

Лабораторна робота № 3

ПРОГРАМУВАННЯ ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО
ВЕРСТАТА мод. 16К20ФЗРМ132 З ОС ЧПУ 2Р22

- Мета роботи:**
- вивчити технологічні можливості токарно-гвинторізних верстатів з ЧПУ;
 - ознайомитись з принципами кодування інформації в ОС ЧПУ 2Р22;
 - отримати навички розробки УП та налагодження токарно-гвинторізного верстату мод. 16К20ФЗ30 для обробки заданої деталі.

3.1. Теоретичні відомості

3.1.1. Технологічні можливості верстата мод. 16К20ФЗРМ132

Токарно-гвинторізний верстат мод. 16К20ФЗРМ132 призначений для токарної обробки в замкнутому напівавтоматичному циклі деталей типу тіл обертання із ступінчастим та криволінійним профілем - валів, осей, ступиць, фланців, кришок, шківів, зубчатих коліс тощо.

На верстаті виконують зовнішнє та внутрішнє точіння, свердлування, зенкерування, розвертання, цекування, нарізання зовнішніх різьб різцями та плашками, а також внутрішніх різьб різцями та мітчиками.

Технічні характеристики верстата, що відображають його технологічні можливості, представлені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики верстата мод. 16К20ФЗРМ132

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Значення
1.	Найбільший діаметр штучної заготовки, що обробляється: - діаметр <ul style="list-style-type: none"> • над станиною • над супортом - довжина	мм	500 220 1000
2.	Найбільша довжина обробки	мм	905

Закінчення табл. 3.1

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Значення
3.	Кількість позицій револьверної головки (поворотного різцетримача)		6*
4.	Найбільше поперечне переміщення револьверного супорта	мм	275
5.	Інтервали безступеневого регулювання частот обертання шпинделя: - I - II - III	хв ¹	20-285 60-830 175- 2500
6.	Інтервали подач револьверного супорта: - поздовжніх - поперечних	мм/об	0,01-2,8 0,005-1,4
7.	Дискретність переміщення револьверного супорта: “ поздовжнього - поперечного	мм	0,010 0,005
8.	Швидкість прискороного ходу револьверного супорта: - поздовжня ~ поперечна	мм/хв	7500 5000
9.	Границі кроків різьб, що нарізаються	мм	0,01-40,95
10.	Потужність електродвигуна головного руху	кВт	11
Примітка: * Кожна одиниця стержньового мірного інструменту затискається в пристосуванні, що займає 2 позиції РГ .			

3.1.2. Призначення оперативної системи ЧПУ 2P22

Пристрій ОПУ 2P22 призначений для видачі УП на виконавчі органи токарних верстатів і виконує наступні функції:

- введення управляючої програми з клавіатури пульта управління або програмоносія;
- відпрацювання і редагування УП безпосередньо на верстаті;
- складання УП за зразком, коли обробка першої деталі ведеться в

Закінчення табл. 3.1
 ручному, а обробка наступних деталей - в автоматичному режимі;
 ~ введення постійних циклів в діалоговому режимі;
 - використання складних циклів багатопрохідної обробки;
 - виведення УП на програмоносій і виконання ряду інших функцій.

Більш розвинене у порівнянні з ОПУ Електроника НЦ-31 функціональне програмне забезпечення, що зберігається в постійній пам'яті пристрою, включення в нього складних циклів багатопрохідної обробки дозволяють зменшити об'єм інформації, що вводиться в ОПУ, і спростити складання УП.

Технічна характеристика пристрою ОПУ 2Р22 наведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Технічна характеристика пристрою ОПУ 2Р22

№ з/п	Найменування	Характеристика *
1.	Конструктивне виконання	вбудований у вигляді окремих автономних блоків
2.	Базова ПЕОМ	мікро-ЕОМ Електроника-60М
3.	Кількість координат, що управляються	2
4.	Найбільша кількість координат, що управляються одночасно	2
5.	Вид інтерполяції	лінійно-кругова
6.	Дискретність задання переміщень, мм	0,001
7.	Спосіб задання розмірів в УП	в абсолютній та відносній системах
8.	Максимальне програмоване переміщення, зміщення нульової та вихідної точки верстата, мм	9999,999
9.	Режими роботи	~ автоматичний; - ручне введення даних; - пошук кадрів; - редагування; - режим діалогу при формуванні УП за циклами; - вхід у вихідну точку тощо

Закінчення табл. 3.2

№ з/п	Найменування	Характеристика
10.	Типи пристроїв для введення даних	~ фотозчитуючий пристрій (ФЗП); ~ клавіатура пульта управління (ПУ); - касетний накопичувач на магнітній стрічці (КНМС)
11.	Тип пристрою для зберігання програми управління ПЧПУ, програми електроавтоматики верстата та програми прив'язки системи до верстата	постійний програмований запам'ятовуючий пристрій (ППЗП)
12.	Тривалість зберігання інформації в ОЗП, год	96
13.	Корекція: ~ частоти обертання шпинделя - робочих подач	(14—40)% з кроком 10% (0-12)% з кроком 1%
14.	Індикація даних	на блоці оперативного зчитування інформації (БОЗІ) - дисплеї
15.	Типи приводів, що управляються: - головного руху - подач	регульований слідкуючий
16.	Граничні значення швидкостей робочих органів, мм/хв: - робочих подач - холостих переміщень	- до 500; - до 10000 при нарізанні різьби - до 15000
17.	Максимальний крок різьби, що нарізається, мм	40
18.	Характеристика джерела живлення: - рід струму ~ напруга, В - частота, Гц	змінний трифазний 360 50±1

3.1.3. Принципи кодування УП

Введення УП в пам'ять пристрою ОПУ 2P22 можливе з пульта управління або програмоносія. Програмоносієм виступає магнітна або восьмидоріжна паперова стрічка шириною 25,4 мм.

Програма складається з послідовно записаних кадрів - складових УП, що вводяться як єдине ціле і містять не менше однієї команди.

Кожний кадр починається з порядкового номеру N, складається із змінного числа слів (складників кадру, що містять дані про параметри процесу обробки) і закінчується символом "кінець кадру". Кожне слово, в свою чергу, складається з символу ~ адреси і наступної за ним групи цифр. Адреса визначає призначення цифр в кадрі (див. табл. 3.3). В одному кадрі не можна програмувати два слова однієї адреси.

Таблиця 3.3

Значення символів адрес, що використовуються при програмуванні ОС ЧПУ 2P22

Символ	Значення
A	Припуск під чистову обробку
B	Повторення кадру
C	Збіг різьби, фаска під кутом 45 °
D	Витримка часу
E	Подача на прискореному ході
F	Подача робоча або крок різьби
G	Підготовча функція
H	Кількість повторів
L	Автоматичний постійний цикл
M	Допоміжна функція
N	Номер кадру
P	Глибина різання або ширина різця
S	Частота обертання шпинделя
t	Позиція револьверної головки з ріжучим інструментом
X, Z	Переміщення осями X, Z в абсолютних значеннях
U, W	Переміщення осями X, Z в приращеннях

Структура слова визначається форматом, в якому вказують розташування адреси, знак і число геометричної або технологічної інформації в складі слова, кількість цифр ,що записуються до і після коми тощо.

Для пристрою ОПУ 2P22 приклади форматів слів наступні:

**N03; X+043; Z+043; U+043; W+043; F023; T2; M; SI-4; D043;
C+043; Q+043; R+0,43; B3; H3; L2;
PH; AH; E; G2; •.**

Після адрес N, T, M, S, B, Ц L, G в форматі записують одну цифру, що показує кількість цифр в слові. Якщо нулі, що стоять перед першою значущою цифрою, можна опустити, то після адреси записують дві цифри, перша з яких нуль. Після адреси слів, що містить розмірні переміщення A, P, X, U, R, Z, W, D, C, G, F, записують дві цифри, перша з яких показує кількість розрядів перед, а друга - після десяткової коми, або три цифри, перша з яких нуль, що дозволяє опустити нулі перед першою значущою цифрою. Якщо абсолютні розміри завжди додатні, то між адресою і наступним за ним числом не ставлять жодного знаку; якщо вони можуть бути додатними або від'ємними, то між адресою і наступним за ним числом ставлять знак "+".

Наприклад, **N004** - тризначний номер кадру. Незначущі нулі перед номером можна не набирати: **N125**, **N012** (або **N12?**), **N003** (або **N3?**). Геометричну інформацію, тобто значення координат кінцевих опорних точок ділянок траєкторій за осями X і Z, або прирощень U, W за осями X (U) або Z (W), записують слідуєчим чином:

X043; Z-0,43; U0,643; W0,43.

Незначущі нулі в початку і в кінці геометричної інформації, а також знак ""+"" можуть опускатися.

