечних) автоматичних циклах (в тому числі багатопрохідне нарізання різьби), обробку по дузі кола, повторення частини програми задану кількість разів, корекцію зазорів ланок кінематики верстату, зміщення інструменту (ручне від маховичка та за програмою), зміну швидкості подач в автоматичному режимі.

Технічні характеристики ОСУ Електроніка НЦ-31 наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Технічні характеристики оперативної системи ЧПУ
Електроніка НЦ-31

№ з/п	Найменування	Одиниці виміру	Значення
1.	Дискретність задання геометричної інформації: – по осі X (на діаметр) – по осі Z	мм	0,01 0,01
2.	Найбільша величина переміщень, що задаються в кадрі	мм	9999,99
3.	Максимальна подача: – різьбонарізання – автоматичної обробки – прискореного переміщення	м/хв	7000 5000 10000

Закінчення табл. 2.2

№ з/п	Найменування	Одиниці виміру	Значення
4.	Діапазон робочих подач	мм/об	0,01–40,95
5.	Габаритні розміри	мм	483x335x300
6.	Габаритні розміри блоку живлення	мм	344x250x175
7.	Маса (з блоком живлення)	кг	40

Інформація задається в абсолютних та відносних розмірах.

Складання та введення УП для обробки деталей проводиться оператором безпосередньо на клавіатурі пульта верстату з використанням літерних адрес та цифрової нумерації функцій. УП записується починаючи з кадру **N0** та далі окремими рядками рукопису, або на спеціально підготовлених бланках в табличній формі. Необхідні корективи за результатами обробки першої деталі вводять в програму шляхом зміни вихідних даних.

2.1.3. Кодування управляючих програм

Механізми токарного верстату з ОПУ функціонують під впливом команд УП, які задаються спеціальним кодом, тобто сукупністю літерних та цифрових символів, за допомогою яких інформація може бути представлена в зручній для передачі на відстань формі. Система кодування забезпечує наглядність, можливість легкого зчитування коду та виявлення помилок за знаходженням окремих елементів. УП записується у вигляді послідовності кадрів, які являють собою закінчені за змістом фрази на мові кодування технологічної, геометричної та допоміжної інформації. В УП можуть бути виділені головні кадри, що характеризують початкову інформацію про умови обробки.

Складовою частиною кадру, яка містить дані про параметр процесу обробки та інші дані по виконанню управління, є слово, а головною його частиною - адреса, яка визначає значення наступних за ним даних. Складовими частинами слова є символи. Перший символ слова - буква латинського алфавіту, означає адресу. Наступними числовими символами записується числова інформація. Значення символів адрес наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Позначення та значення символічних адрес

Символ адреси	Значення
N	Номер кадру
X	Поперечний напрямок
Z	Поздовжній напрямок
P	Параметри верстату та циклів обробки
S	Частота обертання шпинделя чи швидкість різання
T	Позиція інструментальної головки (T1–T8)
F	Подача та крок різби
G	Підготовча (технологічна) функція
M	Допоміжна функція

Перед кожним кадром вказується його номер, який задається адресою **N**, наприклад: **N3**, **N65**, **N215**. Рекомендується застосовувати упорядковану послідовність зростання номерів кадрів, але при необхідності коректування в програму можуть вводитися кадри під будь-яким номером до **N999**.

Підготовча (технологічна) функція, яка визначає режим роботи пристроїв ОПУ, задається адресою **G** та двозначним числом (**00–99**). Значення підготовчих функцій для пристроїв ОПУ НЦ-31 наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Значення підготовчих функцій **G**

Значення	Значення
G02	Обробка дуги менше 90° (за годинниковою стрілкою)
G03	Обробка дуги менше 90° (проти годинникової стрілки)
G04	Витримка часу
G12	Обробка чверті кола за годинниковою стрілкою
G13	Обробка чверті кола проти годинникової стрілки
G25	Повторення частин програми обробки
G31	Багатопрохідний цикл різьбонарізання
G32	Однопрохідний цикл різьбонарізання
G33	Цикл нарізання різби мітчиком чи плашкою
G70	Однопрохідний цикл поздовжньої обробки
G71	Однопрохідний цикл поперечної обробки

Закінчення табл. 2.4

Значення	Значення
G73	Цикл глибокого свердлування
G74	Багатопрхідний цикл проточування торцевих канавок
G77	Багатопрхідний цикл поздовжньої обробки
G78	Багатопрхідний цикл поперечної обробки
G85	Багатопрхідний цикл проточування канавок на циліндричній поверхні
G92	Автоматичне зміщення нульової точки
G96	Задання частоти обертання, хв^{-1}
G97	Функція задання швидкості різання, м/хв

В кожному кадрі, який належить до функції **G** (окрім останнього), ставлять символ “зірочку” * та вводять в пам'ять ЕОМ відповідною клавішею на пульті.

За адресою **M** (“допоміжна функція”) задаються команди виконавчим органам верстатів. Значення допоміжних функцій наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Значення допоміжних функцій **M**

Позначення	Значення
M00	Зупинка УП
M1	Зупинка УП з підтвердженням
M2	Кінець УП
M3	Праве обертання шпинделя (за годинниковою стрілкою)
M4	Ліве обертання шпинделя (проти годинникової стрілки)
M5	Зупинка шпинделя
M8	Включення охолодження
M9	Вимкнення охолодження
M10	Затискання заготовки
M11	Розжим заготовки
M15	Підведення відрізного супорту
M24	Підведення ловителя деталей
M25	Відведення ловителя деталей
M30	Кінець УП обробки і перехід в кадр N0
M36	Дзеркальне відпрацювання програми за віссю Z

2.1.4. Програмування швидкості головного руху та подачі

Привод даної модифікації верстата забезпечує ступеневе регулювання частот обертання шпинделя наступних значень, хв^{-1} :

45, 63, 90, 125, 180, 250, 355, 500, 710, 1000, 1400, 2000.

Швидкість головного руху (частоти обертання шпинделя із закріпленою в ньому заготовкою) задається функцією **S**. Конкретне значення частоти обертання кодується порядковим номером однієї із частот, тобто:

45 хв^{-1} кодується як **S1**;

63 – **S2**;

90 – **S3**;

125 – **S4**;

180 – **S5**;

250 – **S6**;

355 – **S7**;

500 – **S8**;

710 – **S9**;

1000 – **S10**;

1400 – **S11**;

2000 – **S12**.

Максимальне значення подачі револьверного супорта в міліметрах на оберт за осями **X** та **Z** задають навпаки постійними параметрами **2** та **3** групи **P**, які вводяться в пам'ять ЕОМ при первинному налагодженні верстата.

Величина робочої подачі встановлюється функцією **F**. Число після функції дорівнює величині подачі в міліметрах, що помножена на 100 /дискретність 0,01/. Наприклад, подачу **S** = 0,3 мм/об – задають функцією **F30**, а подачу **S** = 1,5 мм/об – функцією **F150**.

2.1.5. Програмування одноінструментальної обробки

Інструментальна револьверна головка верстата мод. 1В340Ф30 може займати вісім позицій. Оберт різцетримача для установки необхідного інструмента в робочій позиції відбувається по функції **T** з одностороннім числом. Наприклад **T1**, **T3**, **T8**.

Лінійні переміщення програмують, як правило, в абсолютній системі, тобто вказують координати кінцевої точки, з дискретністю 0,01. Наприклад, переміщення до точки з координатами **X** = 40 мм (на діаметр), **Z** = – 50 мм, виконують за наступною програмою:

...
N6 X4000
N7 Z-5000
 ...

Знак напрямку руху “+” не вказується. Переміщення буде відбуватися тільки за умови, що в одному з попередніх кадрів задана подача **F** (... **N4 F25**).

Переміщення на швидкому ході задають символом **W**, який може стояти на початку або в кінці кадру.

Одновременний рух за двома координатами задають двома кадрами. В кінці першого кадру ставлять символ *****.

При швидкому підході до точки рекомендується спочатку задавати координати **Z**, а потім – **X**. При відході – навпаки.

Для складання УП обробки вала із заготовки $\varnothing 60$ мм, **L** = 94 мм в абсолютній системі координат вихідна точка (В.Т.) приймається на довжині 50 мм та на діаметрі 90 мм (**X9000, Z5000**).

