

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Запорізький національний технічний університет

**Методичні вказівки**

до лабораторних робіт з дисципліни “Металообробне обладнання” для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи” та “Обладнання автоматизованого виробництва та металорізальні верстати” для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” за освітньою програмою “Технологія машинобудування”

(Частина друга)

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Металообробне обладнання” для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи” та “Обладнання автоматизованого виробництва та металорізальні верстати” для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” за освітньою програмою “Технологія машинобудування”. Частина друга /Укл. В.В. Солоха. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – с. 66

Укладач: В.В. Солоха, доцент, к.т.н.

Рецензенти: В.В. Циганов, доцент, д.т.н.

Відповідальний  
за випуск М.В. Фролов, к.т.н.

Затверджено  
на засіданні кафедри  
“Металорізальні верстати та  
інструмент”  
Протокол № 3.  
від “ 10” жовтня 2018

Рекомендовано до видання НМК  
машинобудівного факультету  
Протокол № 2 .  
від “ 23” жовтня 2018

**ЗМІСТ**

Лабораторна робота № 5. Настроювання токарно-револьверного автомата	4
Лабораторна робота № 6. Вертикально-свердильний верстат з ЧПУ	20
Лабораторна робота 7 Токарний роботизований комплекс	34
Додаток А Ескізи деталей для програмування обробки до лабораторної роботи № 7	65

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5**

### **НАСТРОЮВАННЯ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО АВТОМАТА**

#### **5.1 Мета роботи**

Метою роботи є вивчення кінематики та конструкції одношпindelного автомата та набуття навичок розрахунку його настроювання і налагодження.

#### **5.2 Зміст роботи**

5.2.1 Ознайомитись з кінематикою і конструкцією верстата.

5.2.2 Розрахувати настроювання ланцюга головного руху та розподільного вала.

5.2.3 Скласти розрахункову карту.

5.2.4 Побудувати профіль кулачків револьверного та поперечних супортів верстата.

5.2.5 Наладнати автомат і виготовити деталь.

#### **5.3 Обладнання та інструмент**

Одношпindelний токарно-револьверний автомат.

Пруток (заготовка).

Змінні шестірні.

Ключі гайкові.

Різальний інструмент: різці, свердла, плашка.

Допоміжний інструмент: упор, державки для різців і свердел.

Штангенциркуль.

#### **5.4 Одношпindelний токарно-револьверний автомат мод. 1В116П**

5.4.1 Призначення і принцип роботи верстата. Одношпindelні токарно-револьверні автомати призначені для виготовлення деталей складної конфігурації з пруткового матеріалу різного профілю. На цих верстатах можна виконувати зовнішнє точіння, розточування, фасонне обточування, свердління, нарізання зовнішньої та внутрішньої різі, зенкерування, розвертання та інші види робіт. При використанні магазинного завантаження можна обробляти деталі з штучних заготовок.



5.4.3.1 Привід головного руху. Обертання шпинделя здійснюється від двошвидкісного електродвигуна потужністю 2,2/3,6 кВт через коробку швидкостей та поліклінову пасову передачу. Коробка швидкостей забезпечує в одному циклі 4 лівих і 4 правих частоти обертання шпинделя (табл.7.1). Перемикання частот і напрямків обертання шпинделя здійснюється за допомогою електромагнітних фрикційних муфт, керованих автоматично від командоапарата. З лівим напрямком обертання виконуються точіння та свердління, з правим - нарізання різі та розвертання.

Таблиця 5.1 - Частоти обертання шпинделя

Напрямок обертання	Частота обертання <sup>-1</sup> ел. двиг., хв	Змінні шестірні А:В								
		66:47	60:53	53:60	47:66	41:72	35:78	30:83	25:88	21:92
Лівий	1430	6300	3000	4000	3150	2500	2000	1600	1250	1000
	710	3150	2500	2000	1600	1250	1000	800	630	500
	1430	2000	1600	1250	1000	800	630	500	400	315
	710	1000	800	630	500	400	315	250	200	160
Правий	1430	2500	2000	1600	1250	1000	800	630	500	400
	710	1250	1000	800	630	500	400	315	250	200
	1430	800	630	500	400	315	250	200	160	125
	710	400	315	250	200	160	125	100	80	63

5.4.3.2 Привід допоміжного вала. Допоміжний вал XI обертається від електродвигуна 2 через черв'ячну 3:38 та зубчасту 27:39 передачі. Частота обертання розподільного вала визначається з рівняння

$$n_{PB} = 1500 \cdot \frac{3}{38} \cdot \frac{27}{39} = 82 \text{ хв}^{-1}.$$

Від допоміжного вала приводяться в дію механізми подачі та затиску прутка, повороту револьверної головки, коробка подач, розподільні вали XIV і XVII.

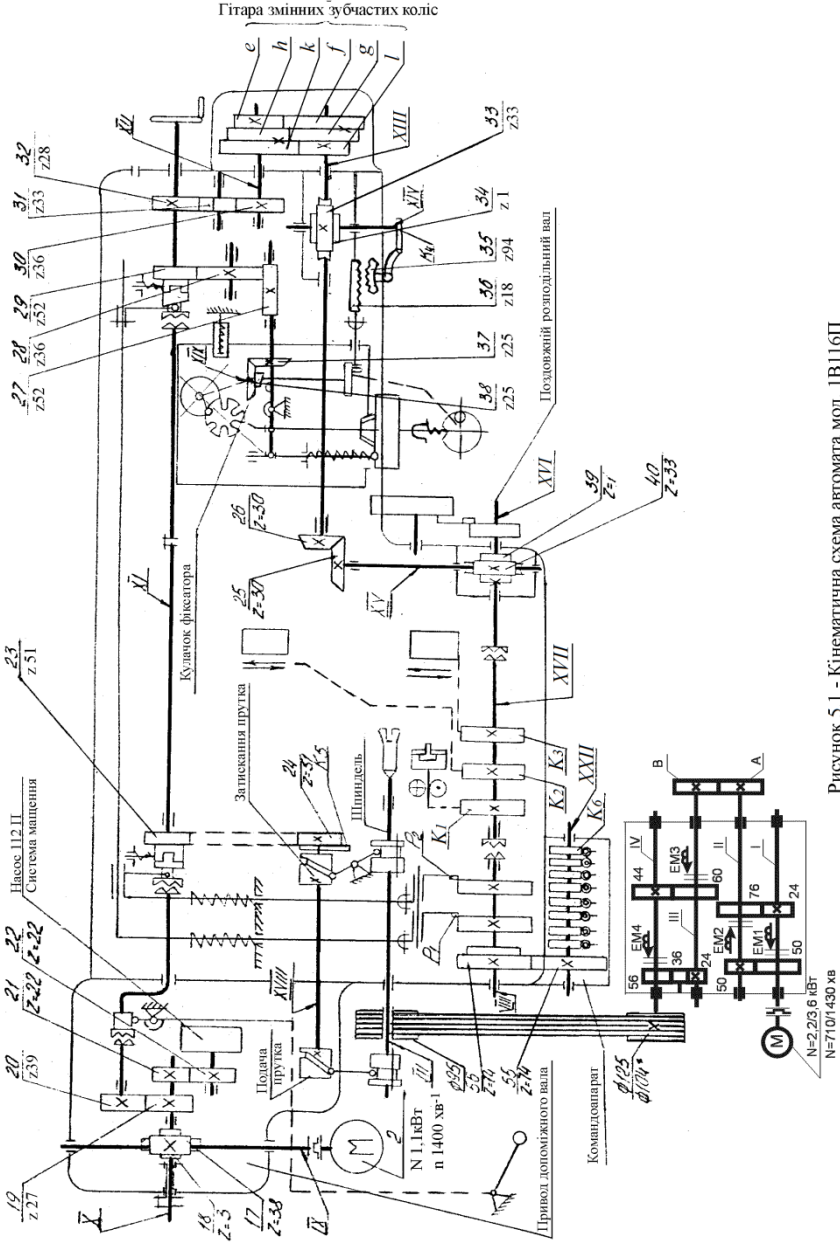


Рисунок 5.1 - Кінематична схема автомата мод. 1В1161П

Кулачки барабанного типу подачі та затиску прутка обертаються від допоміжного вала через однообертову муфту та шестірні 51:51. Цикл подачі та затиску прутка завершується за один оберт вала XVIII тобто за

$$T = 1 \cdot \frac{51}{51} \cdot \frac{60}{82} = 0,73 \text{ с}$$

Однообертова муфта вмикається ригелями розподільного вала XVII, а вимикається автоматично, здійснивши один оберт. Від цього ж розподільного вала вмикається однообертова муфта повороту револьверної головки, що обертається від допоміжного вала через циліндричні колеса 52-36-52, конічні колеса 25:25 і мальтійський механізм. Поворот револьверної головки на 1/6 оберту здійснюється за один оберт водила мальтійського механізму (конічного колеса Z25). Тривалість обертання револьверної головки на 1/6 її оберту

$$T = 1 \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{52}{36} \cdot \frac{36}{52} = 0,73 \text{ с}$$

5.4.3.3 Привід розподільних валів. На верстаті є два розподільних вали, які обертаються синхронно: вал XIV, на якому встановлено кулачок  $K_4$  револьверного супорта і вал XVII, який несе кулачки поперечних супортів  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ . Вал XVII є змінним, що дозволяє встановлювати кулачки поперечних супортів за межами верстата.