Наприклад:

- переміщення по осі Z в точку з координатою +36,18 мм записують **Z36,18**;

~ переміщення по осі Z на 364,583 мм до передньої бабки - **W—364,583**;

- переміщення по осі X до 012,38 мм - **X12,38**;

- переміщення по осі X на 0,16 мм до осі центрів - **U—0,16**. Час витримки задають за адресою D з точністю до 0,001 с. Наприклад, час витримки 2 с записують **D2**.

Подачу робочого органу задають за адресою F, постійні цикли - за адресою L, допоміжні технологічні команди - за адресою M, підготовчі функції - за адресою G (табл. 3,4-3.6). Обов'язковою умовою закінчення УП є наявність в останньому кадрі команди **M02**.

Позначення	Назва в режимі "діалог"	Зміст	Структура	Параметри структури циклу в режимі "діалог"
L01	РІЗЬБА	Цикл нарізання циліндричних та конічних різьб з автоматичним розподілом припуску на проходи	L01 F W X A P C	F ~ крок різьби, мм; W " довжина різьби, мм; X ~ внутрішній діаметр різьби, мм A - нахил різьби, для конічних різьб дорівнює Прирощенню діаметрів торцевих поверхонь, мм; 0 - для циліндричних різьб; P - максимальна глибина різання за один прохід,
02	КАНАВКА	Цикл прорізання канавок з автоматичним розподілом на проходи	L02 D X A P	D - витримка часу в кінцевому положенні різального інструменту (діаметр канавки X), с; X ~ внутрішній діаметр канавки мм
Позначення	Назва в режимі "діалог"	Зміст	Структура	Параметри структури циклу в режимі "діалог"
03	Н ПЕТЛЯ	Цикл однопрохідного зовнішнього точіння по координаті Z з автоматичним відскоком на 1 мм та поверненням на швидкому ході в початкову точку	L03 W	W - довжина петлі (з урахуванням знаку в прийнятій системі координат), мм;

L04	В ПЕТЛЯ	Цикл однопрохідного внутрішнього точіння (по координаті Z) з автоматичним відскоком на 1 мм та поверненням на швидкому ході в початкову точку	L04 W	W - див. W для L03
L05	Т ПЕТЛЯ	Цикл однопрохідного торцевого точіння (по координаті X) з автоматичним відскоком на 1 мм та повертанням на швидкому ході в початкову точку	L05 X	X - кінцевий діаметр торця, що підрізається, мм;

Закінчення табл. 3.4

Позначення	Назва в режимі „діалог”	Зміст	Структура	Параметри структури циклу в режимі „діалог”
L06	СВЕРДЛУ ВАННЯ	Цикл глибокого свердлування з автоматичним розподілом на проходи		L06 P W P - максимальна глибина свердлування за один робочий хід, мм; W - загальна довжина свердлування (з урахуванням знаку в прийнятій системі координат), мм;
L07	РІЗЬБА	Цикл нарізання різьби мітчиком або пласшкою	L07 F W	F - крок різьби, мм; W - довжина робочого ходу інструменту з урахуванням величин врізання та перебігу, мм;
L08	Ц ОБРОБКА	Цикл багатопрхідної обробки циліндричних заготовок з автоматичним розподілом припуску на проходи	L08 A P	A ~ припуск під чистову обробку, мм, якщо обробка кінцева, тобто без чистового робочого ходу, то A = 0 ; P - максимальна глибина різання по радіусу за один прохід, мм;
L09	П ОБРОБКА	Цикл багатопрхідної обробки поковок з автоматичним розподілом на проходи	L09 A P	A, P ~ див. для циклу L08
L10	Ч ОБРОБКА	Цикл чистової обробки по контуру із заданого номера кадру	В 01Г	В - номер кадру початку (повторення) опису контуру деталі: ознакою кінця опису контуру є функція MI 7 ;
L11	ПОВТО- РЕННЯ	Цикл повторення заданої ділянки програми	L11 N B	N - кількість повторень однакових елементів; B - номер кадру початку повторення.

Таблиця 3.5

Позначення та призначення допоміжних технологічних функцій

Позначення функцій	Призначення
моо	Зупинка, що програмується
мої	Зупинка, з підтвердженням
M02	Закінчення програми
M08	Включення охолодження
M09	Вимкнення охолодження
M17	Закінчення опису деталі для циклів L08, L09, L10
M18	Закінчення фрагменту УП, що буде повторюватись в циклі
M20	Передача управління роботу РТК

Таблиця 3.6

Позначення та призначення підготовчих функцій

Позначення функцій	Призначення
G05	Використовується для спряження елементів контуру, коли в кінці кадру не вимагається гальмування
G10	Задається перед кадрами, для яких необхідна постійна швидкість різання (частота обертання змінюється автоматично в залежності від діаметра обробки)
G11	Відміна дії функції G10

3.1 А. Програмування частоти обертання шпинделя, подачі та позиції інструменту

Частота обертання шпинделя задається за адресою **S**, після якої записують діапазон (**i, 2, 3**), знак напрямку обертання шпинделя і частоту обертання.

Знак "мінус" означає обертання шпинделя за годинниковою стрілкою. Запис **S3—1500** показує, що шпиндель обертається з частотою 1500 хв⁻¹ за годинниковою стрілкою.

Величину подачі робочого органу задають за адресою **F**.

Наприклад, запис - **F 0,25** показує, що подача складає 0,25 мм/об, запис **F1** - подача 1 мм/об.

Поворот різцетримача шестирізцевої автоматичної головки для встановлення інструменту в робочу позицію задають за адресою **T**,

після якої записують номер позиції.

Наприклад, запис T6 показує, що на робочу позицію необхідно встановити інструмент, що знаходиться в гнізді поворотного різцетримача, якому присвоєний номер шість.

3.1.5. Програмування лінійних переміщень

В залежності від нанесення розмірів на кресленні деталі і послідовності обробки лінійні переміщення можуть бути задані в абсолютній або відносній системах. Переміщення по осі X в абсолютній системі задається адресою X та координатою кінцевої точки шляху відносно нульової точки (нуля деталі - W). Координати в абсолютній системі по осі X задаються в діаметрах.

Запис кадру при лінійному переміщенні різця по координаті X в абсолютній системі для проточування зовнішньої кільцевої канавки до 20 мм (рис. 3.1, а) має вигляд:

N005 X20*,

а при проточуванні внутрішньої канавки (рис. 3.1, б) :

N005 X26*.

Без задания робочої подачі лінійне переміщення не реалізується, тому в одному з попередніх кадрів повинна бути задана подача.

У відносній системі переміщення по осі X задається адресою U і числовим значенням переміщення, що являє собою різницю координат кінцевої і початкової точок відносно нульової точки ($X_2 \sim X_f$). Якщо різець переміщується від оператора до шпинделя верстату, перед числовим значенням переміщення ставлять знак "мінус". Знак "плюс" завжди опускають.

При проточуванні зовнішньої канавки (рис. 3.1, в) переміщення різця дорівнює 18 мм ($2 \text{ мм} + 7 \text{ мм} - 2 = 18 \text{ мм}$). Запис кадру у відносній системі має вигляд:

N005 U-18*

Аналогічно для проточування внутрішньої канавки (рис. 3.1, г) запис кадру можна представити наступним чином:

N005 U18*.

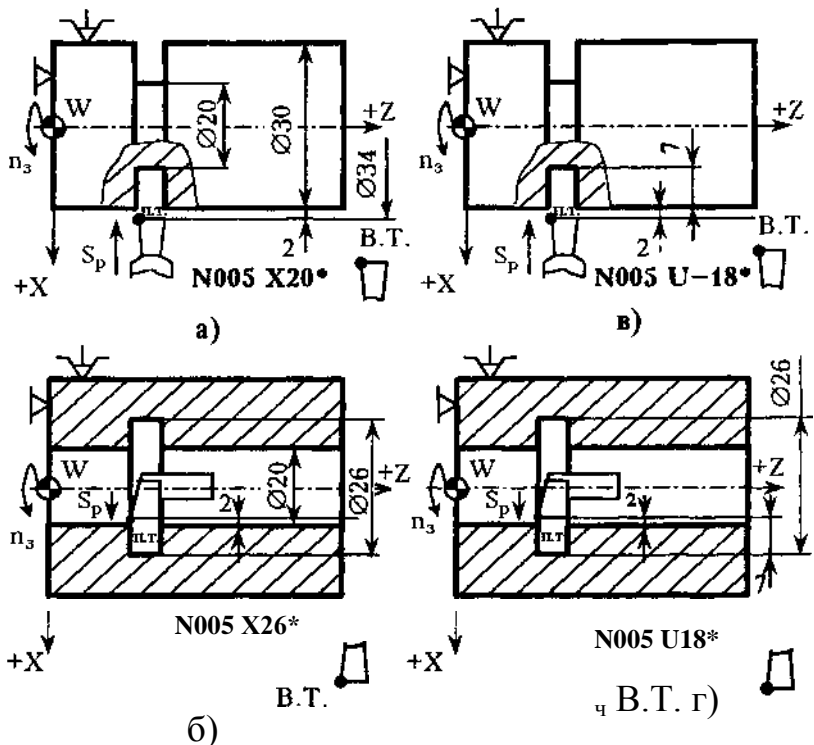


Рис. 3.1. Приклад програмування лінійних переміщень по осі X: а, б - в абсолютній системі; в, г - у відносній системі.