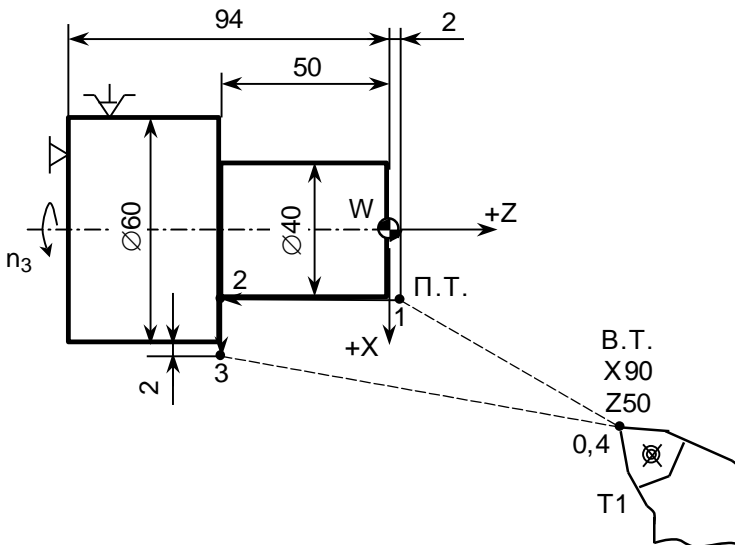


Рис. 2.1. Схема, що ілюструє задання геометричної інформації

Приклад запису УП в абсолютній системі для однопрохідного обточування деталі згідно рис. 2.1. при **S** = 0,25 мм/об, **n** = 500 хв⁻¹ та заданих координатах В.Т. має вигляд:

N1 T1	Різальний інструмент в поз. 1
N2 M4	Ліве обертання шпинделя
N3 S8	$n = 500 \text{ хв}^{-1}$
N4 F25	$S = 0,25 \text{ мм/об}$
N5 \rightsquigarrow Z200*	} Швидкий підхід інструмента до початкової точки (П.Т.) одночасно за осями X та Z
N6 \rightsquigarrow X4000	
N7 Z-5000	Обточування $\varnothing 40$ на довжині 50 мм
N8 X6400	Точіння торця з перебігом 2 мм на радіус (т. 2 – т. 3)
N9 X9000 \rightsquigarrow	} Швидкий відхід в В.Т. за осями X та Z
N10 Z5000 \rightsquigarrow	
N11 M5	Зупинка шпинделя
N12 M30	Кінець УП

Для програмування обробки деталей з послідовною простановкою розмірів доцільно прийняти відносну систему відліку, при якій задаються не координати кінцевих точок ділянки, а відстань між точками початку та кінця кожної з ділянок. В цьому випадку зразу ж після номера кадру або після геометричної інформації (тобто даних про відрізок траєкторії) при програмуванні у відносній системі відліку записується символ $\blacktriangleright\blacktriangleright$, якому відповідає клавіша на пульті з таким же символом.

Запис фрагменту УП при обробці деталі за рис. 2.1 у відносній системі з відмітностями після кадру **N3** наступні:

...	
N4 Z-4800 $\blacktriangleright\blacktriangleright$	} Підхід до П.Т.
N5 X-5000 $\blacktriangleright\blacktriangleright$	
N6 Z-5200 $\blacktriangleright\blacktriangleright$	Робочий хід до т. 2
N7 X2200 $\blacktriangleright\blacktriangleright$	Робочий хід до т. 3
N8 X2600 $\blacktriangleright\blacktriangleright\rightsquigarrow$	} Відхід до В.Т.
N9 Z10000 $\blacktriangleright\blacktriangleright\rightsquigarrow$	
N10 M5	
N11 M30	

Аналогічно програмуються однопрохідні переходи при підрізуванні торців, розточуванні внутрішніх поверхонь тощо.

2.1.6. Однопрохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки G70

Однопрохідна обробка по циліндричній поверхні може бути задана в автоматичному циклі за допомогою підготовчої функції **G70**. Схема циклу приведена на рис. 2.2.

Структура циклу має наступний вигляд:

W G70*, X* (або X >>*), Z* (або Z >>*), F,

де **W** – знак встановлення різця на глибину різання при швидкому ході (за відсутності цього знаку встановлення різця на глибину відбувається на робочій подачі);

X та **Z** – координати кінцевої точки робочого ходу за осями **X** та **Z**;

F – подача, мм/об (при відсутності подачі в циклі діє подача, що задана до циклу).

Після закінчення циклу різець виходить в точку початку циклу, тобто в П.Т.

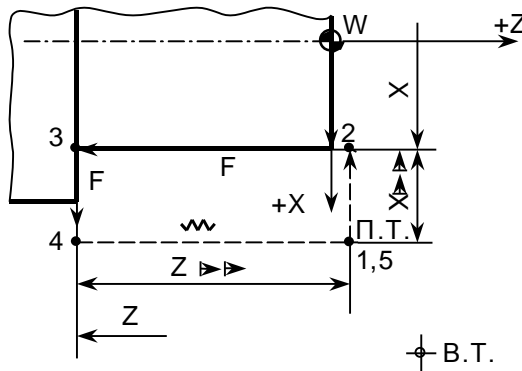


Рис. 2.2. Схема структури однопрохідного поздовжнього автоматичного циклу **G70** без скосу

При обробці деталі за рис. 2.1. в автоматичному циклі **G70** УП має вид:

N1 T1	
N2 M4	
N3 S8	
N4 F30	
N5 X4000 \rightsquigarrow *	} П.Т.
N6 Z200	
N7 \rightsquigarrow G70*	} Цикл G70
N8 X4000*	
N9 Z-5000	
N10 X9000 \rightsquigarrow	} В.Т.
N11 Z5000 \rightsquigarrow	
N12 M5	
N13 M30	

Якщо обробляється східчаста деталь в автоматичному однопрохідному циклі, то функцію **G70** задають для кожного східця.

При необхідності цикл **G70** можна задавати зі скосом (рис. 2.3). В цьому випадку в структуру циклу входять:

\rightsquigarrow **G70***, **X***, **Z***, **F***, **P*₁**, **P₂**,

де **P₁** – розмір скосу по осі **X** (задається на сторону);

P₂ – розмір скосу по осі **Z**;

P₁ і **P₂** завжди додатні.

При обробці деталі з **P₁** = 18 мм, **P₂** = 5 мм в автоматичному циклі **G70** фрагмент УП має вигляд:

...
N7 \rightsquigarrow G70*
N8 X2000*
N9 Z-5000*
N10 P1800*
N11 P500
 ...

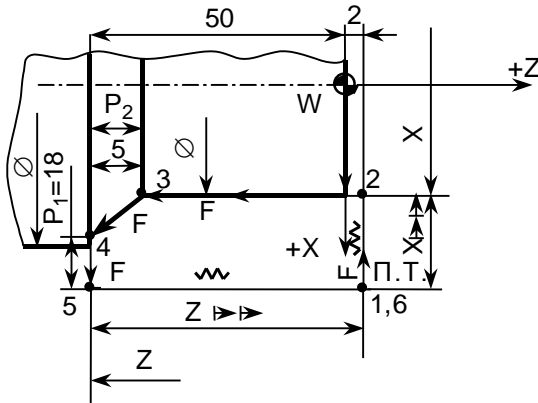


Рис. 2.3. Схема структури однопрохідного поздовжнього циклу **G70** із скосом

2.1.7. Однопрохідний автоматичний цикл поперечної обробки **G71**

При складанні УП зняття припуску в поперечному напрямку застосовують автоматичний цикл, що задається функцією **G71**. За цим циклом забезпечується автоматичне підрізання торця з виходом до т.4 на робочій подачі і відведенням до т.1 (П. Т.) на швидкому ході (рис. 2.4). Наприклад, необхідно підрізати торець $\varnothing 250$ до $\varnothing 20$ при глибині різання 5 мм за один робочий хід з обточуванням цапфи $\varnothing 20$.

Запис УП має наступний вигляд:

N1 T1	
N2 M4	
N3 S9	
N4 F20	
N5 X25400 \approx *	} Підхід до П.Т.
N6 Z100	
N7 G71*	} Цикл G71
N8 X2000*	
N9 Z-500	

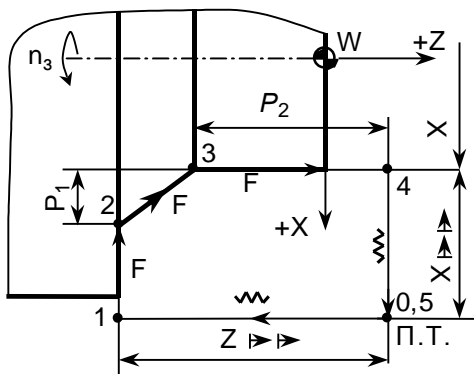


Рис. 2.5. Схема структури однопрохідного поперечного циклу **G71**

зі скосом

Якщо деталь, що показана на рис. 2.5., має скоси по **X** 2 мм і по **Z** 3 мм, то в попередній програмі в абсолютній системі кадри, що відносяться до функції **G71**, записуються наступним чином:

```

...
N7  $\sphericalangle$  G71*
N8 X2000*
N9 Z-500*
N10 P200*
N11 P300
...