Розподільні вали приводяться в дію від допоміжного вала через шестірні 28-33-36, трипарну гітару змінних коліс e - f, g - h, k - l, конічну 30:30 і черв'ячну передачі 1:33.

За час обробки однієї деталі  $T_{\text{ц}}$  (секунд) розподільний вал повинен здійснити один повний оберт,

$$T_{\text{ц}} \text{ обробки деталі} \rightarrow 1 \text{ оберт розподільного вала}$$

Якщо тривалість циклу виразити через оберти допоміжного вала, то можна записати так:

$$\left(\frac{82}{60} \cdot T_{\text{ц}}\right) \text{ об.ДВ} \rightarrow 1 \text{ об.РВ}$$

За цими розрахунковими переміщеннями складають рівняння кінематичного балансу ланцюга і одержують формулу настроювання

$$\frac{1}{f} \cdot \frac{g}{h} \cdot \frac{k}{l} = \frac{44,67}{T_{\text{ц}}} \quad (1)$$

Зазвичай числа зубців змінних коліс гітари приводу розподільного валу визначають за таблицею 5.2.

### 5.5 Порядок виконання роботи та методичні вказівки

Згідно з кресленням заданої деталі необхідно виконати розрахунки настроювання верстата та побудувати профіль кулачків револьверного та поперечних супортів. Ця робота виконується в певній послідовності.

5.5.1 Накреслити оброблювану деталь в розрахунковій карті (табл.5.3).

5.5.2 Скласти детальний план обробки заданої деталі та занести його до граfi 2 розрахункової карти.

План обробки складається для кожного супорта окремо, до того ж до числа переходів включаються всі рухи, як робочі, так і холості (поворот револьверної головки, перемикання частоти та напрямку обертання шпинделя та інше).

Першим завжди є перехід "Подача прутка", другим - "Поворот револьверної головки"

5.5.3 Заповнити графу 3 розрахункової карти "Довжина ходу інструмента".

Для забезпечення безударного підведення інструмента, одержану за ескізом деталі, довжину робочого ходу інструмента збільшують для обточування на 0,5 - 1 мм, для нарізання різі - на 2-3 кроки різі.

5.5.4 В залежності від потрібної чистоти обробки, глибини різання та виду обробки вибрати величину подачі і занести до граfi 4 розрахункової карти. Для різанарізання подача дорівнює кроковій різі.

5.5.5 За величиною подачі та глибини різання для кожного виду обробки вибирають швидкості різання.

Для сталі 35 рекомендуються такі значення швидкостей різання:

для обточування -	50 м/хв.;
для свердління та відрізування -	30 м/хв.;
для нарізування різі –	3,5 м/хв.

5.5.6. За формулою  $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d}$  підрахувати потрібну частоту обертання шпинделя і за табл. 7.1 підібрати змінні шестірні А і В коробки швидкостей.

Таблиця 5.2 - Тривалість циклу обробки деталі і змінні шестірні розподільного валу

Час циклу, с	Змінні шестірні						m <sub>п.з</sub>	m <sub>р.г</sub>
	e	f	g	h	k	l		
21	49	31	58	22	27	53	3,5	3,5
23,8	49	31	55	25	28	52	3,1	3,1
25,2	49	31	57	23	25	55	2,9	2,9
27	49	31	55	25	39	41	2,7	2,7
29,3	49	31	52	28	27	53	2,4	2,4
31,7	49	31	523	27	25	55	2,3	2,3
33,5	49	31	52	28	25	55	2,2	2,2
35,5	41	39	58	22	25	55	2	2
37,7	49	31	52	28	23	57	1,9	1,9
39,9	41	39	58	22	23	57	1,8	1,8
44,1	39	41	58	22	23	57	1,7	1,7
47,6	41	39	53	27	25	55	1,5	1,5
49,6	52	28	39	41	27	53	1,5	1,5
52,6	39	41	53	27	25	55	1,4	1,4
55,6	52	28	39	41	25	55	1,3	1,3
57	41	39	53	27	22	58	1,3	1,3
60,3	41	39	52	28	22	58	1,2	1,2
65,4	49	31	39	41	25	55	1,1	1,1
70,9	41	39	49	31	22	58	1	1
73,6	49	31	39	41	23	57	1	1
78,3	49	31	39	41	22	58	1	1

m<sub>п.з</sub> - кількість променів, необхідних для подачі і затиску матеріалу;

m<sub>р.г</sub> - кількість променів, необхідних для повороту револьверної головки

5.5.7. Підрахувати фактичну швидкість різання для всіх видів робіт.

Всі знайдені величини занести до розрахункової карти.

5.5.8 Визначити фактичну кількість обертів шпинделя на виконання кожного з переходів:

$$n = \frac{l}{S} \text{ об,}$$

де  $l$  та  $S$  беруться з граф 3 і 4 розрахункової карти.

5.5.9. В зв'язку з тим, що різні переходи виконуються на різній частоті обертання шпинделя, кількість обертів шпинделя, що затрачуються на кожен перехід, не пропорційна витратам часу на виконання цих переходів. Тому для подальших розрахунків потрібно визначити зведені частоти обертання шпинделя, пропорційні витратам часу. За основу вибирають таку частоту обертання шпинделя, з якою виконується найбільша кількість переходів. Коефіцієнт зведення визначається з виразу:

$$k_i = \frac{n_{осн}}{n_i} \quad (2)$$

Зведена кількість обертів (графа 6) визначається множенням фактичної кількості обертів на коефіцієнт зведення.

5.5.10 Визначити радіуси кулачків. Для визначення радіусів кулачків потрібно за ескізами налагоджень визначити відстань  $a$  (рис. 5.2) від торця шпинделя до револьверної головки в кінці кожного робочого переходу. Мінімальне значення цієї відстані не повинно бути меншим за 60 мм (див. технічну характеристику верстата).

В разі  $a = a_{\min}$  ролик буде знаходитися в найвищій точці кулачка (на  $R_{\max} = 90$  мм).

Відстань  $a$  залежить від розмірів інструментальних державок, що застосовуються, і для обробки даної деталі будуть мати такі значення:

$$a_3 = 85 \text{ мм}; a_5 = 76 \text{ мм}; a_7 = 65 \text{ мм}; a_9 = 83 \text{ мм}; a_{12} = 84 \text{ мм.}$$

Для кожної наладки сума

$$R_{\max} + a_{\min} = C$$

буде сталою величиною, тому кінцеві радіуси кулачка револьверної головки для робочих переходів можна визначити з виразу

$$R_{ki} = C - a_i \quad (4)$$



Для переходу нарізання різі отримане значення кінцевого радіусу, для запобігання пошкодження різі через неточність виготовлення кулачка, необхідно зменшити на 10-15% від довжини робочого ходу.

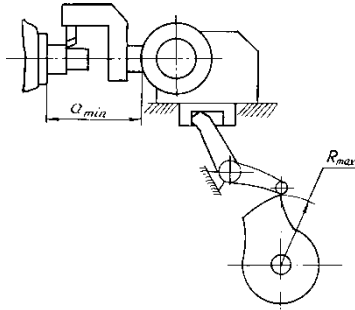


Рисунок 5.2 - До визначення відстані від шпинделя до револьверної головки

Початкові радіуси кулачка будуть меншими від кінцевих на величину робочого ходу інструмента:

$$R_{ni} = R_{ki} - l_i \quad (5)$$

Радіуси кулачка, на яких виконуються перемикання револьверної головки, беруть на 1-2 мм меншими від початкових радіусів наступних за перемиканням робочих переходів. На ділянці подачі і затиску прутка радіус кулачка дорівнює початковому радіусу першого робочого переходу.

Для визначення радіусів кулачків поперечних і верхніх супортів необхідно враховувати, що найбільші радіуси цих кулачків ( $R_{\max} = 62$  мм) відповідають стану, коли найбільш виступаючі точки різальної крайки різця знаходяться на осі шпинделя верстата. Тому кінцеві радіуси кулачків поперечних супортів, з яких виконується фасонна обробка, одержують зменшенням  $R_{\max}$  на величину, на яку різці не доходять до осі прутка.

Кінцевий радіус кулачка поперечного супорта, з якого виконується відрізання, дорівнює  $R_k = 62$  мм. Початкові радіуси одержують відніманням від значення  $R_k$  довжини робочих ходів.

Одержані радіуси кулачків заносять до граф 10 і 11 розрахункової карти.

5.5.11. Визначити орієнтовну тривалість обробки однієї деталі за формулою:

$$t_0 = (1,1 - 1,3)t_p, \text{ с}, \quad (6)$$

де  $t_p$  - тривалість робочих переходів в секундах.

Час, що витрачається на виконання робочих переходів

$$t_p = \frac{\sum n_{зв}}{n_{осн}} \cdot 60, \text{ с} \quad (7)$$

де  $\sum n_{зв}$  - сума зведених обертів, затрачених на не суміщені робочі переходи.