Переміщення по осі Z в абсолютній системі задаються адресою Z і координатою кінцевої точки шляху з її знаком відносно нульової точки. Переміщення по осі Z у відносній системі задається за адресою W. Числове значення переміщення дорівнює приросту координат сусідніх опорних точок ($Z_2 \sim Z_j$).

Напрямок руху в обох системах визначається відповідним знаком. В абсолютній системі ставиться знак координати, в яку виконується переміщення. У відносній системі перед числовим значенням переміщення ставиться знак "мінус", якщо переміщення відбувається в сторону, протилежну позитивному напрямку осі.

Наприклад, переміщення різця до точки з координатами

$X = 40$ мм, $Z = 30$ мм (рис.3.2) записується кадром:

- в абсолютній системі
N008 Z30*;
- у відносній системі
N008 W - 51°.

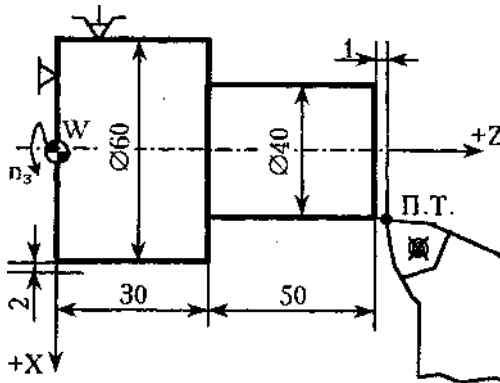


Рис. 3.2. Ескіз валика для ілюстрації програмування лінійних переміщень по осі Z в абсолютній і відносній системах

4-В.Т.

Управляюча програма з лінійними переміщеннями, що записані в абсолютній системі для заготовки з прокату 058 мм при $S = 0,3$ мм/об, $n = 500$ хв⁻¹ (рис. 3.3), приведена нижче:

N001 S2 500 F0,3 Ti Другий діапазон, $\pi = 500$ хв

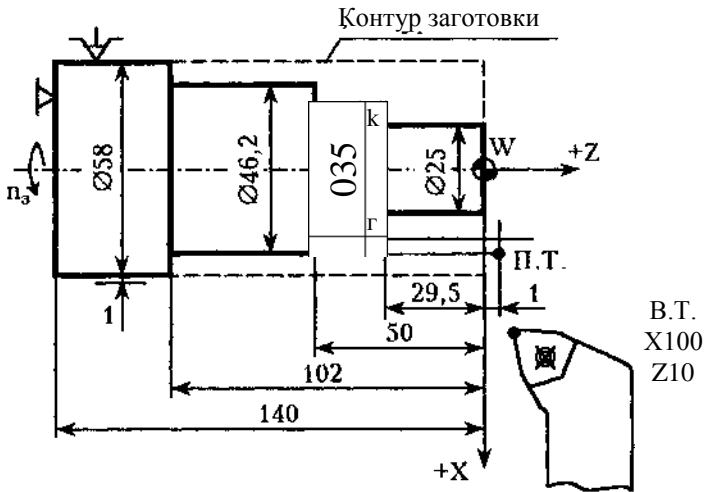


Рис. 3.3. Ескіз валика з нанесенням розмірів для програмування обробки в абсолютній системі

- $S = 0,3$ мм/об; різцетримач встановлюється в першу позицію.
- N002 X46,2 Z1E*** Підхід різця до п.т. **X46,2** на швидкому ході (1 ступінь).
- N003 Z—102*** Точіння 046,2 мм на довжину 102 мм.
- N004 X60*** Відведення різця по осі X на робочій подачі до 060 мм.
- N005 Z1E*** Відведення різця по осі Z на швидкому ході.
- N006 X39 E*** Підведення різця до точки **X39** на швидкому ході (1-й робочий хід по 2-ій ступені).
- N007 Z-50*** Точіння 039 мм на довжину 50 мм.
- N008 X48*** Відведення різця по осі X на робочій подачі до 048 мм.
- N009 Z1E*** Відведення різця по осі Z на швидкому ході.

- N010 X35E*** Підведення різця до точки **X35** (2-ий робочий хід на 2-ій ступені).
- N011 Z-50*** Точіння 035 мм на довжину 50 мм.
- N012 X48*** Відведення різця до 048 мм.
- N013 Z1E*** Відведення різця по осі **Z** на швидкому ході.
- N014 X25E*** Підведення різця до 0 25мм на швидкому ході (3-я ступінь).
- N015 Z—29,5*** Точіння 025 мм на довжину 29,5 мм.
- N016 X37*** Відведення різця до 037 мм.
- N017 M02*** Кінець програми (зупинка обертання, відведення різця на швидкому ході в початкове положення спочатку по осі **X**, потім по осі **Z**).

Управляюча програма для обробки заготовки із штамповки при $S = 0,3$ мм/об , $n = 500$ хв⁻¹ (рис. 3.4) у відносній системі має такий вигляд:

Контур заготовки / —_ч

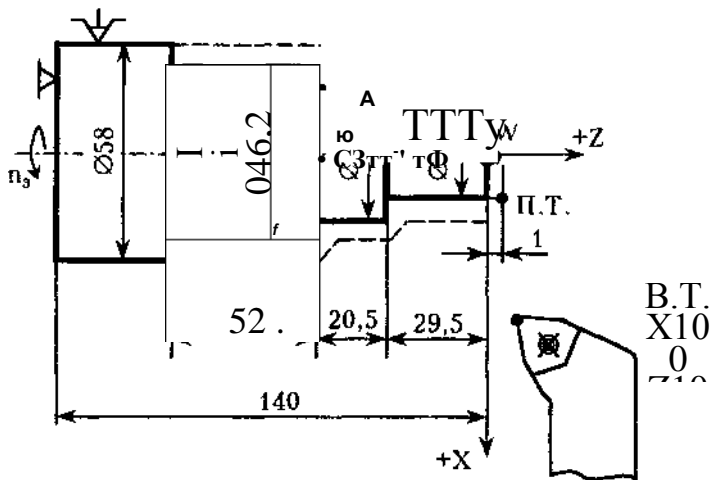


Рис. 3.4. Ескіз валика з нанесенням розмірів для програмування обробки в відносній системі

—~1

N001 S2 500 F0,3 TV

N002 X2S Z1E*

N003 W-30,5*

Точіння 035 мм

N004 U10*

N005 W-20,5*

Точіння 046,2 мм

N006 U11,2 *

N007 W—52*

Точіння 060 мм

N008 U13.8*

N009 M02*

3.1.6. Програмування обробки конічних поверхонь і зняття фасок під кутом 45°

При програмуванні обробки конічних поверхонь лінійні переміщення по осях X і Z задають в одному кадрі. УП для обробки деталі, що має прямий і зворотний конус (див. рис. 2.9), наведена нижче:

N001 S3 600 F0, 25T1* Третій діапазон, частота обертання

шпинделя 600 хв¹, робоча подача 0,25 мм/об, різець № 1.

N002 Z5 X40 E*

Підхід різця до точки 1 з координатами $Z=5$, $X=40$ на швидкому ході.

N003 ZO*

Переміщення різця на робочій подачі в точку з координатами $X=40$, $Z=0$. Рух вершини різця по контуру прямого конусу на робочій подачі.

N004 X52 Z - 30*

Рух вершини різця по контуру зворотнього конусу на робочій подачі, переміщення по координаті Z задано у відносній системі.

N005 X40 W-30*

N006 M02*

Кінець програми; повернення різця в п. т.

Якщо вершина різця має закруглення, то при переході від циліндричної поверхні до конічної по осях X і Z виконуються корекція на координати кінцевої опорної точки.

Операцію зняття фаски під кутом 45° задають кадром, в якому вказують наступні дані:

- координату, по якій виконується обробка деталі (X або Z);

- числове значення координати кінцевої точки переміщення зі знаком, що вказують напрямок переміщення;
- адреса C;
- число, що визначає величину фаски.

Знак перед числом під адресою C відповідає знаку обробки на координаті X. Напрямок по координаті Z задають тільки зі знаком "мінус". Приклади програмування зняття фасок наведені на рис. 3.5. , 3. 6.