```

2.1.8. Багатопохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки **G77**

Великий припуск зрізають за декілька робочих проходів. Кожний робочий хід і наступне повернення задають по схемі "спіраль" окремими кадрами.

Використання циклу **G77** багатопохідної обробки (зі скосом), схема якого представлена на рис. 2.6., дає змогу значно зменшити об'єм програми навіть у порівнянні із використанням однопрохідних циклів **G70**.

Багатопохідний поздовжній цикл **G77** має структуру:

Запис УП:

N0 T1

N1 M4

N2 S9

N3 F30

N4 Z12200

N5 X12000

N6 G77*

N7 X9600*

N8 Z2000

N9 P800

N10 G77*

N11 X5200*

N12 Z6000*

N13 P800

N14 G77*

N15 X2280*

N16 Z10000*

N17 P1000

N18 X18000

N19 Z15000

N20 M5

N21 M30

} П.Т.₁

} Ø96 мм;

} $t_1 = 4$ мм

} Ø52 мм;

} $t_2 = 4$ мм;

} Ø22,8 мм;

} $t_3 = 5$ мм;

} В.Т.

Запис фрагменту УП для обробки валу зі скосом 30 мм по осі **Z**

($t = 8$ мм) за рис. 2.6 наведений нижче:

N8 Z900* Швидкий підхід до т. А

N10 G77* Цикл **G77**

N11 X2400* Кінцевий діаметр

N12 Z-6200* Кінцева точка по осі **Z**

N13 F30* Подача **S = 0,3** мм/об

N14 P1600* Глибина різання 8 мм

N15 P3000 Скос 30 мм по осі **Z**

...

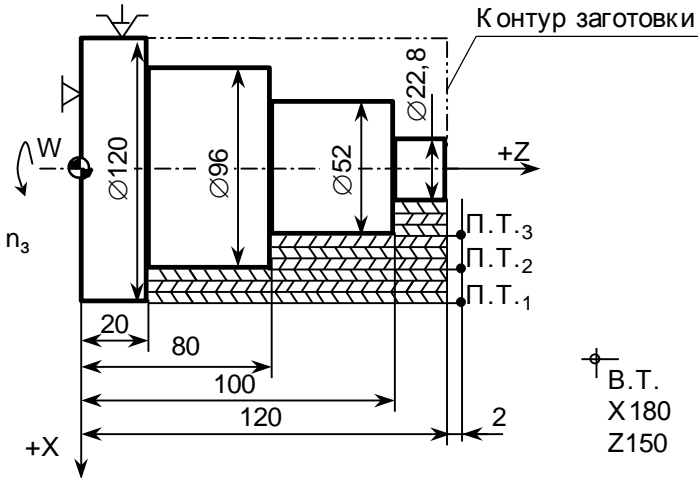


Рис. 2.7. Схема структури циклу **G77** одноінструментної поздовжньої обробки східчастого валу

2.1.9. Багатопрхідний автоматичний цикл поперечної обробки **G78**

Поперечна багатопрхідна обробка виконується за допомогою функції **G78**, що має структуру, аналогічну функції **G77**.

Автоматичний цикл обробки торця зі скосом задають, вводячи параметр **P**, що дорівнює недоходу до кінцевої координати **X** при останньому робочому ході. Наприклад, у випадку, якщо скос по осі **X** дорівнює 5 мм при **t = 3 мм** (рис. 2.8), УП має наступний вигляд:

N0 T3	Інструмент в позиції 3
N1 M4	Ліве обертання шпинделя
N2 S5	n = 180 хв⁻¹
N3 F25	S = 0,25 мм/об
N4 Z 4700	} Швидкий підхід до точки з координатами Z = 47 мм, X = 124 мм
N5 X 12400	
N6 G78*	Автоматичний поперечний цикл
N7 X1800*	Мінімальний діаметр скосу $\varnothing 18$ мм
N8 Z3000*	Координата по осі Z
N9 P300*	Глибина різання 3 мм

N10 P1000	Скос 5 мм по осі X
N11 X2000	} В.Т.
N12 Z10000	
N13 M5	Зупинка обертання шпинделя
N14 M30	Кінець УП

При відсутності скосу кадр **N10** не вноситься в УП.

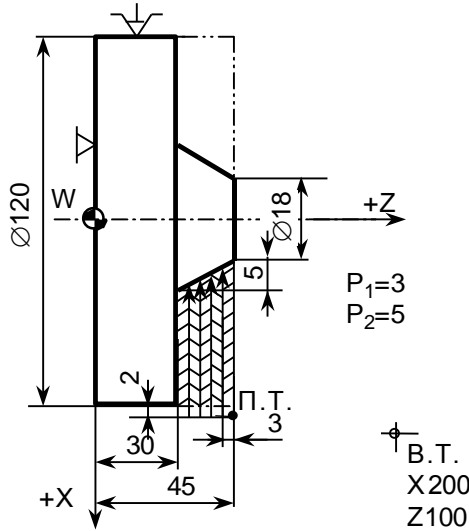





Рис. 2.8. Приклад багатопрхідного поперечного циклу **G78** зі скосом

2.1.10. Програмування обробки конічних поверхонь

Обробка конічних поверхонь здійснюється одночасним рухом різця за двома осями. Для цього задають координати кінцевої точки конічної поверхні, тобто діаметр по осі **X** і довжину по осі **Z**. Перший кадр записують із зірочкою *.

Різець заздалегідь підводять по програмі до точки початку обробки конуса.

Запис УП для обробки конусів за рис. 2.9 при $S = 0,25$ мм/об, $n = 500$ хв⁻¹ наведено нижче:

- N0 T1
- N1 M4
- N2 S8
- N3 F25
- N4 Z500 
- N5 X4000 } П.Т.
- N6 Z0
- N7 X5200* } Z-3000* } Прямий конус
- N8 Z-3000 } X5200 }
- N9 X4000* } Z-6000* } Обернений конус
- N10 Z-6000 } X4000 }
- N11 X4600
- N12 X9000 
- N13 Z10000 
- N14 M5 } В.Т.
- N15 M30 }

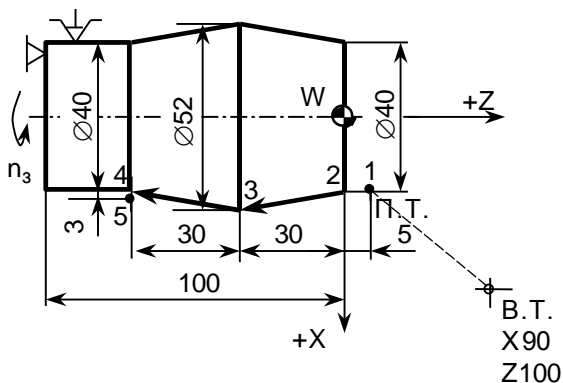


Рис. 2.9. Приклад програмування обробки конічних поверхонь

При заданні УП обробки конусів у відносній системі кадри **N7–N10** мають наступний вигляд:

...
N7 X1200 ▶▶*
N8 Z–3000 ▶▶
N9 X–1200 ▶▶*
N10 Z–3000 ▶▶
 ...

Якщо вершина різця закруглена по радіусу r , то при переході від циліндричної поверхні до конічної (або навпаки) вводять корекцію на координату опорної точки кінця конічної ділянки. Їх значення вибирають у відповідності із рис. 2.10 та табл. 2.6.

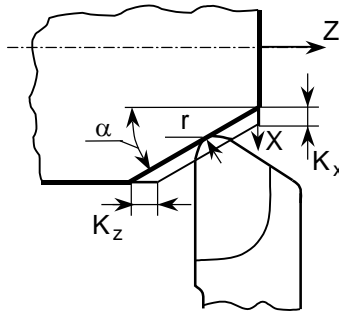


Рис. 2.10. Схема, що ілюструє врахування величин корекції на координати опорних точок траєкторії різання інструменту в залежності від радіуса r закруглення його вершини та кута нахилу конуса α

Наприклад, при переході від циліндричної поверхні до конічної з кутом $\alpha = 60^\circ$ різцем із закругленням вершини $r = 1$ мм: $K_z = 0,423$ мм (42 імп.). У випадку переходу від торцевої поверхні до конічної з кутом $\alpha = 35^\circ$, $r = 2$ мм: $K_x = 0,958$ мм.