5.5.12. Визначити кількість променів для виконання холостих ходів.

Обробка деталі виконується за один оберт розподільного вала. Для зручності розрахунку часу і ходів супортів, а також для зручності профілювання кулачків коло заготовки кулачка поділене на 100 рівних частин. З кожної точки поділу проводять промені радіусом, що дорівнює радіусу повороту важеля з роликом (рис.5.3).

Кількість променів, затрачених на виконання холостих ходів, визначається одним з двох чинників:

а) мінімальним часом, потрібним для виконання даного ходу (час спрацьовування механізму);

б) мінімальним кутом повороту кулачка, потрібним для виконання відповідного ходу, цей кут залежить від радіусу кулачка, на якому виконується холостий хід.

Кількість променів, яка потрібна для перемикання револьверної головки в залежності від радіусу кулачка, наведена в таблиці 5.4.

Рекомендується кількість променів визначати за обома чинниками і для подальшого розрахунку брати більшу величину.

На ділянках кулачка, окреслених одним радіусом, на відстані, достатній для вільного перекочування ролика, кількість променів визначається часом спрацьовування механізмів.

Під час виконання даної налагодження за часом спрацьовування механізмів визначається кількість променів на подачу прутка, перемикання шпинделя на ліве обертання після нарізування різі та останній поворот револьверної головки в залежності від орієнтовної тривалості обробку деталі (табл.5.2). В решті випадків кількість

променів визначається в залежності від радіусу кулачка за таблицею 5.3. На відведення відрізного різця надається 2-3 промені.

В графі 8 розрахункової карти промені на суміщені холості ходи беруться в дужки.

Таблиця 5.4 – Кількість променів на виконання холостих ходів

Радіус кулачка, мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Кількість променів для перемикання	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3,5	3	3	3	3	2,5	2,5

5.5.13. Визначити кількість променів для виконання робочих ходів

$$\Sigma m_{px} = 100 - \Sigma m_{xx} \quad (8)$$

де  $\Sigma m_{xx}$  - сума променів на не суміщені холості ходи.

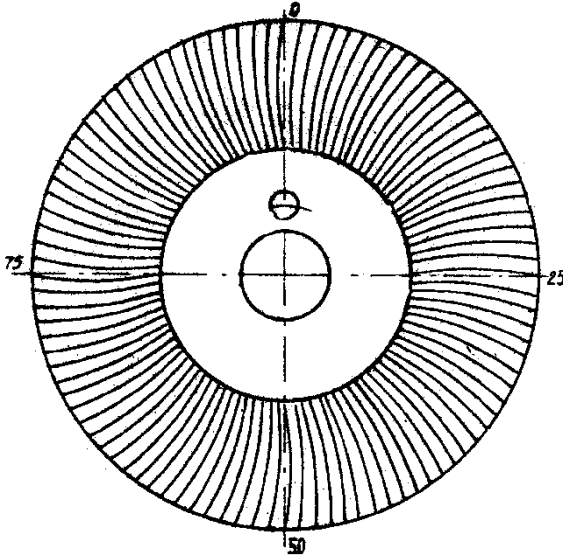


Рисунок 5.3 - Заготовка кулачка

5.5.14 Визначити кількість обертів шпинделя за цикл обробки деталі

$$n_{ц} = \frac{\sum n_{зв} \cdot 100}{\sum m_{рх}} \quad (9)$$

5.5.15 Визначати час, за який здійснюється повний цикл обробки деталі

$$t_{ц} = \frac{n_{ц}}{n_{осн}} \cdot 60, \text{ с.} \quad (10)$$

5.5.16 За таблицею 5.2, в залежності від тривалості циклу обробки, підібрати змінні шестірні гітари розподільного вала.

5.5.17 Визначити кількість променів на виконання кожного з робочих переходів.

Кількість променів, що припадає на один зведений оберт шпинделя

$$P = \frac{\sum m_{рх}}{\sum n_{зв}} \quad (11)$$

Кількість променів, що затрачаються на виконання робочих переходів, підраховують, множенням кількість зведених обертів з графі 6 розрахункової карти на коефіцієнт  $P$ . Одержані значення округляють до 0,5 променя і заносять до графі 9.

Сума променів, затрачених на виконання всіх робочих переходів, повинна дорівнювати  $\sum m_{рх}$ . Якщо променів буде менше, тоді треба додати на чистові та найскладніші переходи; якщо більше, тоді треба зменшити кількість променів на чорнові та найпростіші переходи.

5.5.18 Визначити положення кривих на кулачках. Заповнити графі 12 і 13 розрахункової карти, відмічаючи в них промені, на яких розпочинаються та закінчуються холості і робочі переходи.

Цикл обробки розпочинається на нульовому промені, останній перехід (відведення відрізного різця) повинен закінчуватись на сотому промені.

5.5.19 Накреслити профіль кулачків револьверного і поперечних супортів.

У відповідності з графами 10 - 13 розрахункової карти на заготовці кулачка (рис.5.3) потрібно помітити на відповідних

променях значення початкових і кінцевих радіусів кулачків. Побудова профілю виконується за годинниковою стрілкою, розпочинаючи від нульового променя, за який береться промінь, що проходить через вертикальну вісь заготовки кулачка. Робочі ділянки профілю кулачка будуються за спіраллю Архімеда, ділянки підводу та відводу супортів - за шаблоном (рис.5.4). Сполучення окремих ділянок профілю виконуються дугою кола, радіус якого має бути на 0,5 мм більшим за радіус ролика.

### 5.6 Оформлення звіту

Звіт повинен містити:

- 5.6.1 Розрахунок ладнання та параметрів кулачків.
- 5.6.2 Розрахункову карту.
- 5.6.3 Креслення кулачка револьверного супорта.
- 5.6.4 Креслення кулачків поперечних супортів.

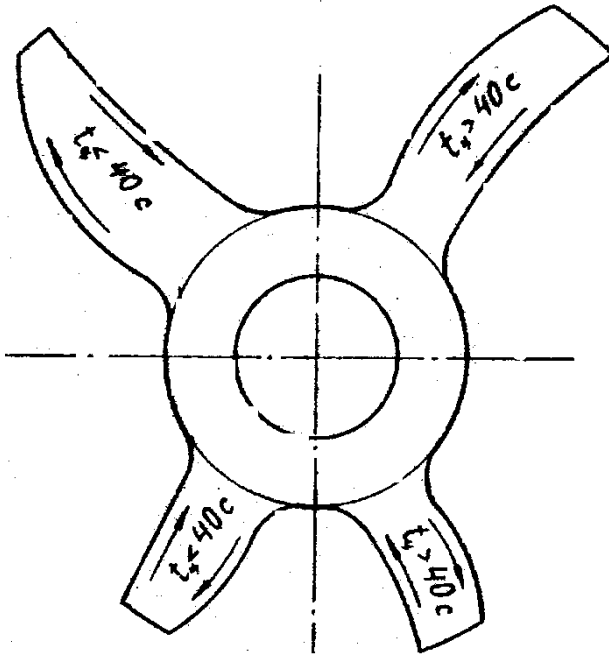


Рисунок 5.4 - Шаблон для побудови ділянок холостих ходів на кулачку

### **5.7 Контрольні запитання**

5.7.1 Призначення токарно-револьверних автоматів.

5.7.2 Яке призначення розподільних валів верстата?

5.7.3 Які функції виконує допоміжний вал?

5.7.4 При якому напрямку обертання шпинделя виконуються окремі види робіт на верстаті? Як здійснюється перемикання частоти і напрямку обертання шпинделя на верстаті?

5.7.5 Принцип налаштування частоти обертання розподільного вала.

5.7.6 Для чого потрібні зведені оберти і як вони визначаються?

5.7.7 Як визначаються радіуси кулачка револьверного супорта; поперечних супортів?

### **5.8 Рекомендована література**

1. Металлорежущие станки: Учебное пособие для вузов /К.С.Колев, Л.В.Красниченко, Н.С.Никулин и др.- 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. - 500 с.

2. Фомин С.В. Наладка одношпиндельных токарных автоматов. М.: Машиностроение, 1969.- 246 с.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6**

### **ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНИЙ ВЕРСТАТ З ЧПУ**

#### **6.1 Мета роботи**

Ознайомлення з конструкцією і принципом роботи верстата з позиційною системою числового програмного управління (ЧПУ) і методикою розробки програми для обробки на ньому деталі

#### **6.2 Зміст роботи**

6.2.1 Ознайомитись з конструкцією верстата з ЧПУ мод. 2P135Ф2.

6.2.2 Вивчити принцип роботи верстата.

6.2.3 Ознайомитись з блок-схемою обладнання ЧПУ 2П32.

6.2.4 Розробити програму обробки заданої деталі.

6.2.5 Ввести програму в верстат і обробити деталь.

#### **6.3 Обладнання і інструмент**

6.3.1 Вертикально-свердлильний верстат мод. 2P135Ф2.

6.3.2 Перфострічка.

6.3.3 Різальний інструмент (свердла, зенківка, мітчик).

6.3.4 Допоміжний інструмент (патрон різьбонарізний).

6.3.5 Заготовка.