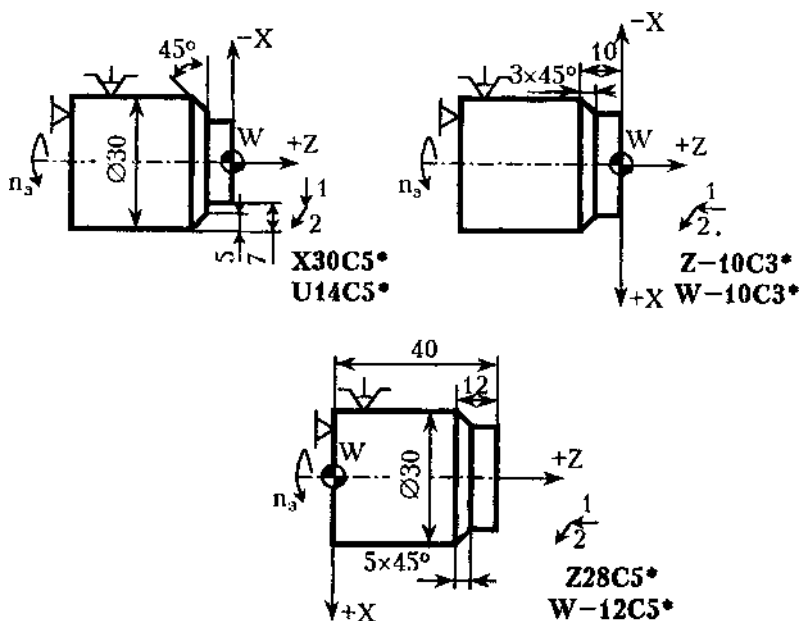


Рис. 3.5. Приклад запису в кадрах УП обробки фасок при зовнішньому точінні:

- 1 - рух, що передує обробці фаски;
- 2 - напрямок руху по осі X при обробці фаски.

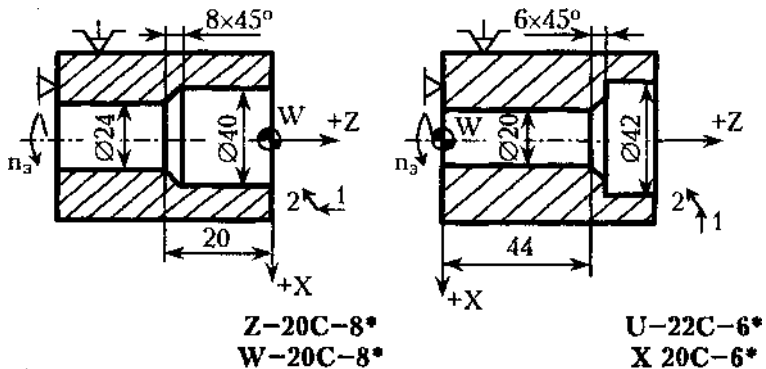


Рис. 3.6. Приклади запису в кадрах УПІ розточування фасок:

- 1 - напрямок руху, що передує обробці фаски;
- 2 - напрямок руху по осі X при обробці фаски

3.1.7. Програмування обробки по дузі кола

Кадр УП, по якому програмують обробку галтелі і скруглення, містить наступні дані:

- позначку координати, по якій проходить обробка деталі перед галтеллю або скругленням (X або Z);
- числове значення координати кінцевої точки переміщення зі знаком, що вказують напрямок переміщення;
- адреса Q;
- числове значення радіусу галтелі або скруглення.

Знак перед числовим значенням під адресою Q повинен співпадати зі знаком обробки по координаті X. Напрямок по координаті Z задають тільки зі знаком "мінус".

Приклади запису обробки галтелей і скруглень в кадрах в абсолютній і відносній системах дані на рис. 3.7.

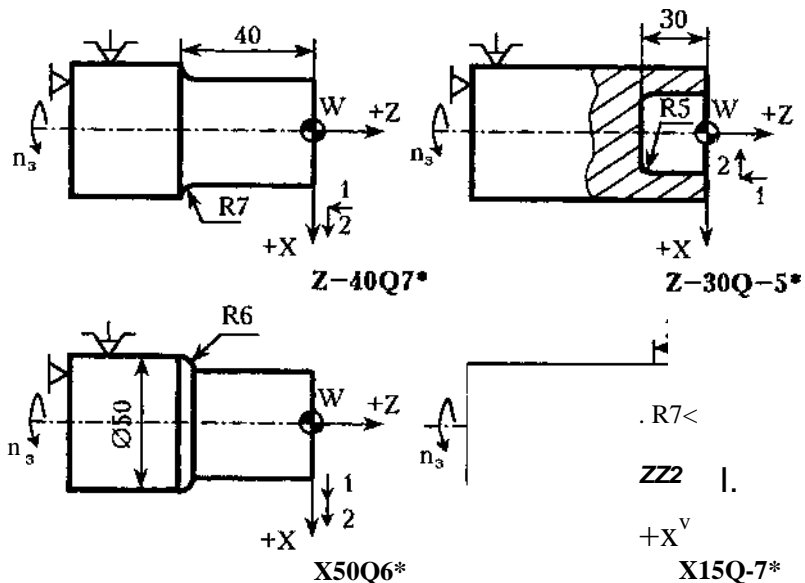


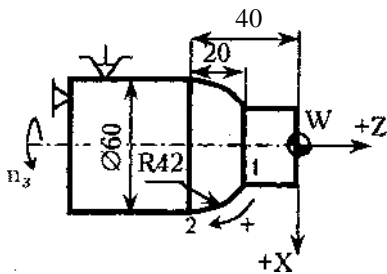
Рис. 3.7. Приклади запису в кадрах УП обробки галтелей і скруглення:

- 1 - напрямок руху до галтели або скруглення;
- 2 - напрямок галтели або скруглення по осі X

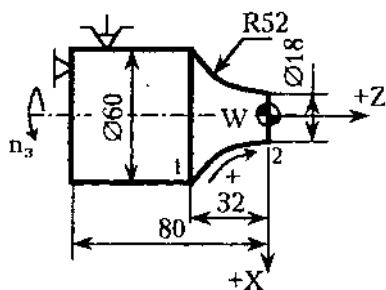
Кадр УП, яким програмують обробку дуг, містить:

- позначку координат кінцевої точки дуги (X і Z);
- числові значення координат кінцевої точки дуги в абсолютній або у відносній системах;
- адресу R ;
- числове значення радіусу дуги зі знаком "плюс" при обробці за годинниковою стрілкою, "мінус" ~ проти годинникової стрілки.

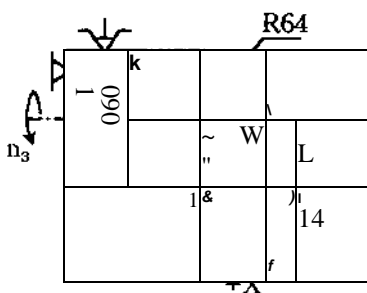
Приклади запису обробки дуг в кадрах наведені на рис. 3.8, 3.9.



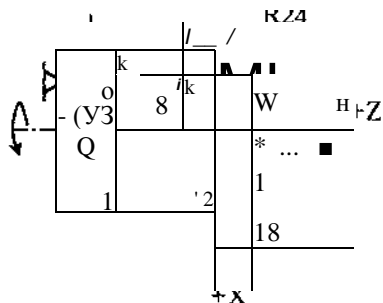
X60W-20R42*
або **X60Z-40R42***



X18Z0R52* або **U-42W32R42***

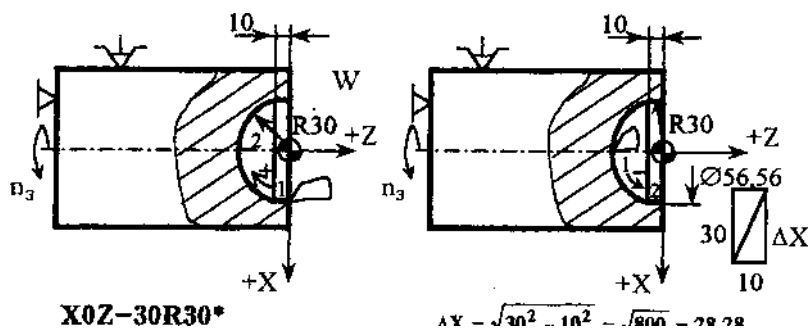


U—28W26R64*
або **X32Z0R64***



X80Z-18R-24* або
U16W-18R-24*

Рис. 3.8. Приклади запису в кадрах УП обробки зовнішніх поверхонь по дузі кола (в межах кута, меншого 90°)



X0Z-30R30*
 або U-56,56W-20R30*

на — JUV — IV — >vvv — *лицьи*
X=28,28x2=56,56 X56,56Z-10R—
30* або U56.56W20R-30*

Рис. 3.9. Приклади запису в кадрах УП обробки внутрішніх поверхонь по дузі кола (в межах кута, меншого 90°)