На діаметр величина корекції складе $0,958 \times 2 = 1,916 \approx 1,92$ (192 імп.).

Таблиця 2.6

Величини корекції на координати опорних точок при переході від циліндричної або торцевої поверхні до конічної в залежності від кута нахилу конуса α та радіуса r закруглення вершини різця

α , град r , мм	Корекція по осі X, мм										
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	
5,0	0,017	0,03	0,050	0,067	0,084	0,100	0,117	0,134	0,151	0,167	85,0
10,0	0,032	0,064	0,097	0,129	0,161	0,198	0,225	0,257	0,290	0,322	80,0
15,0	0,047	0,098	0,140	0,186	0,233	0,279	0,326	0,372	0,419	0,465	75,0
20,0	0,060	0,120	0,180	0,240	0,300	0,360	0,420	0,480	0,540	0,600	70,0
25,0	0,073	0,145	0,218	0,290	0,363	0,436	0,508	0,581	0,658	0,726	65,0
30,0	0,085	0,168	0,254	0,338	0,423	0,507	0,592	0,676	0,761	0,845	60,0
35,0	0,096	0,192	0,288	0,384	0,479	0,575	0,671	0,767	0,863	0,958	55,0
40,0	0,107	0,213	0,320	0,427	0,534	0,64	0,747	0,854	0,961	1,067	50,0
45,0	0,117	0,234	0,351	0,469	0,586	0,703	0,820	0,937	1,054	1,172	45,0
50,0	0,127	0,254	0,382	0,509	0,636	0,76	0,890	1,018	1,145	1,272	40,0
55,0	0,137	0,274	0,411	0,548	0,685	0,822	0,959	1,096	1,232	1,369	35,0
60,0	0,146	0,298	0,439	0,586	0,732	0,878	1,025	1,171	1,318	1,464	30,0
65,0	0,156	0,311	0,467	0,623	0,778	0,934	1,090	1,246	1,401	1,557	25,0
70,0	0,165	0,329	0,494	0,659	0,824	0,988	1,158	1,318	1,483	1,647	20,0
75,0	0,174	0,347	0,521	0,694	0,868	1,042	1,216	1,389	1,583	1,737	15,0
80,0	0,182	0,365	0,548	0,780	0,913	1,095	1,278	1,460	1,643	1,826	10,0
85,0	0,191	0,383	0,574	0,765	0,956	1,148	1,339	1,580	1,721	1,918	5,0
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	α , град
Корекція по осі Z, мм											r , мм

2.1.11. Програмування зняття фасок під кутом 45°

Для програмування зняття фаски під кутом 45° спочатку задають підведення різця по програмі до початкової точки фаски, а після цього — координати кінцевої точки фаски і записують символи із знаком "+" 45° та із знаком "-" 45°. Знак задається по тій координаті, адреса якої відсутня в кадрі.

Запис УП для зняття фасок 45° при роботі з подачею від осі по X (рис. 2.11) різцем 1 наведено нижче:

N0 T1
N1 M4
N2 S9

- N3 F30
 - N4 X5400
 - N5 Z5200
 - N6 Z6000-45° або X6000+45°
 - N7 X15000
 - N8 Z15000
- } B.T.
- N9 M5
 - N10 M30

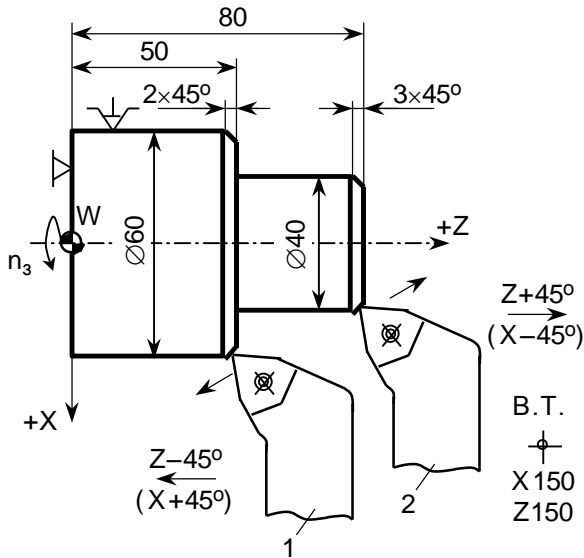


Рис. 2.11. Приклад програмування зняття фасок

У відносній системі запис кадру **N6** має наступний вид:

N7 X400 → → -45° або **N7 Z-200** → → +45°

При роботі різцем 2 з подачею до осі по **X**:

...

N4 Z7800

N5 X4200

N6 X4000

N7 X3400+45° або **Z8000-45°**

...

У відносній системі різниця буде в кадрі **N7**:

...

N7 X600 + 45° або **N7 Z300** - 45°

...

Фаски під кутами, що не дорівнюють 45°, програмуються як кінчні поверхні.

2.1.12. Програмування обробки сферичних поверхонь

В УП для обробки сферичних поверхонь задають переміщення різця по дузі, що не перевищує чверті кола.

Напрямок руху різця задається однією із функцій **G**.

Якщо дуга охоплює повну чверть кола (кут 90°), то рух по годинниковій стрілці (скруглення) задається функцією **G12**, рух проти годинникової стрілки (галтель) — функцією **G13**. Аналогічно для дуги, що охоплює кут до 90°, рух по годинниковій стрілці задається функцією **G2**, а проти годинникової стрілки — функцією **G3**.

Після функцій **G12 (G13)** і першої координати ставлять "зірочку" *.

Для обробки повної чверті кола різець підводять по програмі до початкової точки дуги. Після цього задають функцію **G12 (G13)** і координати кінцевої точки дуги по **X³ Z** (або приріст по осях **X³ Z** у відносній системі):

G12* (G13*), X* (X*), Z (Z).

Наприклад, для обробки скруглення на деталях зі сферичною поверхнею **R20** у чверть кола (рис. 2.12.) УП має наступний вигляд:

...

N6 X4000

} т. 1

N7 Z5000
N8 G12* }
N9 X8000* } або { **N8 G12***
N10 Z3000 } { **N9 X4000**▶▶*
N10 Z-2000▶▶

...

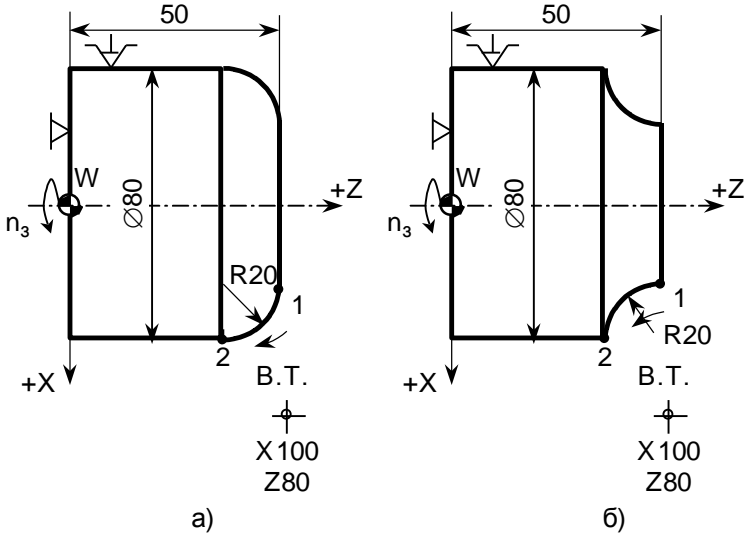


Рис. 2.12. Приклади програмування обробки по дузі кола:
 а) в межах 90° скруглення;
 б) галтелі

У випадку обробки увігнутої сфери (галтелі) застосовують наступну УП:

...
N6 X4000 }
N7 Z5000 } т. 2
N8 G13* }
N9 X8000* } або { **N8 G13***
N10 Z3000 } { **N9 X4000**▶▶*
N10 Z-2000▶▶

...