#### **6.4 Вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ мод. 2P135Ф2**

6.4.1 Призначення і область застосування верстата

Вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ моделі 2P135Ф2 призначений для координатної обробки деталей типу кришок, фланців, панелей, тощо без попередньої розмічування і застосування кондукторів. На ньому можна виконувати операції свердління, зенкерування, зенкування, розгортання, нарізування різі та інше в умовах дрібносерійного і серійного виробництва.

6.4.2 Конструктивні особливості верстата

Верстат має хрестовий стіл, який може виконувати незалежні переміщення заготовки за координатами  $X$  і  $Y$ , і шестипозиційну револьверну головку, що переміщується стояком в вертикальному

напрямку (вісь **Z**). Верстат оснащений позиційною системою ЧПУ типу 2П32-3, яка виконує функції керування роботою верстата: переміщення за трьома координатами (за двома одночасно), видача технологічних команд на зміну швидкості різання, подачі, тощо. Обладнання 2П32-3 забезпечує введення програми на перфострічці, від ЕОМ і ручне керування. При цьому можуть забезпечуватись такі види робіт:

а) "по кадрове введення" – по кадрове послідовне зчитування інформації з перфострічки за командами, що подаються з пульта керування вручну і її відпрацювання;

б) "автомат" - послідовне зчитування інформації з перфострічки за командами від обладнання і її відпрацювання;

в) "попередній набір" - зчитування інформації в межах одного кадру, яка задається з пульта органами попереднього набору, і її відпрацювання за командою, що подається вручну з пульта керування;

г) "ручне управління" - ручні переміщення в додатному і від'ємному напрямках за всіма осями координат;

д) "пошук кадру" - пошук номера кадру, який заданий на пульті керування, без видавання технологічної інформації на верстат;

е) "відновлення" - пошук номера кадру, який задано на пульті керування, з одночасним відновленням технологічної інформації на верстаті;

ж) "ЕОМ" - послідовне одержання інформації від ЕОМ за командами від обладнання і її відпрацювання.

Контроль позиціонування за осями здійснюється за допомогою датчиків зворотного зв'язку типу БС-155А.

На верстаті передбачено корекцію довжини інструменту. Обладнання ЧПУ забезпечує введення п'ятнадцяти корекцій величиною до  $\pm 999,99$  мм.

#### 6.4.3 Коротка технічна характеристика верстата:

Найбільший діаметр свердління, мм	35
Виліт шпинделя, мм	490
Число шпинделів револьверної головки	6
Число частот обертання шпинделя	12
Межі частот обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	31,5..1400
Найбільша відстань від торця шпинделя до стола, мм	600
Найбільший хід супорта, мм	560

Число подач супорта	18
Межі подач супорта, мм/хв.	10...500
Найбільший хід стола, мм	
поперечний (вісь Y)	360
поздовжній (вісь X)	630
Точність позиціонування, мм	0,05
Роздільна здатність системи ЧПУ, мм	0,01

Механіка верстата

Таблиця 6.1 - Привід головного руху

Номер ступеня	Частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	Номер ступеня	Частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>
1	31,5	7	250
2	45	8	355
3	63	9	500
4	90	10	710
5	125	11	1000
6	180	12	1400

Таблиця 6.2 - Подачі револьверного супорта

Номер ступеня	Подача, мм/хв.	Номер ступеня	Подача, мм/хв.	Номер ступеня	Подача, мм/хв.
1	10	7	40	13	160
2	12,5	8	50	14	200
3	16	9	63	15	250
4	20	10	80	16	315
5	25	11	100	17	400
6	31,5	12	125	18	500

### 6.5 Позиційне обладнання чпу мод. 2П32-3

Позиційне обладнання ЧПУ призначене для керування процесом позиціонування і прямолінійної обробки (паралельно до координатних осей) на свердлильних верстатах. Число керованих координат - три, позиціонування може здійснюватись одночасно за двома координатами (X і Y).

До складу обладнання ЧПУ входять такі вузли і блоки (рис. 6.1).

*Пристрій фотозчитування 1* призначений для введення інформації в обладнання з восьмидоріжкової перфострічки шириною 25,4 мм, швидкість зчитування не менше 150 рядків за секунду.

*Розподільник імпульсів 2* здійснює синхронізацію операцій, що виконуються обладнанням.

*Пульт керування 3 і пристрій керування 13* забезпечують роботу обладнання в різних режимах. Пульт керування обладнання застосовується найчастіше для здійснення ряду циклів під час ручного керування. Пристрій керування призначений для завдання режимів роботи обладнання, організації роботи за постійними циклами, керування зчитувальним пристроєм, видачі сигналів на роботу вузла керування приводом.

*Пристрій введення 4* використовується для введення інформації, розшифрування та занесення її в пам'ять, а також для контролю введеної інформації на парність коду та за структурою кадру.

*Блок пам'яті* складається з:

*вузла пам'яті заданих координат 6*, призначеного для зберігання та видачі в вузол збору інформації даних про величину заданої координати;

*вузла пам'яті технологічних команд 7*, який використовується для зберігання заданої інформації про технологічні команди, наприклад: номер подачі (**F**), номер швидкості шпинделя (**S**), номер інструмента (**T**) та інше;

*вузол пам'яті номера кадру 8* застосовується для зберігання поточного та потрібного номера кадру, порівняння їх та видачі сигналу на індикацію і в пристрій керування, а також для перевірки на парність технологічних команд і номерів кадрів.

*Блок корекції 9* використовується для введення корекції за віссю **Z**, а також зміщення початку відліку. Величини корекцій і плаваючих нулів задаються на програмних перемикачах блоку корекцій.

*Блок збору інформації 10* призначений для порозрядного розподілу в часі всіх складових, що надходять в арифметичний пристрій, а саме: величин плаваючих нулів, корекцій, заданої координати, зон вмикання ступенів швидкості (уставок) і контролю, показань датчиків.

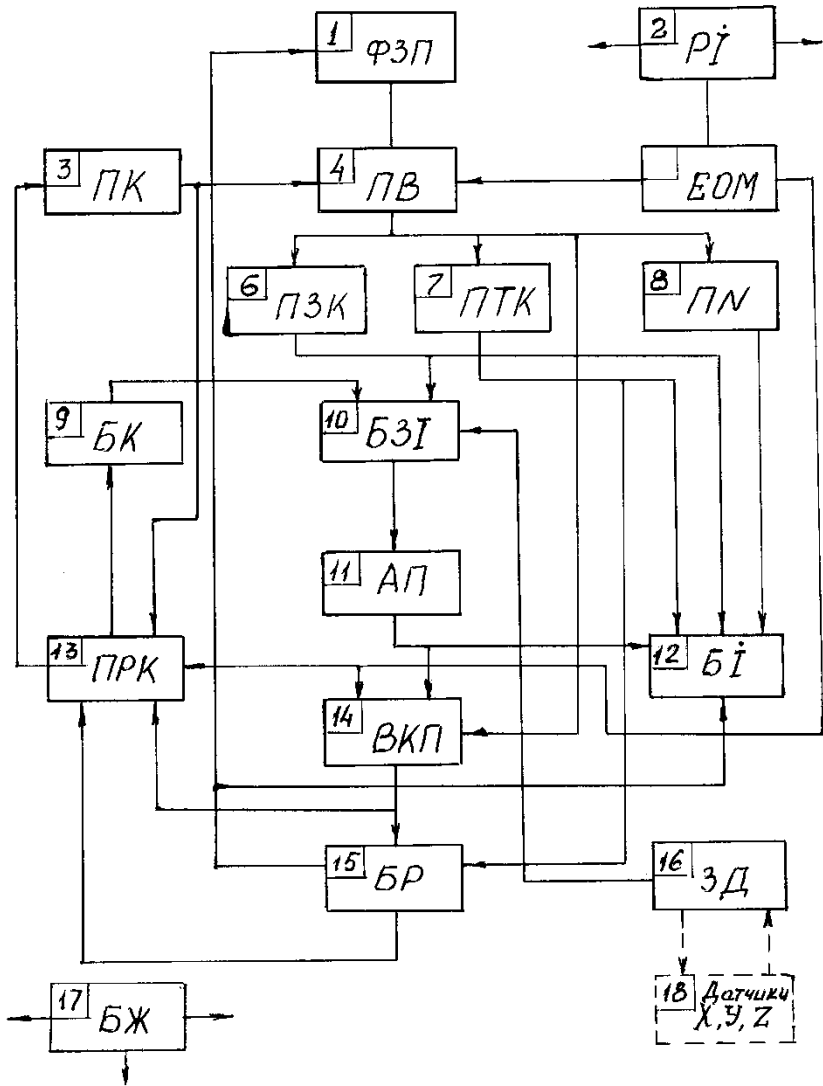


Рисунок 6.1.- Структурна схема обладнання ЧПУ 2П32-3

*Арифметичний пристрій 11* застосовується для визначення знаку та величини неузгодження, порівняння одержаної величини неузгодження з уставками і зоною контролю, а також для видачі результатів порівняння в вузол керування приводом.