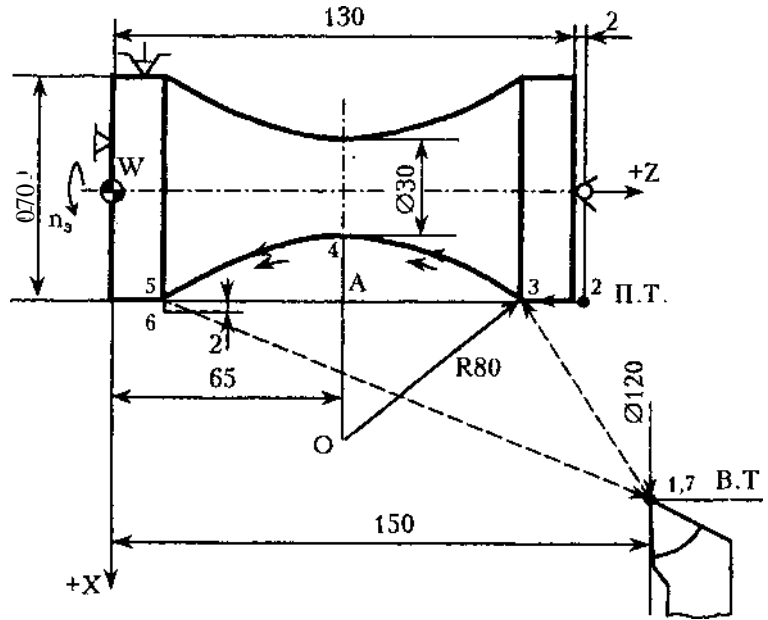


Рис. 3.10. Ескіз деталі і циклограма руху інструменту при обробці фасонної (радіусної) поверхні
 УП чистової обробки фасонної поверхні деталі (рис. 3.10)

контурним різцем наведена в абсолютній системі. Частота обертання шпинделя складає 372 хв^{-1} , подача - $0,53 \text{ мм/об}$. Вихідна точка з координатами $Z = -150 \text{ мм}$; $X = 120 \text{ мм}$. Відрізок $OA = 80 - 20 = 60 \text{ (мм)}$;

$$A3 = A5 = l/80^2 - 60^2 = 52,9 \text{ (мм)}.$$

Запис УП має наступний вигляд:

N001 S2 372F0,53 Ti* Другий діапазон, $n = 372 \text{ хв}^{-1}$

$S = 0,53 \text{ мм/об}$, різцетримач встановлюється в першу позицію.

N002 X70 Z132 E* Підведення до т. 2 на швидкому ході.

N003 Z 117,9 • Переміщення в т. 3 на робочій подачі.

N004 X30 Z65 R—80 G05* Переміщення по $R80 \text{ мм}$ з т. 3 в т. 4, відміна гальмування в точці спряження дуг.

N005 X70 Z12,1 R—80* Переміщення по $R80 \text{ мм}$ з т. 4 у т. 5.

N006 X74* Переміщення в т. 6.

N007 M02* Кінець програми, відведення в в.т.(7)

Цю ж УП у відносній системі координат можна записати наступним чином:

N001 S2 372 F0,53 TI*

N002 U—50 W—18E*

N003 W-14,1*

N004 U-40 W-52,9 R-80 G05*

N005 U40 W-52,9 R-80*

N006 U4*

N007 M02*

Для укладання УП обробки фасонної поверхні деталі з двома сферичними поверхнями (рис. 3.11, а) при $n=600 \text{ хв}^{-1}$, $S = 0,25 \text{ мм/об}$ спочатку слід визначити розмір 8 , не заданий кресленням. З трикутника $AOj3K$ (рис. 3.11, б) знаходять

$$R - 8 = l/R^2 - 10^2 = \sqrt{22^2 - 10^2} = 19,6 \text{ мм};$$

$$5 = R - 19,6 = 22 - 19,6 = 2,4 \text{ мм.}$$

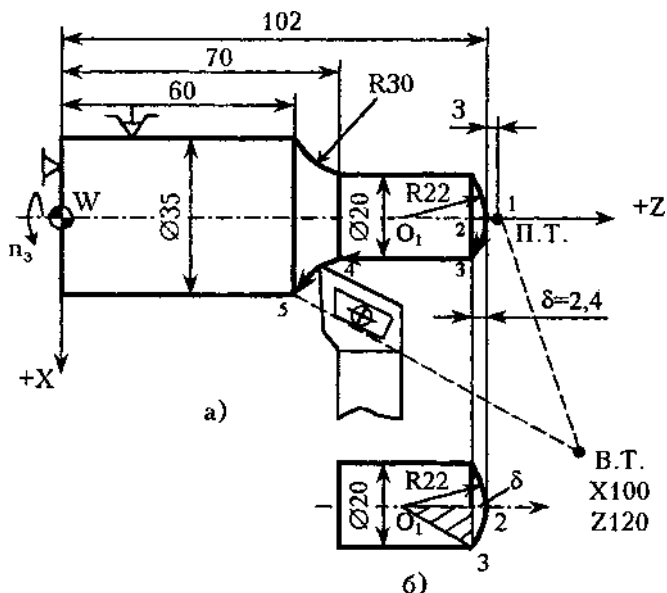


Рис. 3.11. Ескіз деталі і циклограмма руху інструменту при обробці деталі з двома сферичними поверхнями*, а - схема деталі;
б -- геометрична побудова для визначення розміру 8

Запис УП наведений нижче:

- | | |
|-------------------------------|--|
| N001 S3 600 F 0,25 T1* | Третій діапазон, $n = 600 \text{ хв}^{-1}$,
$S = 0,26 \text{ мм/об}$, різцетримач встановлюють в першу позицію. |
| N002 XO Z105 E* | Підведення до т., 1 на швидкому ході. |
| N003 Z102* | Переміщення різця до т. 2 на робочій подачі. |
| N004 X20 W-2,4 R22* | Точіння по дузі R22 мм (дуга 2-3). Точіння в розмір 070 мм (точки 3-4). |
| N005 Z70* | |
| N006 X35 Z60 R-30* | Точіння по дузі R 30 мм (дуга 4 - 5) |
| N007 M02* | Кінець програми, відведення в в.т. |

3.1.8. Цикл нарізання різьби L01

Нарізання різцем циліндричних і конічних різьб з автоматичним розподілом на проходи програмують постійним циклом **L01**.

Перед програмуванням нарізання різьби задають початкову точку циклу з наступними координатами:

X - дорівнює зовнішньому діаметру різьби при нарізанні зовнішньої різьби і внутрішньому при нарізанні внутрішньої різьби;

Z - дорівнює значенню координати початку нарізання різьби, збільшеному на величину, рівну або більшу подвійному кроку різьби (для забезпечення розгону при- воду).

Структуру циклу записують наступним чином:

L01, F, W, X, A, P, C,

де F - крок різьби;

W ~ довжина різьби, програмується зі знаком

X - внутрішній діаметр різьби, визначається за довідничковими таблицями для різьб;

A - нахил різьби, програмується без знаку, тобто:

- для конічної поверхні це ~ різниця діаметрів;
- для циліндричної різьби $A = 0$;

P ~ максимальна глибина різання за один прохід (на радіус):

- при багатопрхідному циклі параметр P приймають меншим глибини різьби ;
- при однопрхідному циклі P приймають рівним глибині різьби.

C ~ збіг різьби:

- **C1** означає, що збіг дорівнює кроку різьби;
- **C0** - збіг відсутній.

При багатопрхідному циклі нарізання різьби перед кожним черговим робочим ходом різець автоматично зміщується по координаті Z ліворуч або праворуч для того, щоб відбувалося різання однією кромкою різця. На останньому робочому ході різець працює двома кромками. На останньому витку здійснюється вихід різця (різьба із збігом).

Фрагмент УП з проточуванням канавки (рис. 2.24) наведений нижче:

N011 S3 600 F0,4 T3* Третій діапазон, технологічні параметри $n = 600 \text{ хв}^{-1}$; $S = 0,4 \text{ мм/об}$; різцетримач встановлюється в третю позицію.

N012 X38 Z4,5 E* Підведення різця до зони різання на швидкому ході. Між торцем деталі і вершиною різця відстань AZ складає $4,5 \text{ мм} > 2F$.

Різець встановлюють в початкову точку циклу, включають подачу ЗОР.

N014 L01 F1,5 W-52 X34,08 AO P0,4 C0*

Крок різби складає $1,5 \text{ мм}$, величина переміщення різця з урахуванням виходу в канавку $\sim 52 \text{ мм}$, внутрішній діаметр різби - $34,08 \text{ мм}$;

A0 - нахил відсутній;

P \sim глибина різання за перший прохід (на радіус) складає $0,4 \text{ мм}$;

C0 \sim без збігу,

Фрагмент УП для **P** = 2нарізання конічної різби з кроком мм , **AZ** = $5,8 \text{ мм}$, наведений нижче:

N013 X19,84 M08*

N014 L01 F2 W-77,8 X17,8 A6 P0,45 C1*

Тут **A6** - прирощення діаметрів конічної різби ($26 - 20 = 6 \text{ мм}$);

C1 - збіг, рівний кроку **P** = 2 мм .