Обробку по дузі, що лежить в межах кута, меншого 90° , задають функціями **G2** і **G3** з наступними чотирма кадрами:

X – координата кінцевої точки дуги по осі **X**;

Z – да ж по осі **Z**;

P₁ – проекція на вісь **X** радіуса, проведеного з центру дуги **O_м** (початку "місцевої" системи координат) до точки початку дуги (задається на сторону);

P₂ – те ж по осі **Z**.

P завжди має додатній знак (рис. 2.13).

Тобто функції **G2** (**G3**) мають наступну структуру:

G2* (**G3***), **X*** (\rightarrow \rightarrow **X***), **Z*** (\rightarrow \rightarrow **Z***), **P₁***, **P₂**.

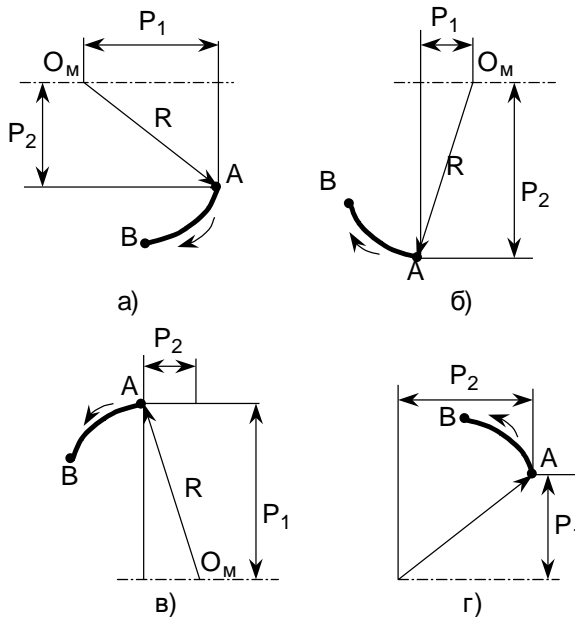


Рис. 2.13. Способи задання дуг, що охоплюють менше чверті кола:

а), б) – за годинниковою стрілкою (**G2**);

в), г) – проти неї (**G3**)

При складанні УП обробки сферичної поверхні **R46,1** мм (рис. 2.14) при русі різця по дузі 1–2 за годинниковою стрілкою визначають координати кінцевої точки дуги відносно центра дуги **O_м**. По осі **X** **P₁** складає 35 мм, по осі **Z** **P₂** – 30 мм.

Фрагмент УП стосовно руху по дузі 1-2 має вигляд:

Абсолютна система	Відносна система
...	...
N6 G2*	N6 C2*
N7 X4000*	N7 X2000▶▶*
N8 Z2500*	N8 Z2000▶▶*
N9 P3500*	N9 P3500*
N10 P3000	N10 P3000
...	...

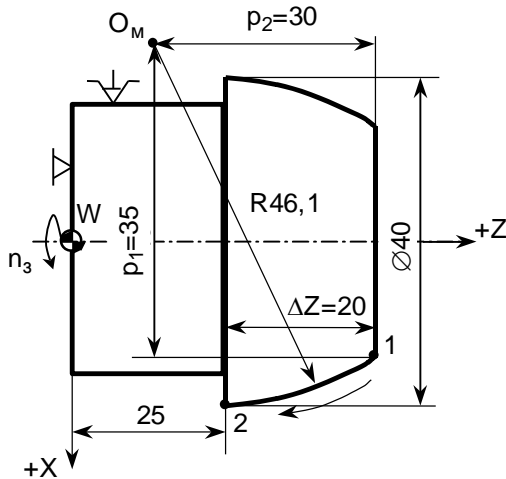


Рис. 2.14. Приклад програмування обробки сферичної поверхні в межах кута меншого 90°

Якщо вершина різця закруглена, то оброблений профіль буде мати похибку зумовлену тим, що різні ділянки поверхні різець обробляє різноманітними ділянками ріжучої кромки. Тому при програмуванні повинна вводитися корекція координат кінцевої точки дуги за розрахунками або даними заміру пробної деталі.

2.1.13. Багатопрохідний автоматичний цикл проточування торцевих канавок G74

Структура циклу включає наступні параметри:

G74*, **X*(X▶▶*)**, **Z*(Z▶▶*)**, **F***, **P**,

де: **X** – координата по осі **X** кінцевої точки останньої канавки (або останнього робочого ходу проточування широкої канавки);

Z – координата по осі **Z** дна канавки;

F – подача;

P – крок між канавками (дискретність 0,01).

Після закінчення циклу різець повертається в точку початку циклу – П.Т.

Якщо необхідно проточити три торцевих канавки **B = 4** мм з кроком **8** мм (рис. 2.15), то складають наступну програму:

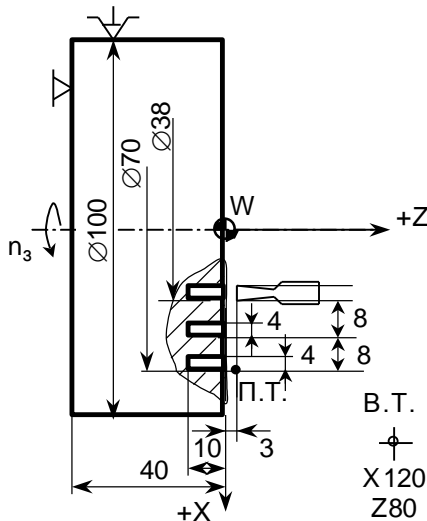


Рис. 2.15. Схема для ілюстрації програмування проточування торцевих канавок за циклом **G74**

```

...
N5 Z300~
N6 X7000~ } П.Т.
N7 F30
N8 G74*
N9 X3800*      або N9 X-3200~>>*
```

N10 Z-1000* або **N10 Z-13000▶▶***
N11 P1600
N12 X12000 } П.Т.
N13 Z8000
N14 M5
N15 M30

У випадку проточування за схемою "спуск" широкої канавки (рис. 2.16) ($B = 20$ мм) вузьким канавочним різцем ($b = 4$ мм) з перекриттям 0,5 мм з кроком 3,5 мм УП має вид:

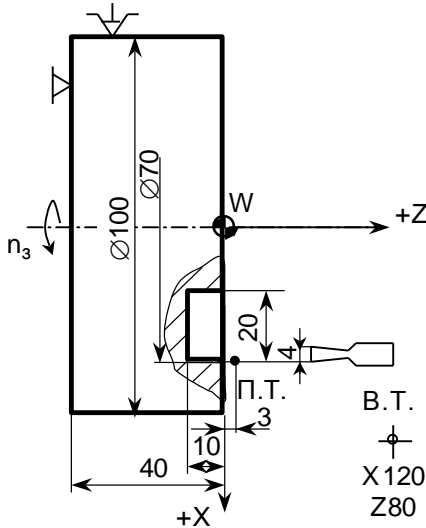


Рис. 2.16. Схема деталі для ілюстрації програмування проточування широкої торцевої канавки (виточки) за циклом **G74**

...
N5 Z300 * } П.Т.
N6 X7000
N7 F30
N8 G74*
N9 X3800*

- N10 Z-1000*
 - N11 P700
 - N12 X12000 \rightsquigarrow
 - N13 Z8000 \rightsquigarrow
 - N14 M5
 - N15 M30
- } П.Т.

2.1.14 Багатопрохідний автоматичний цикл проточування канавок на циліндричній поверхні G75

Канавки на циліндричній поверхні проточують за автоматичним циклом, що задають підготовчою функцією **G75** (рис. 2.17).

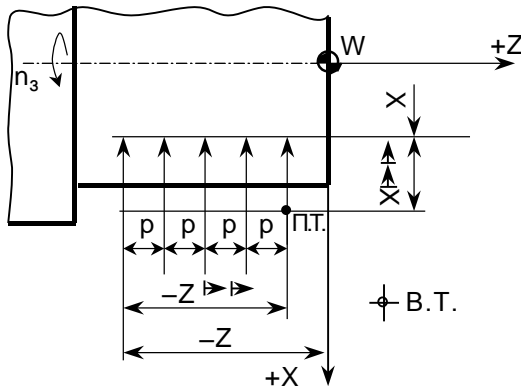


Рис. 2.17. Схема автоматичного циклу проточування канавок на циліндричній поверхні (**G75**)

Структура циклу **G75** має наступний вид:

G75*, **X*(X▶▶*)**, **Z*(Z▶▶*)**, **F***, **P**,

де **X*(X▶▶*)** – координата дна канавки по осі **X** (або зміщення по осі **X** до дна канавки);

Z*(Z▶▶*) – координата по осі **Z** лівої стінки останньої канавки (або останнього спуску при проточуванні широкої канавки);

P – крок між канавками (або крок між спусками при проточуванні широкої канавки), дискретність 0,01; причому величина **P** не повинна перевищувати ширини широкої канавки.