*Вузол індикації 12* забезпечує візуальне спостереження за роботою, як окремих вузлів, так і всього обладнання в цілому. При цьому в десятковому кодї можуть бути подані такі величини: неузгодження заданої координати, координати плаваючого нуля, показання датчиків зворотного зв'язку, зони контролю, уставок, технологічних команд та інше.

*Вузол керування приводом 14* призначений для завдання напрямку руху і організації ступінчастого зниження швидкості привода подач на підході робочого органу до заданої точки, для здійснення опитування уставок і упереджень.

*Блок реле 15* використовується для узгодження сигналів від обладнання на верстат з сигналами від верстата на обладнання. Сигнали від обладнання подаються на верстат через підсилювач, який виконано на мікросхемах і здійснює деякі логічні операції. Сигнали від верстата до обладнання подаються безпосередньо від реле.

*Блок зв'язку 16 з датчиками 18* призначається для перетворення сигналів синусоїдної форми від датчиків зворотного зв'язку в дискретні величини виражені в двійково-десятковому кодї.

*Датчиками зворотного зв'язку 18* служать сельсини, по одному на кожен координату. Застосовується абсолютно-циклічний спосіб відліку. Суть цього способу полягає в тому, що в межах оберту сельсина відлік абсолютний, що характеризує кут повороту сельсина, а інформація про число повних обертів сельсина відображається за допомогою накопичувача обертів.

*Блок живлення 17* забезпечує електроживлення всього обладнання.

Принцип роботи обладнання такий. За допомогою датчика переміщень визначається положення (координата) робочого органу верстата. Результати показань датчика через вузол збору інформації передаються в арифметичний пристрій, в якому вони порівнюються з координатою, заданою від перфострічки або від органів ручного керування, з врахуванням плаваючого нуля. Арифметичний пристрій визначає знак і величину неузгодженості, порівнює її з уставками та

зоною контролю і видає результати порівняння в вигляді керуючого імпульсу в вузол керування приводом.

Алгоритми обчислення величини і знаку неузгодженості (рис.6.2)

$$l = l_1 - l_2 + l_3 + l_4,$$

де  $l$  - величина неузгодженості;

$l_1$  - значення координати плаваючого нуля;

$l_2$  - координата робочого органу верстата (показання датчика);

$l_3$  - задана координата;

$l_4$  - величина корекції (тільки для координати  $Z$ ).

При підході робочого органу до заданої точки арифметичний пристрій здійснює подачу керуючих імпульсів на зниження швидкості переміщення і на зупинку руху.

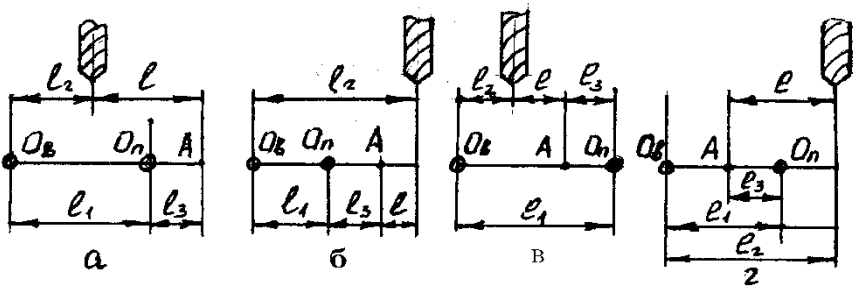


Рисунок 6.2 - Схеми розташування робочого органу верстата відносно нуля верстата  $O_B$ , плаваючого нуля  $O_n$  і заданої точки  $A$

### 6.6 Код ISO – 7bit

Міжнародна система кодування інформації ISO–7bit розрахована на використання восьмидоріжкової стрічки. Основу коду складає двійкова система числення, чотири розряди якої використовуються для кодування кожного розряду десяткових чисел (тобто для запису числової інформації застосована двійково-десятькова система). Для кодування знаків і символів букв всього латинського алфавіту, а також для кодування ознак усіх складових частин коду використані сім двійкових розрядів (7 біт). Для перевірки правильності інформації кожен рядок стрічки (кодова комбінація) контролюється за модулем два, тобто на парність (за паритетом) числа

одиниць (пробивок в рядку). Для контролю парності використовують восьму доріжку.

Вся інформація в програмі складається з адрес, чисел і спеціальних команд, передбачених рекомендаціями ISO. Перелік інформації, що кодується наведено в табл. 9.3. Інформація на перфострічці записується поздовжніми ділянками змінної довжини - фразами. Це адресний спосіб, в якому числовій інформації передують знак адреси, що визначає належність цієї інформації відповідній команді керування. В кожній фразі програми записується тільки інформація, що змінюється по відношенню до попередньої фрази.

Мінімальний обсяг інформації, який займає декілька рядків на стрічці (наприклад, номер кадру або інформація, що визначає роботу одного виконавчого пристрою), складає слово. Декілька слів, що вміщують повну інформацію для будь-якого закінченого технологічного переходу (наприклад, обробка однієї ділянки деталі якимось інструментом з визначеними режимами різання), складають фразу або кадр.

Послідовність слів в структурі кадру може бути довільною за винятком ознаки номера кадру - **N**, з якого розпочинається кожний кадр і ознаки кінця кадру - **ПС**, якою закінчується кадр. Всі кадри, в яких зазначені режими обробки, називаються головними і помічаються знаком ":" (замість **N**).

В кадрі деякі слова можуть бути відсутні в зв'язку з тим, що технологічні команди діють на протязі декількох кадрів до їх заміни, а кількість координат в кадрі може бути одна, дві, три, чотири чи жодної.

Ознака адреси записується перед числовою інформацією: **T** - номер інструмента, **S** - номер ступеня частоти обертання шпинделя (табл.6.1), **F**- номер ступеня подачі (табл.6.2), **L** - номер коректора, **R** - переміщення інструмента за віссю **Z** до поверхні деталі (швидкий хід).

Команди мають такий формат **N3; G2; X±4,2; Y±4,2; Z±4,2; R±4,2; T2; F2; S2; L2; M2**.

Кожна команда в одному кадрі повинна зустрічатись лише один раз за винятком **G**. Значення стандартних циклів (функції **G**) наведені в табл.6.4.

Таблиця 6.3 – Код, що застосовується в підготовці керуючої програми

Буква				Цифра					Символ	Назва символу
P				B		4	2	1	Вага	
8	7	6	5	4	C	3	2	1	№ дор.	
0	0	1	0	1	0	0	1	1	+	нак переміщення «плюс»
0	0	1	0	1	0	1	0	1	-	нак переміщення «мінус»
1	0	1	0	0		0	0	0	Nul	пробіл
		1	1		0				0	цифра 0
1		1	1		0			1	1	
1		1	1		0		1		2	
		1	1		0		1	1	3	
1		1	1		0	1			4	
		1	1		0	1		1	5	
		1	1		0	1	1		6	
1		1	1		0	1	1	1	7	
1		1	1	1	0				8	
		1	1	1	0			1	9	
1	1		1	1	0				X	Переміщення за віссю X
	1		1	1	0			1	Y	Переміщення за віссю Y
	1		1	1	0		1		Z	Переміщення за віссю Z
					0					(Точка в глибині деталі)
1	1		1		0		1		R	Переміщення за віссю
					0					(Точка на поверхні деталі)
	1			1	0	1	1		N	Номер кадру
1	1				0	1	1		F	Величина подачі (номер)
	1		1		0		1	1	S	Швидкість оберт. шпинделя
1	1		1		0	1			T	Номер інструменту
1	1			1	0	1			L	Номер корекції
	1				0	1	1	1	G	Підготовча функція
	1			1	0	1		1	M	Допоміжна функція
1		1			0	1		1	%	Початок програми
				1	0		1		ПС(LF)	Кінець кадру
1	1	1	1	1	0	1	1	1	ЗБ(Del)	Забій

Таблиця 6.4 - Стандартні автоматичні цикли

Символ	Режим роботи (цикл) ЧПУ	Опис циклу
<b>G81</b>	Свердління	Швидке підведення шпинделя з обертанням за годинниковою стрілкою на відстань, що визначається адресою R, робоча подача на довжині Z та швидке повернення до початкових значень (R+Z)
<b>G82</b>	Свердління з зупинкою	Теж, що й для G81, але з зупинкою подачі в нижній частині отвору
<b>G83</b>	Свердління глибоких отворів	Теж, що й для G81, але з декількома швидкими рухами назад, до вихідного положення робочої подачі (для видалення стружки) і знову в положення різання
<b>G84</b>	Нарізання різі мітчиком	Теж, що й для G81, але в нижній точці інструмента реверс подачі і обертання шпинделя, повернення в початкову позицію робочої подачі, потім швидкий рух в вихідне положення
<b>G85</b>	Розточування 1	Теж, що й для G84, але без реверсу обертання шпинделя
<b>G86</b>	Розточування 2	Теж, що й для G85, але з зупинкою шпинделя в нижній частині отвору
<b>G87</b>	Розточування 3	Теж, що й для G86, але з ручним керуванням подачею при виводі інструмента із отвору
<b>G88</b>	Розточування 4	Теж, що й для G87, але з зупинкою в кінці отвору перед вимиканням шпинделя

Функції **G91**, **G92**, **G93**, **G94** відповідно відрізняються від функцій **G81**, **G82**, **G83**, **G84** тим, що забезпечують швидке відведення робочого органу до початку відліку координати R. Використовуються для відведення робочого органу в верхнє вихідне положення (наприклад, для повороту револьверної головки).