3.1.9. Цикл проточування канавок L02

УП проточування канавок з автоматичним розподілом на проходи виконують за постійним циклом **L02**.

Структура циклу має вигляд:

L02, D, X, A, P,

де **D** - витримка часу (с) в кінці робочого ходу ;

X \sim внутрішній діаметр канавки, мм ;

A - ширина канавки, мм ;

P - ширина різальної кромки різця, $\text{мм}/$

Цикл включає:

- переміщення різця на робочій подачі до координати X;
- витримку часу (адреса D);
- повернення різця у початкову точку на швидкому ході;
- зміщення по координаті Z в додатному напрямку на величину P (процес повторюється стільки разів, скільки потрібно для досягнення ширини канавки A).

Для обробки канавки з перекриттям параметр P задають меншим шириною різця, а параметр A зменшують на цю різницю ($A - P$).

Для однопрохідної канавки параметр P «= A. Цикл завершується прискореним відведенням інструменту по осі X в початкову точку. Причому по осі Z різець залишається в точці останнього робочого ходу.

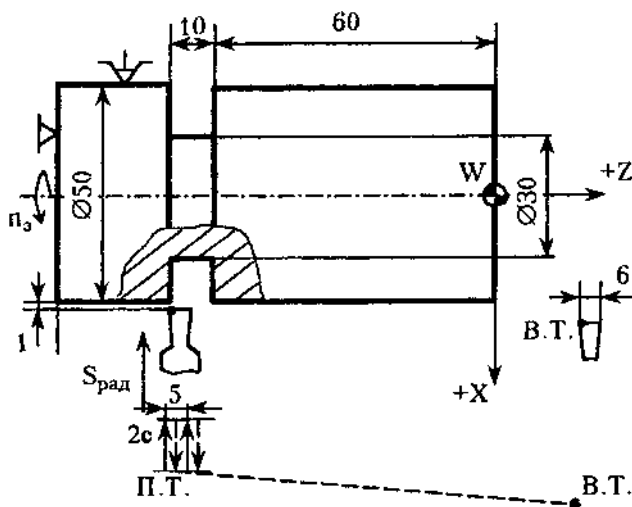


Рис 3.12. Схема для ілюстрації програмування проточування канавки L02

Фрагмент УП із проточуванням канавки (рис. 3.12) наведений нижче :

N009 S2 700 F0,5 T2* Другий діапазон, технологічні параметри: $\pi = 700 \text{ хв}^{-1}$, $S = 0,5$ мм/об; різцетримач встановлюється в другу позицію.

N010 X56 Z—60E*	Підведення різця до зони обробки на швидкому ході.
N011 X52*	Встановлення різця в п. т. циклу
N012 L02 D2 X30 A19 P5*	Проточування канавки з внутрішнім ϕ 30 мм, шириною 10 мм, різцем з шириною кромки 6 мм, витримка часу в кінці робочого ходу - 2 с.
N013 M02*	Повернення в в.т., кінець програми.

3.1.10. Цикли однопрохідного зовнішнього і внутрішнього точіння за схемою "петля" L03, L04

Однократне зовнішнє або внутрішнє точіння заготовки по координаті Z з автоматичним поверненням в початкову точку програмується постійними циклами **L03** і **L04**. Структура цих циклів має наступний вигляд:

L03 (L04), W,

де W - довжина петлі.

Цикли включають:

- ~ переміщення на робочій подачі на величину W з урахуванням знаку;
- швидке відведення (відскок) наї мм по осі X;
- повернення на швидкому ході в п. т.

Запис УП для зовнішнього точіння (рис. 3.13) із застосуванням циклу L03 (зовнішньої "петлі") має наступний вигляд:

N001 S3 1100 F0,3 T1* Третій діапазон, технологічні параметри: $n = 1100 \text{ хв}^{-1}$, $S = 3 \text{ мм/об.}$

N002 X40 Z3 E*
 N003 L03 W-53*

Підхід доп. т. циклу 1.
 Переміщення з т. 1 в т. 2 на робочій
 подачі, відскок на 1 мм, відведення на
 швидкому ході в т. 1.
 Зупинка шпинделя, кінець програми,
 повернення в п. т.

N004 M02*

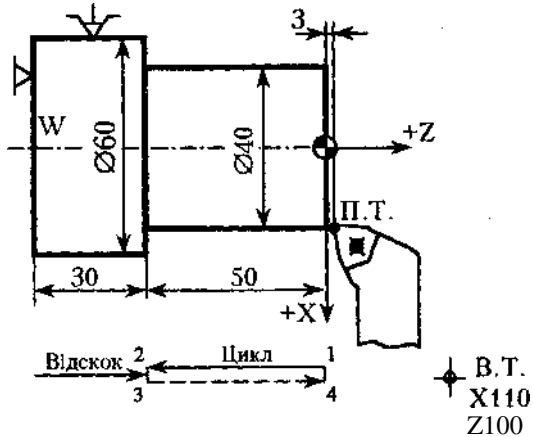


Рис. 3.13. Схема деталі для ілюстрації програмування
 зовнішнього точіння деталі (цикл L03)

Запис УП для розточування (рис. 3.14) із застосуванням циклу L04
 (внутрішньої "петлі") має наступний вигляд:

N001 S3 600 F0,3 TI •

Третій діапазон $n = 600 \text{ хв}^{-1}$, $S = 0,3$
 мм/об.

N002 X24 Z3 E*
 N003 L04 W-54*

Підхід до п. т. циклу.
 Переміщення з т. 1 в т. 2, відскок на 1 мм
 в т. 3, переміщення з т. 3 в т. 4, а після
 цього в т. 1 на швидкому ході.

Кінець програми, повернення в п. т.

N004 M02*

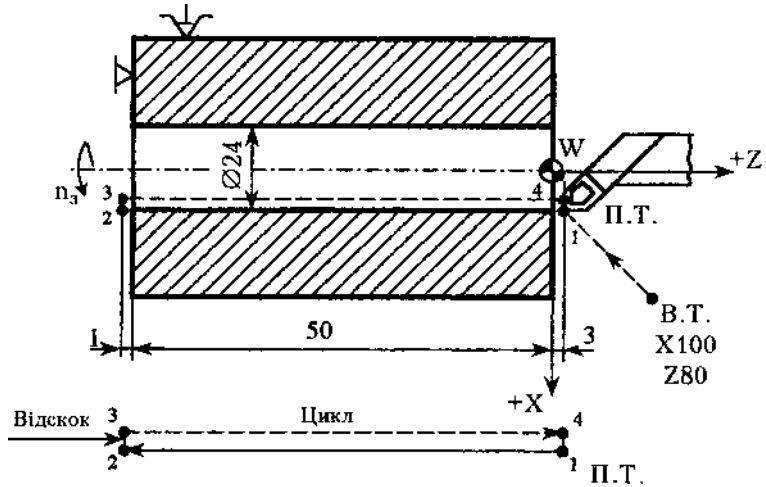


Рис. 3.14. Схема для ілюстрації програмування розточування деталі (цикл L04)

3.1.11. Цикл однократної торцевої обробки за схемою "петля" L05

Однократне підрізання торців з автоматичним поверненням в початкову точку програмується постійним циклом L05.

Структура постійного циклу має вигляд:

L05, X,

де X - кінцевий діаметр торця, що підрізається.

Цикл L05 містить:

- переміщення на робочій подачі по осі X до заданого діаметру;
- відскок на 1 мм по координаті Z в додатну сторону;
- ~ повернення на швидкому ході в п. т. ("торцева петля").

В процесі обробки по мірі зміни діаметру відбувається автоматичне безступінчасте регулювання частоти обертання шпинделя з метою підтримання постійності заданої швидкості різання, якщо до циклу **L05** була задана функція **G10**.