Якщо при проточуванні широкої канавки ширина **B** не кратна кроку спусків **P**, то залишковий припуск **m** автоматично зрізається при останньому спуску.

Після закінчення циклу різець повертається в точку початку циклу.

Для деталі $\varnothing 60$ мм з трьома канавками шириною 5 мм і кроком 40 мм запис УП має вигляд:

...
N12 T3
N13 M4
N14 S8
N15 F20
N16 Z-4000 } П.Т.
N17 X6400
N18 G75*
N19 X3600*
N20 Z-12000*
N21 P4000
N22 X10000 } П.Т.
N23 Z3500
N24 M5
N25 M30

Для проточування суцільної виточки шириною, наприклад, 92,5 мм (див. рис. 2.18), застосовують різець шириною **b** = 4 мм з перекриттям 1 мм. Фрагмент УП наведений нижче:

...
N8 Z-3250 } П.Т.
N9 X6400
N10 G75*
N11 X3600*
N12 Z-12000*

параметром, що вводиться в пам'ять верстату при первинному його налагоджуванні (на етапі вводу в пам'ять ЧПУ параметрів).

Після закінчення циклу свердло відходить в А, що знаходиться на відстані X мм від осі X і на відстані Z мм від початкової точки (рис. 2.19).

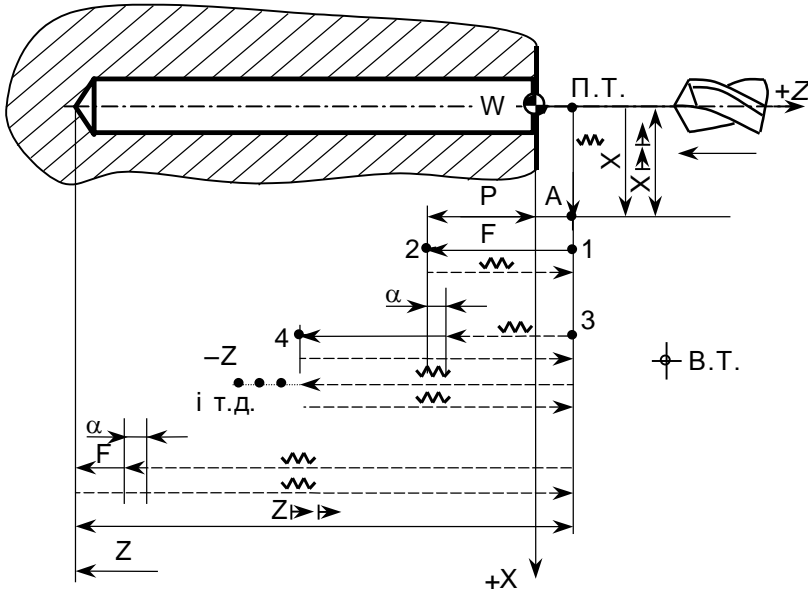


Рис. 2.19. Схема автоматичного циклу глибокого свердлування (G73)

Структура циклу:

G73*, **X*(X▶▶*)**, **Z*(Z▶▶*)**, **F***, **P**.

На рис. 2.20 показана деталь, в якій необхідно просвердлувати отвір $\varnothing 28$ мм на довжині $L = 160$ мм. Недохід до заготовки складає 6 мм, перебіг – 14 мм. Загальний шлях робочого ходу $L = 160 + 6 + 14 = 180$ мм. Його розчленовують на ділянки довжиною 48 мм (чотирипрхідний цикл). Подачу приймають 0,2 мм/об, частоту обертання – 710 хв⁻¹. Вихідна точка має координати $X100$, $Z20$, задана величина відходу по осі X :

$X▶▶ = 20$ мм.

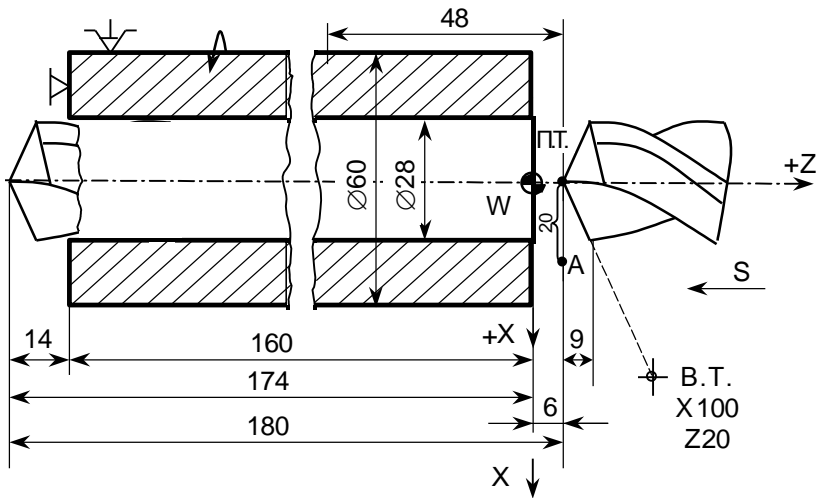


Рис. 2.20. Схема для ілюстрації програмування глибокого свердлування

Запис УП має вид:

N0 T3

N1 M4

N2 S9

N3 F20

N4 X0 *

N5 Z600

N6 M8

N7 G73*

N8 X2000 *

N9 Z-17400*

N10 P4800

N11 M9

N12 X10000

N13 Z2000

N14 M5

N15 M30

- | | | |
|---------------------------------------|---|--|
| <p>N4 X0 *</p> <p>N5 Z600</p> | } | Підхід в П.Т. |
| <p>N6 M8</p> <p>N7 G73*</p> | } | Включення ЗОР |
| <p>N8 X2000 *</p> <p>N9 Z-17400*</p> | } | Цикл глибокого свердлування за 4 робочих ходи із швидким відходом в т. А |
| <p>N10 P4800</p> | } | Виключення ЗОР |
| <p>N12 X10000 </p> <p>N13 Z2000 </p> | } | Відхід в В.Т. |

2.1.16. Безумовний перехід Р

Для зміни порядку виконання УП застосовується команда так званого безумовного переходу, що позначається символом **Р**. За допомогою цього символу можна вводити в УП додаткові кадри.

Наприклад, якщо алмазний вигладжувач, що підймається пружиною, повинен виконати цикл подач "ліворуч-праворуч" (рис. 2.21), то щоб не задавати в УП весь цикл, записують лише два ходи, а після цього під адресою **Р** проставляють номери цих кадрів:

```

...
N11 F10
N12 X6000~ } П.Т.
N13 Z-2000~ }
N14 Z-14400 } Ліворуч
N15 Z-2000   } Праворуч
N16 P14      } Повторення кадрів N14 та N15
N17 P15
...
  
```

Тепер цикл "ліворуч — праворуч" буде виконуватись багаторазово до натиску на клавішу "Стоп". Такий прийом називається "заціклованням" УП.

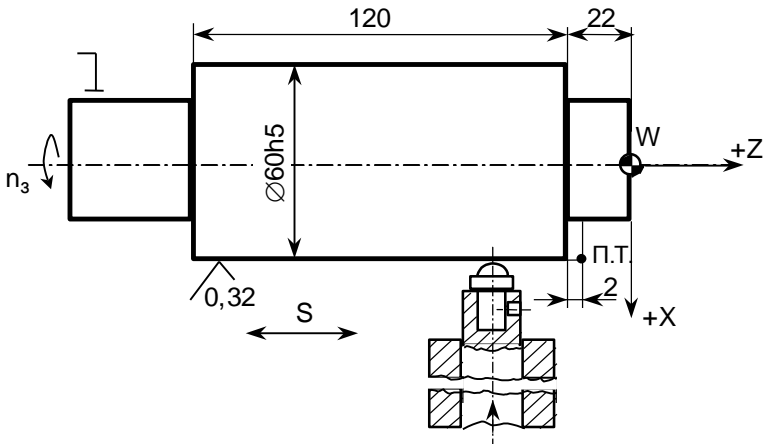


Рис. 2.21. Приклад автоматичного циклу з застосуванням символу безумовного переходу **Р** ("зацікловання")

Якщо заготовка деталі (рис. 2.22) поставляється з великою різницею величин припусків, то припуск може бути знятий за чотири або за три робочих ходи. Якщо припуск нормальний (менше 5 мм на сторону), то в програмі задається три робочих ходи. Коли замір діаметру заготовки $D_{ф.заг}$ показує, що припуск більший 5 мм і його слід зняти за чотири робочих ходи, то кадри, що відповідають циклу зняття надлишкового припуску і підведенню на рівень нормального припуску, записуються під номерами **N100**, **N101**, **N102**, **N103**, **N104**, **N105** в кінці УП. При необхідності ці кадри викликаються в роботу командою **P100**, тобто передачею управління на кадр **N100** УП. Після відпрацювання кадрів **N100–N105** УП продовжується з кадру **N8** до команди **M30** (або до наступної команди **P**). Якщо припуск на заготовку нормальний і вимагається тільки три робочих ходи, то для обробки такої заготовки в кадрі **N4** вводять команду **P0**.