### 6.7 Технологічні рекомендації

1. Всі розміри креслення деталі повинні бути розраховані від єдиної бази і указані в абсолютних одиницях.

База повинна бути прив'язана до осей плаваючого нуля.

2. Отвори повинні бути пронумеровані у відповідності з оптимальним порядком обробки. Нумерування отворів полегшує процес програмування з великою кількістю переходів.

Оптимальність порядку обробки визначається мінімальним часом на обробку.

3. Вибираються режими різання і підбирається інструмент. Кожному режимові присвоюють номер подачі і номер частоти обертання шпинделя. Кожному інструменту присвоюють номер позиції і номер корекції.

На підставі одержаних даних складають керуючу програму і за допомогою набірно-програмуючого пристрою заносять її на перфострічку.

Приклад запису програми обробки деталі наведена в таблиці 6.5.

### 6.8 Порядок виконання роботи

6.8.1 Ознайомитись з компоновкою верстата 2P135Ф2 та органами його керування.

6.8.2 Ознайомитись з блок-схемою ОЧПУ верстата.

6.8.3 Вивчити код ISO – 7bit.

6.8.4 Виконати креслення оброблюваної деталі (рис. 6.3).

6.8.5 Вибрати послідовність обробки деталі.

6.8.6 Підібрати інструмент та вибрати режими обробки (можна використовувати режими п.10).

6.8.7 Скласти керуючу програму обробки деталі.

6.8.8 Ввести програму в ОЧПУ верстата і обробити деталь.

### 6.9 Рекомендований порядок обробки деталі (рис. 6.3, а)

6.9.1 Свердлити отвір  $\varnothing 20$  мм. Подача  $S = 0,15 - 0,20$  мм/об, швидкість різання  $V = 43$  м/хв.

6.9.2 Свердлити три отвори  $\varnothing 10$  мм. Подача  $S = 0,15 - 0,20$  мм/об, швидкість різання  $V = 30- 32$  м/хв.

6.9.3 Зенкувати три фаски  $1 \times 45^\circ$ . Режими ті ж самі.

6.9.4 Свердлити отвір  $\varnothing 6,7$  мм під різь М8. Подача  $S = 0,08-0,1$  мм/об, швидкість різання  $V = 41$  м/хв.

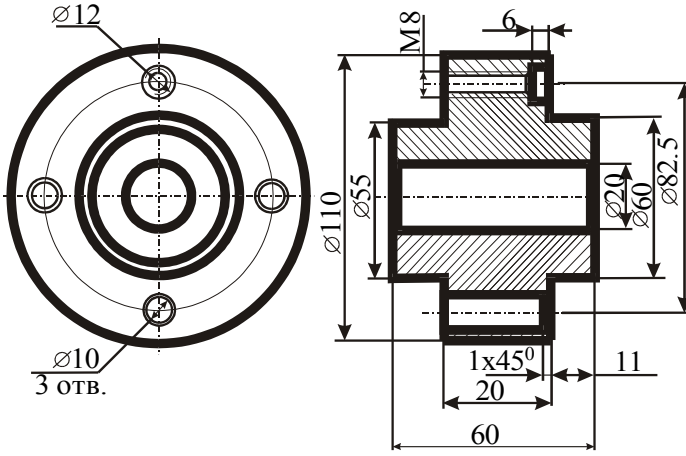
Таблиця 6.5 – Приклад запису програми.

Номер отвору	Значення інформації, що кодується		
0	:001	G81 T01 S10 F14 L01	R+000000 Z+000000 X+000000 Y+000000 ПС
1	N002		Y+007000 ПС
2	N003		X-011000 Y+006000 ПС
3	N004		Y-006000 ПС
4	N005		X+000000 Y-007000 ПС
5	N006		X+011000 Y-006000 ПС
6	N007		X+009000 Y+002000 ПС
7	N008		Y+006000 ПС
8	N009	G91	X+005000 ПС
0	:010	G81 T02 S08 F10L02	Z+009000 X+000000 Y+000000 ПС
1	N011		Y+007000 ПС
2	N012		X-011000 Y+006000 ПС
3	N013		Y-006000 ПС
4	N014		X+000000 Y-007000 ПС
5	N015	G91	X+011000 Y-006000 ПС
5	:016	G81 T03 S06 F12 L04	ПС
4	N017		X+000000 Y-007000 ПС
3	N018		X-011000 Y-006000 ПС
2	N019		Y+006000 ПС
1	N020	G91	X+000000 Y+007000 ПС
0	:021	G94 T06 S03 F04 L09	X+003600 Y+000000 ПС
2	:022	G81 T04 S03 F05 L06	Z+009000 X-011000 Y+006000 ПС

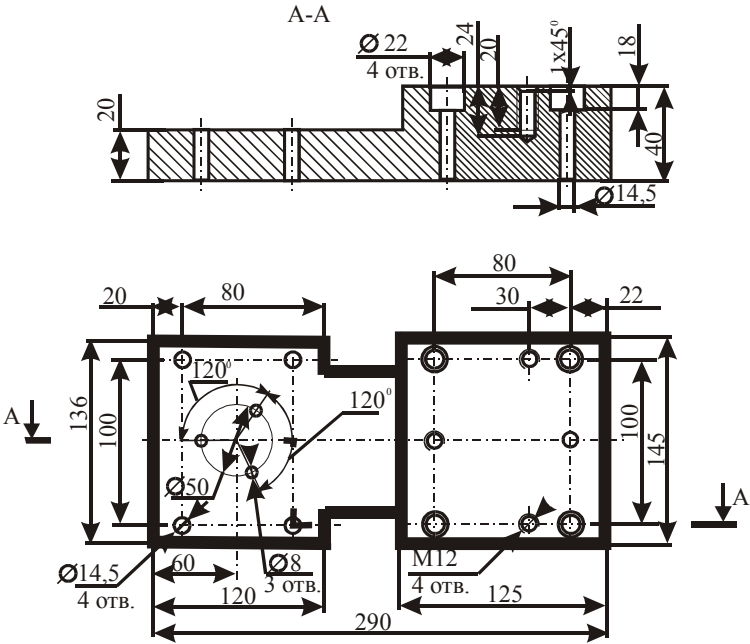
6.9.5 Зенкувати отвір Ø12 мм на глибину 5 мм. Подача  $S = 0,08 - 0,12$  мм/об, швидкість різання  $V = 40$  м/хв.

6.9.6 Нарізати різь М8, швидкість  $V = 4,6$  м/хв. Під час нарізання різі значення подачі береться найближчим меншим. Різниця фактичної подачі і потрібної для нарізання різі заданого кроку компенсується конструкцією різьбонарізного патрона.

На інші деталі режими обробки вибираються за аналогією.



a)



b)

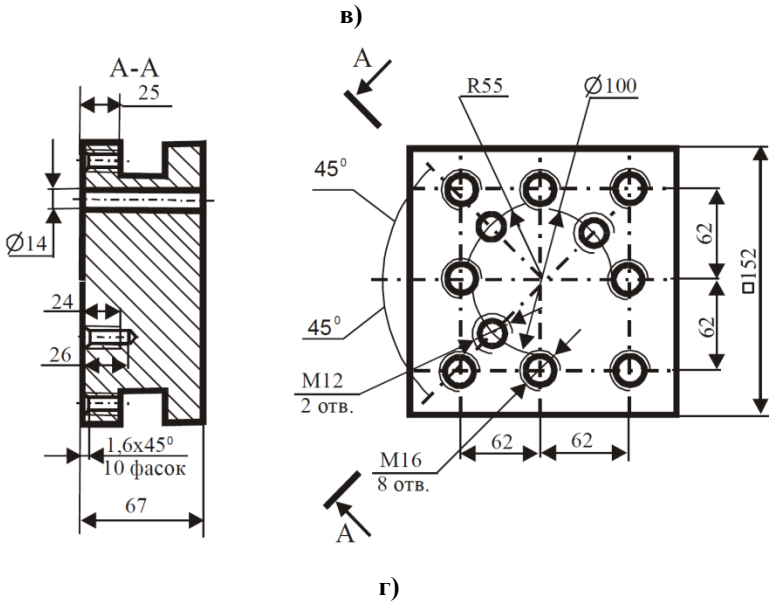
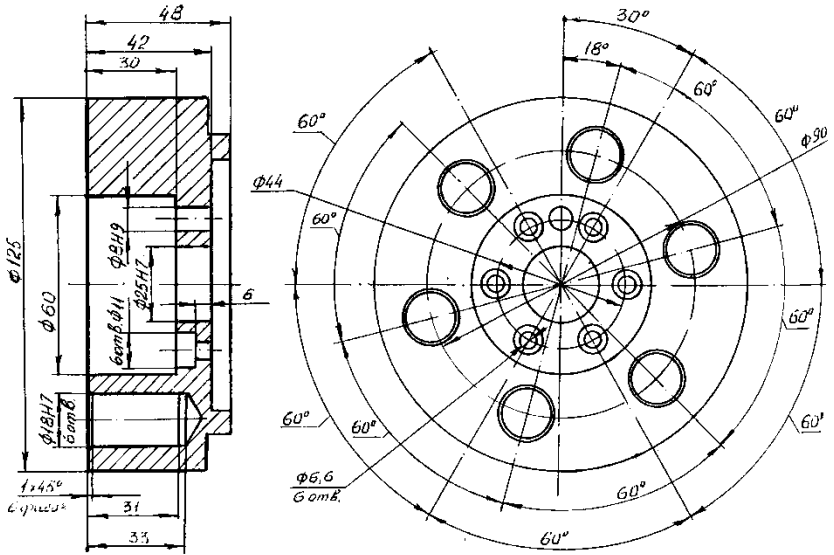


Рисунок 6.3 - Ескізи деталей для обробки на верстаті

### **6.10 Оформлення звіту**

Звіт повинен містити:

- 6.10.1 Блок-схему ОЧПУ верстата.
- 6.10.2 Креслення оброблюваної деталі.
- 6.10.3 Керуючу програму обробки.