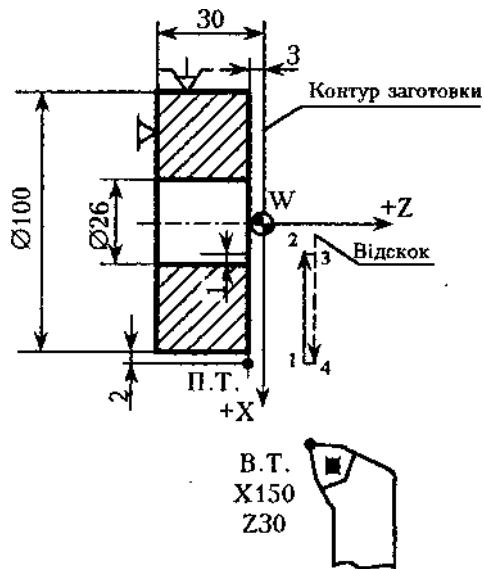


Рис. 3.15. Схема деталі для ілюстрації програмування торцевої обробки деталі (цикл LOS)

Запис УП обробки торцевої поверхні деталі (рис. 3.15) наведена нижче:

N001 S3 700 F0,25 Ti*	Третій діапазон, $n = 700$	$хв^{n1}$,
N002 XI04 Z-3 E*	$S = 0,25$ мм/об.	
N003 G10*	Підхід до п. т. циклу 1.	
N004 L05 X24*	Задання постійної швидкості різання.	
	Підрізання торця на робочій подачі	
	(переміщення з і в 2), відскок на 1мм (3),	
	відведення на швидкому ході в т. 4 і 1.	
	Кінець програми, повернення в п. т.	
N005 M02*		

3.1 .12. Цикл глибокого свердлування L06

Глибоке свердлування отвору виконують з періодичним виведенням свердла для його охолодження і зняття напружень поздовжнього згину.

Програмування такої обробки виконується із застосуванням постійного циклу глибокого свердлування з автоматичним розподілом на проходи ~ **L06**.

Структура циклу глибокого свердлування має наступний вигляд:

L06, P, W, де W - довжина отвору, програмується із знаком

P - максимальна глибина різання за один прохід (на радіус) :

- при багатопрохідному циклі параметр P приймають меншим глибини різьби ;
- при однопрохідному циклі P приймають рівним глибині різьби.

Цикл включає:

- переміщення на робочій подачі на величину P , повернення на швидкому ході в п.т.;
- ~ переміщення на швидкому ході в точку, що відстає від точки попереднього свердлування на 3 мм;
- переміщення на робочій подачі на величину $(P+3)$ мм і т. д. до досягнення необхідної глибини свердлування W (рис. 3.16).

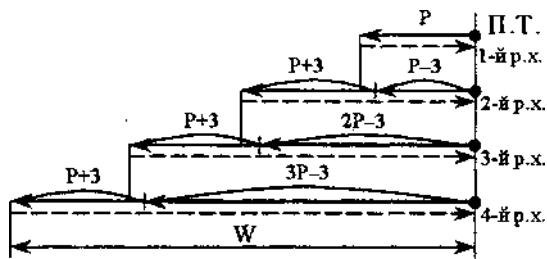


Рис. 3.16. Схема автоматичного циклу глибокого свердлування **L06**
Фрагмент УП для глибокого свердлування наведений нижче:

N007 S2 400 F0,3S T2* Другий діапазон, $n = 400 \text{ хв}^1$,
 $S = 0,35 \text{ мм/об}$.

N008 XO Z6 E* Підхід на швидкому ході до п.т. циклу.

N009 L06 P45 W-180* Свердлування на глибину 45 мм за один прохід (загальний шлях проходження свердла 180 мм).

N010 M02*

Кінець програми.

3.1.13. Цикл нарізання різьби мітчиком або плашкою L07

Для програмування нарізання внутрішньої різьби мітчиком та зовнішньої різьби плашкою застосовують постійний цикл **L07**.

Структура циклу має наступний вигляд:

L07, F, W,

де F - крок різьби;

W - загальний шлях проходження інструменту (з урахуванням повітряного "зазору" - врізання і перебігу інструменту).

Цикл включає наступні дії:

- переміщення різального інструменту на величину W при подачі, що дорівнює кроку **F**;
- реверс обертання шпинделя;
- повернення в п. т.

Фрагмент УП нарізання різьби мітчиком наведений нижче:

N015 S2 120 T3*

Другий діапазон, $n = 120 \text{ хв}^{-1}$; виклик мітчика на робочу позицію (інструмент T3).

N016 XO Z3 E*

Підхід до п. т. циклу.

N017 L07 F1,5 W-53*

Нарізання різьби з кроком 1,5 мм на довжину 50 мм (загальний робочий хід інструмента 53 мм).

N018 M02*

Кінець програми.

3.1 Л4. Цикли багатопрохідної обробки L08, L09

Багатопрохідна обробка циліндричних заготовок або заготовок з контуром, близьким до кінцевого, наприклад, поковок, з автоматичним розподілом на проходи програмується відповідно циклами **L08** і **L09**.

Структура постійних циклів L08 і L09 має наступний вигляд:

L08 (L09), A, P,

де **A** - припуск під чистову обробку в мм (якщо чистовий робочий хід не задається, то $A = 0$);

P - максимальна глибина різання, мм, за один робочий хід' (на сторону).

Цикли L08 і L09 застосовують при обробці деталей з діаметром, що збільшується при зовнішній обробці, або, що зменшується, при внутрішній обробці. Після програмування кадру, що містить ці цикли, необхідно запрограмувати опис кінцевого контуру деталі, що може складатися з одного або декількох кадрів, але не більш п'ятнадцяти. Кадри з фасками і галтелями вважаються за два.

Деталь описують в сторону шпинделя. Ознакою закінчення опису деталі є функція M1 7. Припуск під чистову обробку по осі Z визначається шляхом ділення заданого припуску по діаметру на чотири. Початковою точкою циклу L08 є правий торець заготовки.

УП для обробки східчастого циліндричного валика за циклом L08 (рис. 3.17.) наведена нижче:

N001 S2 500 F0,3 T1*

Другий діапазон, $n = 500 \text{ хв}^{-1}$, $S = 0,3$ мм/об, різцетримач встановлюється в першу позицію.

N002 X80 Z2 E*

Швидкий підхід до п.т. циклу.

N003 Z0*

Підведення до п.т. циклу.

N004 L08 A0 PS*

Багатопрохідна обробка (припуск під чистову обробку $A = 0$ мм, глибина різання $P = 5$ мм).

N005 X20 C2*

Обробка фаски $2 \times 45^\circ$ (т. 2) Підведення в т. 3.

N006 Z-50*

N007 X40*

N008 Z-110 Q3*

N009 X84 M17*

N10 M02

Підведення в т. 4.

Обробка галтелі R3 (т. 5).

Відведення в т. 6, кінець опису деталі - M17.

Кінець програми, повернення в В.Т.

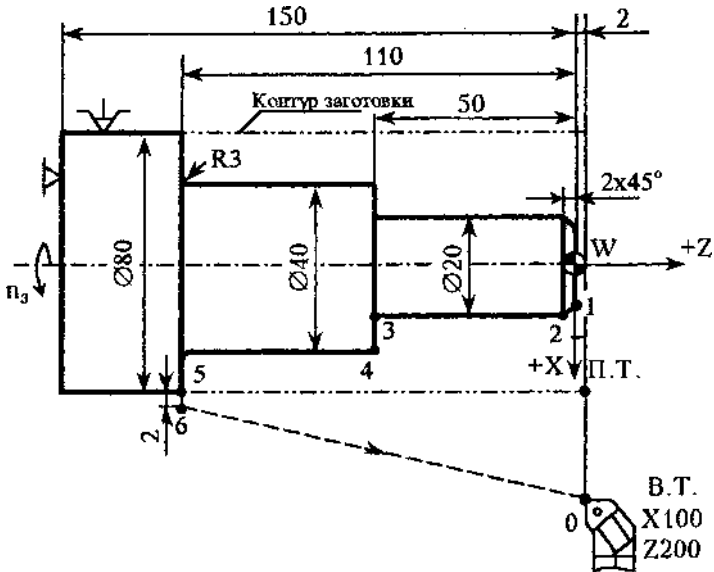


Рис. 3.17. Схема, що ілюструє чорнове і чистове точіння за циклами L08, L10

Для визначення координат початкової точки циклу L09 необхідно спочатку обчислити величини максимальних припусків по довжині, на сторону і на діаметру. Якщо чотирикратний припуск по довжині більше припуску по діаметру, то координату Хд.т і знаходять як суму діаметру правого торця і чотирикратного припуску по довжині, а координату $Z_{п.Т.} \sim \text{як } C_{УМ} \text{У}$ координат Z торця і припуску по довжині на сторону.

Коли чотирикратний припуск по довжині на сторону менший, ніж припуск по діаметру, то координатою Хд.т. є сума діаметру правого торця і припуску на діаметру, а координатою $Z_{п.Т.}$ - сума координати Z торця і припуску по діаметру, поділеному на чотири. Наприклад, для заготовки (рис. 3.18) чотирикратний припуск

по довжині на сторону дорівнює 20 мм, тобто більше припуску на діаметр. Отже, координата Хп.т. буде дорівнювати 80 мм ($60 + 20 = 80$ мм), а координата 2п.т. ~ 5 мм.