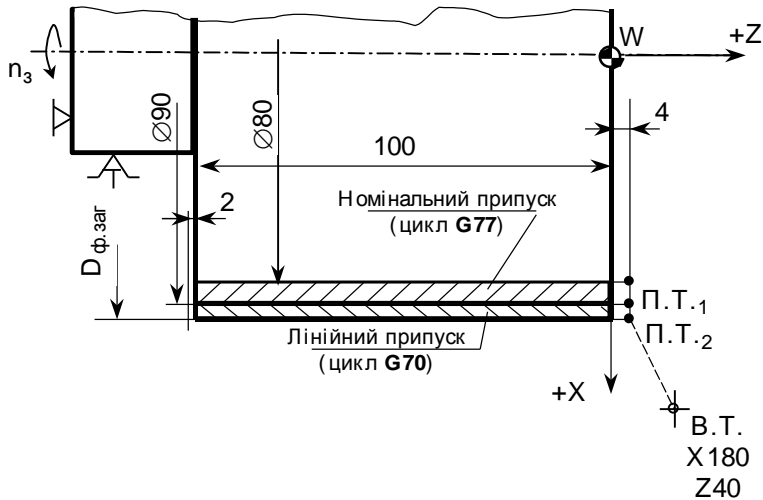


Рис. 2.22. Схема для ілюстрації програмування із застосуванням символу безумовного переходу **P** (великі межі припуску)

Запис УП має вид:

N0 T1
N1 M4
N2 S10

N3 F40

N4 P0

N5 \rightsquigarrow X9000

N6 Z400 \rightsquigarrow

N7 G77*

N8 X8000*

N9 Z-10200*

N10 P400

N11 X18000 \rightsquigarrow *

N12 Z2000 \rightsquigarrow

N13 M5

N14 M30

} Підведення до $\varnothing 90$ (П.Т.₁) при нормальному припуску на сторону 5 мм

} Автоматичний цикл на три робочих ходи з глибиною різання 2 мм на сторону, останній робочий хід глибиною 1 мм

} Відведення в В.Т.

Додаткові кадри :

N100 X

N101 G70*

N102 X9000*

N103 Z-10200

N104 X9000 \rightsquigarrow

N105 P8

Підхід до поверхні заготовки $D_{ф.зар}$ (П.Т.₂)

} Однопрохідний автоматичний цикл для зняття залишкової частини припуску та підхід до номінального припуску (П.Т.₁)

2.1.17. Програмування нарізування різьб за циклами G31, G32, G33

Нарізування різьби різцем програмується за допомогою функції **G31**. Програма циклу нарізування різьби складається з наступних кадрів (рис. 2.23):

G31*, X*, Z*, F*, P₁*, P₂,

де **G31** – функція різенарізування;

X – номінальний діаметр різьби;

Z – довжина різьби або координата кінцевої точки різьби;

F – крок різьби, записується з дискретністю 0,0001;

P₁ – повна глибина різьби на сторону (визначається за довідником), дискретність 0,01;

P₂ – глибина першого проходу на сторону (задається технологом або оператором).

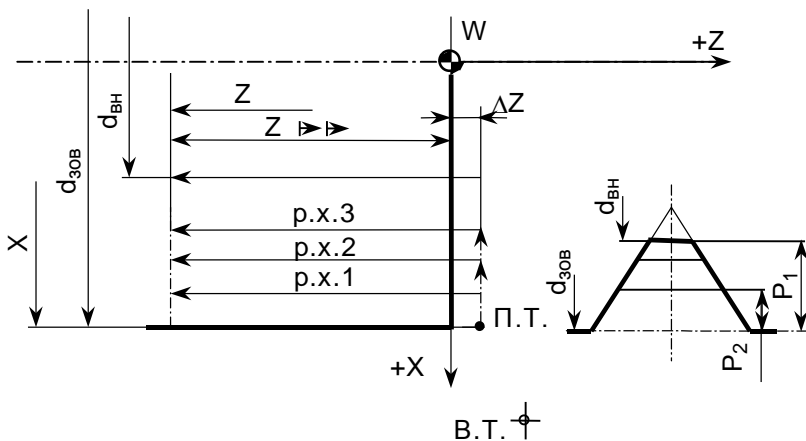


Рис. 2.23. Схема структури автоматичного циклу нарізання різьби **G31**

Цикл нарізання багатопрхідний, всі робочі ходи, за винятком чотирьох останніх, виконують з глибиною, що задана в останньому кадрі різьбонарізання (**P₂**). В кожному з чотирьох останніх робочих ходів глибина різання автоматично ділиться на два. Після нарізання різьби різець повертається в точку початку нарізання, звідки його можна відвести по програмі у вихідну точку.

При нарізанні різьб з кроком до 2 мм різець подають на глибину перпендикулярно до осі деталі. Для цього перед початком обробки деталі в оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) вводять постійний параметр **N6 P0**, для чого натискають клавіші **N, 6, P, 0**.

Якщо крок різьби більший 2,5 мм, то рекомендується виконувати врізання під кутом $\epsilon/2 = 30^\circ$, щоб в роботі брала участь одна різальна кромка. В цьому випадку параметр **P** обчислюється по формулі:

$$P = 4086 \cdot \text{tg } 30^\circ = 2365.$$

Введення проводять натисканням клавіш **N, 6, P, 2, 3, 6, 5**.

Передбачена можливість нарізання інших видів різьб.

Нижче приводиться запис УП з початком системи координат в центрі правого торця для нарізання різьби **M36 × 1,5** на деталі згідно рис. 2.24.

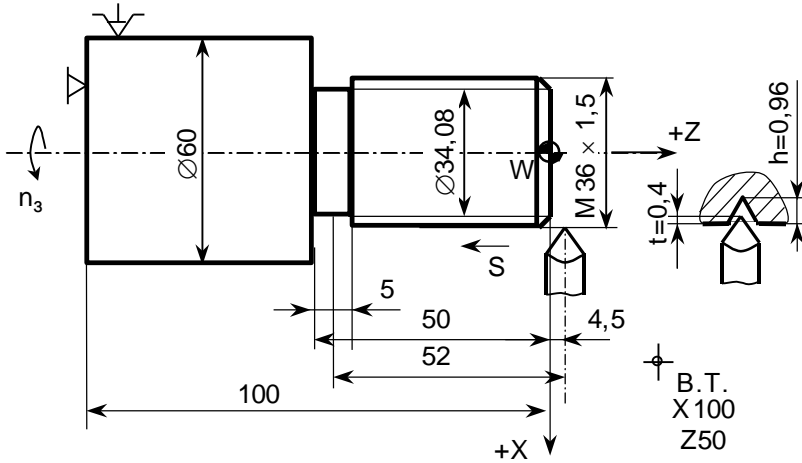





Рис. 2.24. Схема для ілюстрації програмування при нарізці різьби M36 × 1,5

N0 T3	Різьбовий різець в позиції 3
N1 M4	
N2 S9	
N3 Z450 	} Прискорений підхід за осями Z та X до заготовки; величина повітряного зазору згідно Z 4,5 мм
N4 X3600 	
N5 G31*	Функція різьбонарізання і ознака групи
N6 X3600*	Діаметр різьби (зовнішній)
N7 Z-4750*	Координата кінцевої точки різьби по осі Z з урахуванням виходу в середину канавки (50 – 2,5 = 47,5 мм) або
N7 Z-5200 	* шлях проходу різця
N8 F15000*	Крок різьби 1,5 мм
N9 P96*	Глибина канавки 0,96 мм
N10 P40	Глибина першого робочого ходу 0,4 мм

N11 X10000	}	Прискорений відхід в В.Т.
N12 Z5000		
N13 M5		Зупинка шпинделя
N14 M30		Кінець програми

Якщо на кресленні деталі не передбачена зарізьбова канавка, то різьба повинна нарізуватися зі збігом, тобто з плавним виходом різця з різьби в кінці кожного робочого ходу. Для цього в систему вводять постійний параметр № 7 з величиною збігу **C** по осі **Z** в межах (0,1...3,1)**F**. Наприклад, для різьби з кроком 3 мм $C = 1 \times 3 = 3$ мм. Введення параметру № 7 виконують натисканням клавіш **N, 7, P, 0, 3, 0, 0**.