### **6.11 Контрольні запитання**

- 6.11.1 Як здійснюється заміна інструмента на верстаті?
- 6.11.2 Як здійснюється позиціонування стола?
- 6.11.3 В яких режимах може працювати ОЧПУ?
- 6.11.4 Яке призначення стандартних циклів? Яка відмінність між циклами G 80 та циклами G 90?
- 6.11.5 Що таке головний кадр і як він позначається в програмі?

### **6.12 Рекомендована література**

1. Гусев И.Т. и др. Устройства числового программного управления: Учебное пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 1986. - 295 с.
2. Локтева С.С. Станки с программным управлением и промышленные роботы: Учебник для машиностроительных техникумов. -2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностр., 1986. -230 с.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7**

### **ТОКАРНИЙ РОБОТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС**

#### **7.1 Мета роботи**

Метою лабораторної роботи є вивчення конструкції, кінематичної схеми і системи керування токарного роботизованого комплексу (ТРК) і окремих його складових частин.

#### **7.2 Зміст роботи**

7.2.1 Ознайомитись з призначенням і складом ТРК.

7.2.2 Вивчити конструкцію і кінематичну схему токарного верстата.

7.2.3 Ознайомитись з системою ЧПУ верстатом.

7.2.4 Розробити програму обробки деталі.

#### **7.3 Обладнання та інструмент**

7.3.1 Верстат токарний мод. 16К20Ф3.

7.3.2 Промисловий робот мод. М10П.

7.3.3 Тактовий стіл мод. СТ220.

7.3.4 Різці, свердла.

#### **7.4 Токарний роботизований комплекс мод 16К20Ф3**

7.4.1 Призначення комплексу і його склад.

Токарний роботизований комплекс мод. 16К20Ф3 призначений для токарної обробки деталей типу тіл обертання в автоматичному циклі з обмеженою участю обслуговуючого персоналу.

До складу ТРК входять (рис. 7.1):

1 - верстат токарний патронно-центровий мод. 16К20Ф3С132;

2 - обладнання ЧПУ (ОЧПУ) верстатом типу WL4;

3 - промисловий робот мод. М10П.62.01;

4 - обладнання ЧПУ роботом типу "Контур-1";

5 - тактовий стіл мод. СТ220;

6 - стояк тактового стола;

7,8 - огорожа

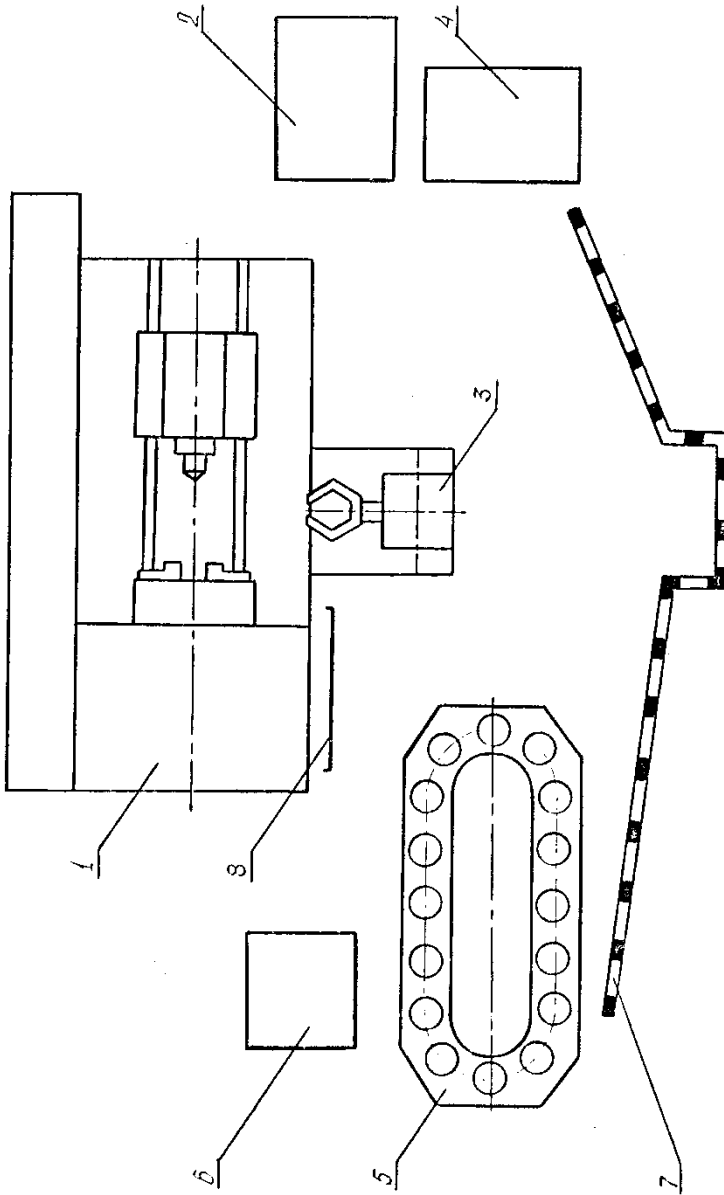


Рисунок 7.1 – Токарний роботизований комплекс

На ТРК можна обробляти деталі з штучних заготовок з закріпленням в механізованому патроні з підтиском, в разі потреби, центром, що змонтований в пінолі задньої бабки. Привод переміщення пінолі механізований. В процесі підготовки ТРК до роботи заготовки встановлюються на пластинах (піддонах) тактового стола, звідки вони автоматично по черзі передаються роботом на верстат. Оброблені деталі роботом знімаються з верстата і розміщуються в вільні позиції тактового стола або в тарі.

Програма обробки конкретної деталі вводиться в обладнання ЧПУ верстатом з клавіатури, магнітної касети або телеканалом.

Програма переміщення робота для установаження і знімання деталі вводиться в ОЧПУ робота в режимі навчання і може зберігатись в пам'яті ОЧПУ.

ТРК використовують як спеціалізоване обладнання для обробки визначеного класу деталей в дрібносерійному та серійному виробництві з партіями деталей, що повторюються.

#### 7.4.2 Основні технічні дані і характеристики ТРК.

Найбільший діаметр виробу, що встановлюється, мм	
над станиною	500
над супортом	215
Найбільше поздовжнє переміщення супорта, мм	900
Діапазон частот обертання, хв <sup>-1</sup>	22,4 – 2240
Діапазон кроків різьб, що нарізуються, мм	0,01 - 40,969
Вантажопідйомність робота, кг	10
Число ступенів рухомості робота, не враховуючи кліщів	6
Тип системи керування роботом	позиційна
Об'єм пам'яті системи, кількість точок	600
Похибка позиціонування, мм	± 0,5
Діапазон кліщів за зовнішнім діаметром, мм	20...150
Число пластин на тактовому столі	24
Загальна потужність електродвигунів ТРК, кВт	26
Габарити ТРК з урахуванням зони обслуговування (орієнтовно), мм:	
довжина	4100
ширина	3800
висота	1900

### 7.5 Кінематична схема верстата мод. 16К20Ф3

Верстат має три механічно незалежні приводи основних робочих органів: головного руху, поздовжньої подачі і поперечної подачі (рис. 7.2).

#### 7.5.1 Привід головного руху.

Привід складається з регульованого електродвигуна постійного струму, поліклинкової пасової передачі і триступінчастого механічного переборного пристрою, розміщеного в передній бабці. Частота обертання шпинделя регулюється безступінчасто, автоматично, згідно з програмою в одному з трьох діапазонів:

$$I - 20 \dots 325 \text{ хв}^{-1}$$

$$II - 63 \dots 900 \text{ хв}^{-1}$$

$$III - 160 \dots 2240 \text{ хв}^{-1}$$

Перемикання діапазонів здійснюється вручну, але їхні частоти обертання вибрані з урахуванням основних матеріалів інструмента і заготовок, швидкостей різання, оброблюваних діаметрів та видів обробки так, щоб була можливість відпрацювати робочі програми типових деталей в одному з діапазонів.