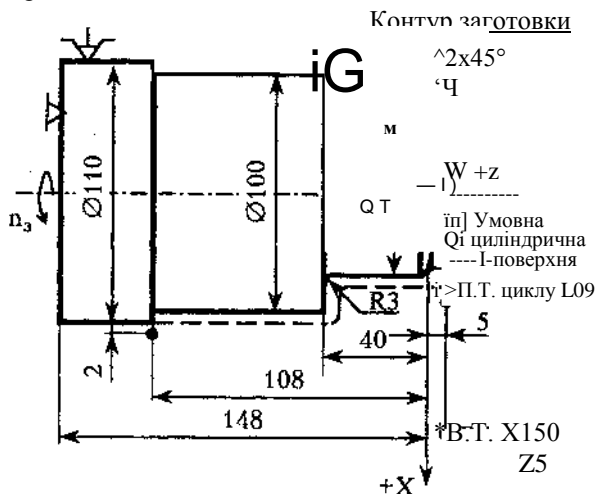


Рис. 3.18. Схема до програмування зовнішнього точіння канавки (цикл L09)

Якщо кінцевий контур деталі починається з фаски, галтелі або конуса, необхідно програмувати перед циклом L09 умовний циліндричний східець на довжині припуску за координатам X і Z (рис. 3.18).

УП для обробки циліндричного східця із застосуванням циклу L09 (рис. 3.18) має вигляд:

N001 S2 600 F0,5 T1*

N002 X80 Z5 E M08*

N003 G10*

N004 L09 AO P3*

N005 X56* N006 Z0*

N007 X60 C2*

N008 Z—40 Q3*

N009 X100*

Задання технологічних параметрів.

Підхід, різця до початкової точки циклу L09, включення подачі ЗОР.

Задання постійної швидкості різання.

Задання максимальної глибини різання 3 мм на радіус.

Умовний циліндричний східець.

Програмування фаски 2x45°.

Обробка 060 мм і галтелі R3 мм.

Підрізання виступа до 0100 мм.

N010 Z—108*	Обробка 0100 мм.
N011 X114 M17*	Підрізання виступа до 0114 мм, кінець опису деталі.
N012 Z0 E*	Відхід по осі Z на координату Z = 0 (швидкий хід).
N013 X62 E*	Підведення по осі X на координату X62 (швидкий хід).
N014 X0 F0.25*	Підрізання торця.
N015 Z1 E M09*	Відхід на координату Z = 1 , вимкнення подачі ЗОР.
N016 M02*	Кінець програми.

3 Л. 15. Цикл чистової обробки по контуру із заданого номера кадру L10

В тих випадках, коли при обробці з одного установу виконується чорнове і чистове точіння (в одній УП), для спрощення програмування і зменшення обсягу УП застосовують постійний цикл чистової обробки по контуру із заданого кадру **L10**. В цьому випадку чистова обробка виконується по програмі для чорнової обробки.

Структура циклу має вигляд :

L10, B,

де **B** ~ номер кадру початку повторення опису контура деталі.

В першу чергу необхідно запрограмувати п.т. циклу, координати якої повинні співпадати з координатами початку кінцевого контура.

Признаком закінчення опису контура деталі для циклу **L10** є функція **M17**.

Запис УП для обробки деталі (рис. 3.17) з чорновим і чистовим точінням (цикли **L08** та **L10**) наведена нижче:

N001 52 500 F0,3 Ti*			
N002	X80	Z2	E*

**N012 X16 E* N013 L10
B5***

Задання чистової обробки з кадрю
N005.

N014 M02*

N003 Z0*

N004 L08 A1 P5*

Задання чернкової обробки.

Припуск на чистову обробку 1 мм
(діаметральний) **A1.**

N005 X20 C2*

N006 Z-50*

N007 X40*

N008 Z-110 Q3*

N009 X84 M17*

N010 S2 1000 F0,1 T2*

N011 Z0 E°

3.1.16. Цикл повторення частини програми L11

Якщо однакові елементи розміщені на деталі через рівномірні проміжки (мають постійний крок), то їх програмування значно спрощується при застосуванні постійного циклу **L11.**

Структура циклу має наступний вигляд:

L11.H, B,

де H - кількість повторень однакових елементів.

Ознакою кінця частини програми, що буде повторюватися в циклі **L11,** є функція **M18.**

Фрагмент УП з застосуванням циклів **L11** наведений нижче:

N005 S2 300 F0,1 T2*

N006 X84 Z0 E*

N007 F1,5 W-25 E*

Частина УП, що описує проточування канавки (цикл **L02**) з наступним зміщенням по осі Z на 25 мм для задання циклу **L11.**

N008 F0.1 X80,5*

N009 L02 D0,5 X60 A12 P4* рюється в циклі **L11 N010 X84 W-8 F1,5 M18***

N011 L11 H2 B7*

Кінець частини УП, який повто-

рюється в циклі **L11** цикл **L11**: число повторень - 2, початок повторення з кадрю 7.

N012 W—4*

N013 F0,5 U-16 W4*

N014 X84 E*

N015 F1,5 W25 M18*

N016 Lil H3 B12*

Частина УП, що описує точіння скосу та враховує зміщення по осі Z на 25 мм для наступного задання циклу **L11**.

Кінець частини УП, що буде повторюватись в циклі **L11**.

Цикл **L11**: число повторень - 3, початок повторення з кадру 12.

3.2. Обладнання та інструменти

1. Токарно-гвинторізний верстат мод 16K20ФЗРМ132 з ОС ЧПУ 2P22.
2. Установчо-затискні пристосування для базування та затиску оброблюваних заготовок.
3. Комплект різальних інструментів для обробки поверхонь обертання.

3.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з призначенням та технологічними можливостями токарно-гвинторізного верстата мод. 16K20ФЗРМ132 з ОС ЧПУ 2P22.
2. Вивчити принципи кодування УП на верстаті мод. 16K20ФЗРМ132 з ОС ЧПУ 2P22.
3. Ознайомитись з прикладом розробки УП на верстаті мод. 16K20ФЗРМ132 з ОС ЧПУ 2P22.
4. Ознайомитись з кресленням та технічними умовами на встановлення деталі згідно варіанта індивідуальних завдань (див. табл. 2.6.).
5. Скласти план обробки деталі із визначенням зон та порядку зняття припусків.
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.

3.4. Варіанти індивідуальних завдань

Креслення деталей при виконання даної лабораторної роботи відповідають варіантам індивідуальних завдань при виконанні лабораторної роботи № 2 (див. табл. 2.6).

3.5. Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Призначення та технічні характеристики верстата мод. 16К20ФЗРМ132.
3. Призначення та технічні характеристики ОС ЧПУ 2Р22.
4. Креслення оброблюваної деталі згідно варіанту індивідуальних завдань (за табл. 2.6).
5. План обробки деталі з позначенням:
 - прийнятої системи координат;
 - контурів заготовки;
 - ~ чорнового та чистового контурів деталі;
 - цифрового позначення ((Т),(^),...) зон зняття припусків та їх послідовність при формоутворенні чорнового та чистового контурів деталі.
6. Вибір різальних інструментів.
7. Розрахунок режимів різання при формоутворенні елементарних торцевих, зовнішніх та внутрішніх поверхонь.
8. Технологічні дані для розробки УП (у вигляді таблиці Д-3.1).
9. Циклограма (траєкторія) переміщення кожного із різальних інструментів з урахуванням прийнятих глибин різання за кожним технологічним переходом, а також вихідних та початкових точок (по аналогії з рис. Д.3.2.-Д.3.4., Д.2.4., Д.2.5.).
10. Визначення координат опорних точок траєкторії переміщення кожного із різальних інструментів згідно п. 8 даного розділу та їх представлення у вигляді табл. Д.3.2.
11. Текст УП з обов'язковим поясненням (коментарями) змісту кожного кадру.
12. Аналіз отриманих результатів та короткі висновки щодо виконання роботи.

3.6. Контрольні запитання

1. Технологічні можливості та призначення токарно-гвинторізного верстата мод. 16К20ФЗРМ132.
2. Технічна характеристика ОС ЧПУ 2Р22.
3. Принципи кодування УП.
4. Програмування частоти обертання шпинделя, подачі та позиції інструменту.
5. Загальна характеристика постійних циклів.
6. Програмування лінійних переміщень револьверного супорту.
7. Обробка конічних поверхонь і зняття фасок під кутом 45°.
8. Обробка зовнішніх поверхонь по дузі кола.
9. Обробка внутрішніх поверхонь по дузі кола.
10. Цикл різьбонарізання.
11. Проточування канавок.

12. Цикл однократного внутрішнього точіння за схемою “петля”.
13. Однократне зовнішнє точіння за схемою “петля”.
14. Цикл однократної торцевої обробки за схемою “петля”.
15. Автоматичний цикл глибокого свердлування.
16. Багатопрохідна обробка циліндричних заготовок з автоматичним розподілом на проходи.
17. Цикл багатопрохідної обробки поковок з автоматичним розподілом на проходи.
18. Чистова обробка по контуру із заданням номеру кадру.