В багатопрхідному циклі нарізання різьби по функції **G31** можна задавати нарізання конічної різьби. Для цього вводять третій параметр **P** – різницю між більшим і меншим діаметрами різьби (в імпульсах).

Якщо з будь-яких причин доцільно нарізувати різьбу одиничними робочими ходами, то застосовуються цикли, що задаються функцією **G32**. Технолог або наладчик в цьому випадку сам призначає глибину різання для кожного робочого ходу, число робочих ходів, а також відведення по осях **X** та **Z** після кожного робочого ходу і підведення на нову координату по осі **X** перед кожним новим робочим ходом.

Для останнього робочого ходу задається глибина різання в межах 0,1–0,3 мм.

Якщо необхідно нарізати різьбу $M36 \times 1,5$ на довжині 50 мм (рис. 2.24), при частоті обертання шпинделя $n = 500 \text{ хв}^{-1}$, з повітряним зазором $\Delta Z = 4,5$ мм, глибині різьби 0,96 мм приймають три робочих ходи з глибиною різання $t_1 = 0,5$ мм; $t_2 = 0,3$ мм; $t_3 = 0,16$ мм; $D_{\text{вн}} = 34,08$ мм. Поперечну подачу для врзання і відведення різця приймають 0,6 мм/об (**F60**).

N0 T3	}	П.Т.
N1 M4		
N2 S8		
N3 Z450		
N4 X3500		

N5 G32*	}	Перший робочий хід до \varnothing 35
N6 F15000*		
N7 Z-4750		
N8 F60		
N9 X4000	}	Другий робочий хід до \varnothing 34,4
N10 Z450		
N11 X3440		
N12 G32*		
N13 F15000*		
N14 Z-4750		
N15 F60		
N16 X4000		
N17 Z450		
N18 X3408		
N19 G32*	}	Третій робочий хід до \varnothing 34,08
N20 F15000*		
N21 Z-4750		
N22 F60		
N23 X4000	}	В.Т.
N24 X10000		
N25 Z5000		
N26 M5		
M27 M30		

Для нарізання багатозахідної різьби програмуються цикли нарізання кожного заходу. Після кожного циклу різець по програмі зміщується праворуч (для правої різьби) на величину кроку різьби. Під адресою **F** в програмі записується не крок різьби, а хід, тобто крок, помножений на число заходів.

Нарізання різьби мітчиком або плашкою програмується за допомогою функції **G33**. Інструмент повинен затискатись в спеціальній оправці. Цикл забезпечує швидке підведення мітчика до заготовки, подачу із заданим кроком, реверс шпинделя, виведення мітчика, відведення в т. А і зміщення в т. С (рис. 2.25).

УВАГА! Комплексний приклад розробки УП для обробки валу на верстаті мод. 1В340Ф30 з ОС ЧПУ Електроника НЦ-31 наведений в додатку Д.2.

2.2. Обладнання та інструменти

1. Токарно-револьверний верстат мод. 1В340Ф30 з ОС ЧПУ Електроника НЦ-31.
2. Установчо-затискні пристосування для базування та затиску оброблюваних заготовок.
3. Комплект різальних інструментів для обробки поверхонь обертання.

2.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з призначенням, технологічними можливостями товарно-револьверного верстата мод 1В340Ф30 та ОС ЧПУ Електроника НЦ-31.
2. Вивчити основи кодування УП на верстаті мод. 1В340Ф30 з ОС ЧПУ Електроника НЦ-31.
3. Ознайомитися з прикладом розробки УП на верстаті мод. 1В340Ф30 з ОС ЧПУ Електроника НЦ-31 згідно додатку Д.2.
4. Ознайомитися з кресленням та технічними умовами на виготовлення деталі згідно варіанта індивідуальних завдань (див. табл. 2.6), виконати їх аналіз.
5. Скласти план обробки деталі із визначенням зон зняття припусків та їх послідовністю.
6. Вибрати різальні інструменти.
7. Розрахувати режими різання.
8. Визначити інші технологічні дані для розробки УП.
9. Скласти УП.
10. Проаналізувати отримані результати.
11. Скласти звіт по роботі.

2.4. Варіанти індивідуальних завдань

Особливістю виконання даної лабораторної роботи є те, що в процесі її виконання студент виконує визначений попередньо варіант курсового проекту з даної дисципліни в частині програмування тільки токарної обробки відповідної деталі.

Причому, бажано, щоб текст УП був орієнтований на реалізацію саме роботозованої технології її (деталі) виготовлення.

2.5. Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Призначення та технічні характеристики верстата мод. 1В340Ф30.
3. Призначення та технічні характеристики ОС ЧПУ Електроника НЦ–31.
4. Креслення оброблюваної деталі згідно варіанта індивідуальних завдань (зв варіантом курсового проекту або за табл. 2.6).
5. План обробки деталі з позначенням:
 - прийнятої системи координат;
 - контуру заготовки;
 - чорнового та чистового контурів деталі;
 - зон зняття припусків (ϕ , \ominus , $\omin�$, ...) та їх послідовності при формоутворенні чорнового та чистового контурів деталі.
6. Призначення технологічного маршруту.
7. Вибір різальних інструментів із вказанням посилань на літературні джерела.
8. Розрахунок режимів різання при формоутворенні елементарних торцевих, зовнішніх та внутрішніх поверхонь із вказанням посилань на літературні джерела.
9. Технологічні дані для розробки УП у вигляді табл. Д.2.1, що представлена в додатку Д.2.
10. Циклограма (траєкторія) переміщення кожного із різальних інструментів в технологічному порядку її виконання з урахуванням прийнятих глибин різання за кожним технологічним переходом (по аналогії з рис. Д.2.1.–Д.2.5.).
11. Визначення координат опорних точок траєкторії переміщень кожного із інструментів згідно п. 9 даного розділу та їх представлення у вигляді табл. Д.2.2.
12. Текст УП з обов'язковим поясненням (коментарями) змісту кожного кадру.
13. Аналіз отриманих результатів та короткі висновки щодо виконаної роботи.

2.6. Контрольні запитання

1. Технологічні можливості та призначення токарно-револьверного верстата мод. 1В340Ф30 з ОС ЧПУ Електроника НЦ–31.

2. Ціна імпульсу при переміщенні револьверного супорта в поздовжньому та поперечному напрямках.
3. Програмування швидкості головного руху.
4. Програмування швидкості поздовжньої та поперечної подачі.
5. Програмування одноінструментальної обробки.
6. Однопрохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки без скосу.
7. Однопрохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки зі скосом.
8. Однопрохідний автоматичний цикл поперечної обробки без скосу.
9. Однопрохідний автоматичний цикл поперечної обробки зі скосом.
10. Багатопохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки без скосу.
11. Багатопохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки зі скосом.
12. Багатопохідний автоматичний цикл поперечної обробки без скосу.
13. Багатопохідний автоматичний цикл поперечної обробки без скосу.
14. Особливості програмування обробки конічних поверхонь.
15. Програмування зняття фасок під кутом 45° .
16. Програмування обробки сферичних поверхонь, що охоплюють повну чверть кола.
17. Програмування обробки сферичних поверхонь, що охоплюють менше чверті кола.
18. Багатопохідний цикл проточування торцевих канавок.
19. Програмування проточування широких торцевих канавок вузьким канавковим різцем.
20. Багатопохідний автоматичний цикл проточування канавок на циліндричній поверхні.
21. Програмування проточування широких радіальних канавок вузьким різцем.
22. Автоматичний цикл глибокого свердлування.
23. Програмування повторення кадрів УП.
24. Безумовний перехід.
25. Програмування однопрохідного нарізування різьб на зовнішніх циліндричних поверхнях різцем.

26. Програмування багатопрохідного нарізування різьб на зовнішніх поверхнях різцем.
27. Програмування нарізування різьб мітчиком та плашкою.