Розгорнуте рівняння кінематичного балансу:

$$225 \dots 3500 \text{ хв}^{-1} \cdot \frac{124}{264} \cdot \frac{48}{48} \cdot \left( \begin{array}{c} \frac{60}{48} \\ \frac{30}{60} \\ \frac{24}{66} \end{array} \cdot \frac{30}{60} \right) = n \text{ хв}^{-1} \text{ шпинделя}$$

Характерною особливістю регульованого приводу є двозонне залежне керування частотою обертання вихідного вала електродвигуна. В схемі тиристорний перетворювач - двигун постійного струму зміна частоти обертання двигуна від  $n_{\max} = 3500 \text{ хв}^{-1}$  до  $n_0 = 1000 \text{ хв}^{-1}$  досягається при  $N_e = \text{const}$  регулюванням напруги струму статора.

Регулюванням напруги струму якоря за незмінного струму статора досягається зміна частоти обертання двигуна від  $n_0 = 1000 \text{ хв}^{-1}$  до  $n_{\min} = 225 \text{ хв}^{-1}$  при  $M = \text{const}$ .

#### 7.5.2 Приводи подач.



## 7.6 Обладнання ЧПУ WL4

### 7.6.1 Призначення

Базована на персональному комп'ютері система числового програмного керування WL4 призначена для використання в фрезерних та токарних верстатах с базовими функціями автоматичного керування.

Обладнання ЧПУ оснащено фіксованим програмним забезпеченням (ПЗ).

Основні функції ПЗ:

- введення, виведення, редагування керуючих програм (КП);
- реалізація режимів роботи ОЧПУ;
- реалізація функцій електроавтоматики верстатів;
- видача послідовності керуючих команд;
- індикація оперативної інформації;
- контроль і діагностика верстата;

6.2 Характеристики системи керування (токарний варіант) (табл.7.1).

Таблиця 7.1 – Параметри системи керування

Параметр	Технічна характеристика
1	2
Число керованих координат (одночасно)	2(2)
Спосіб інтерполяції	Лінійна, кругова
Точність інтерполяції	0,001 мм
Типи датчиків зворотного зв'язку за положенням, що використовуються	Оптичний (лінійний чи круговий) з цифровим виходом
Програмоносії	1. Твердотільні диски (ТД) флеш-пам'яті від 32Mb до 1Gb 2. Канал зв'язку RS-232 3. USB – Flash 4. Мережевий канал зв'язку, протокол FTP
Формат керуючої програми	Формат зі змінною довжиною кадру і слова - розширений G-Code

Продовження таблиці 7.1

1	2
Режими виконання програми	Прискорений; Робочий; По кадровий; Пошук кадру;
Індикація (під режим 1 – повна)	Положення інструмента; Програмні координати; Залишок шляху в кадрі; Швидкість подачі; Оберти і напрямок обертання шпинделя; Ім'я поточної програми; Поточний та декілька наступних кадрів.

Для виконання програмного забезпечення необхідно мати (токарний варіант):

- обладнання WL4T;
- токарний (карусельний) верстат;
- записані в ППЗУ ОЧПУ WL4T програми базового математичного забезпечення (БМЗ) і електроавтоматики (ЕА) конкретного верстата.

### 7.6.3 Склад системи керування

Система керування складається з робочого терміналу, пульта керування і блоку контролерів. Всі органи керування розміщуються на робочому терміналі і пульті керування. Робочий термінал і пульт керування конструктивно можуть розміщуватися на одній панелі чи на рознесених панелях, в залежності від поставки.

На рис. 7.3 показаний зовнішній вид передньої панелі системи керування, на якій розміщені робочий термінал і елементи пульта керування.

Перемикач режимів роботи забезпечує вибір необхідного режиму роботи з усіх можливих. Перемикач має вигляд показаний на рис. 7.4. Клавіші перемикача забезпечують такі режими роботи: 1 - автоматичний режим (робота за програмою); 2 - по кадровий режим (робота за програмою); 3 – повернення в точку програми; 4 – ручний режим (вільні переміщення); 5 - режим дискретних переміщень; 6 - режим MDI (завдання команд з терміналу); 7 - позиціонування в точку заміни інструмента; 8 – вихід в нуль.

Кнопки динамічної функціональної клавіатури F1 – F10 не мають фіксованих призначень. В різних режимах роботи ОЧПУ для

кнопок ДФК динамічно присвоюються поточні значення. В кожен момент часу поточна функція кожної кнопки ДФК відображається на екрані пристрою відображення в нижній частині екрану в смузї зони, виділеної для кожної кнопки.

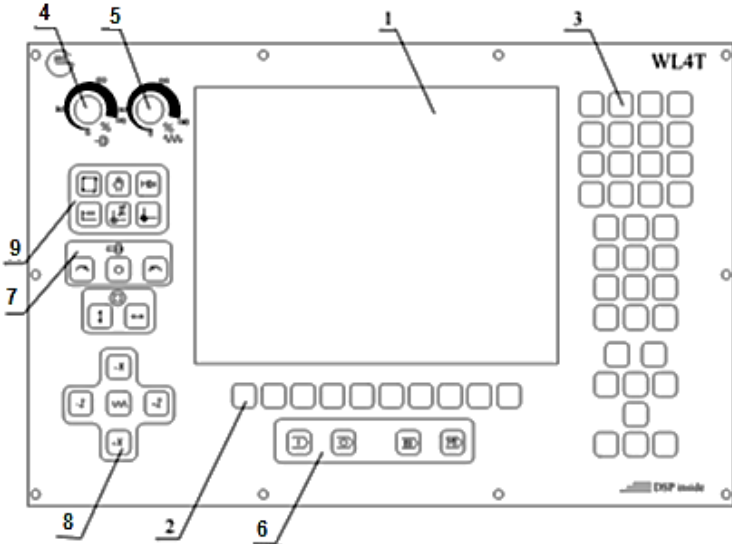


Рисунок 7.3 – Передня панель системи керування WL4T.

1. Екран пристрою відтворення інформації, 2. Динамічна функціональна клавіатура, 3. Статична клавіатура, 4. Регулятор плавної ручної обертання шпинделя, 5. Регулятор плавної ручної зміни швидкості подачі, 6. Кнопки керування програмою, 7. Кнопки керування шпинделем, 8. Кнопки керування подачею, 9. Перемикач режимів роботи

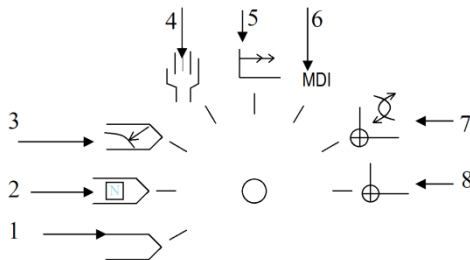


Рисунок 7.4 – Перемикач режимів роботи обладнання

Статична клавіатура призначена для введення даних в систему керування и складається з блоків цифрової, символної клавіатури і

блоку статичної функціональної клавіатури. Блок статичної функціональної клавіатури показано на рис. 7.5.

#### 7.6.4 Керування індикацією

Керування індикацією здійснюється командами вибору індикації, в ході виконання яких змінюється вид індикації на екрані. Крім того, передбачені свої команди керування.

“ВИД А” (F1)- Основний вид відтворення інформації;

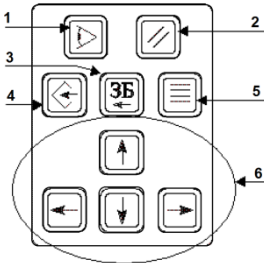


Рисунок 7.5 - Блок статичної функціональної клавіатури

1 - Кнопка “Індикація” – перехід між різними елементами індикації поточного стану системи керування. 2 - Кнопка “Скидання” – скидання помилок, скидання контролера переміщень, установка поточної програми на початок. 3 - Кнопка “Забій” – видалення символу перед курсором.

4 - Кнопка “Введення” – ініціалізація введення в обране поле; підтвердження закінчення вводу; переведення рядка і повернення каретки в режимі редагування КП. 5 - Кнопка “Пробіл”. 6 - Кнопки переміщення курсору/маркера.

“ВИД Б” (F2)- Додатковий вид відтворення інформації;

“ПРОГРАМИ” (F3) - Робота с керуючими програмами;

“ПАРАМЕТРИ” (F4) - Відтворення параметрів, коректорів;

“ПОМИЛКИ” (F5) - Розширена індикація помилок, повідомлень.

## 7.7. Основні положення програмування

### 7.7.1 Структура програми

Кожна програма повинна починатися словом "Початок програми" (символ %), після якого ставиться ім'я програми і символи "Кінець кадру". Ім'я програми не повинно бути довшим 80 символів. Далі йдуть кадри зі своїми номерами.

Програма повинна закінчуватися словом M2 ("Кінець програми") або M30 ("Кінець інформації"), після якого ставиться рядок з символом "%".

Цифрові двозначні імена програм від "00" до "99" зарезервовані для користувацьких підпрограм і циклів.

Цифрові однозначні імена програм від "0" до "9" зарезервовані для системних підпрограм.

## 7.7.1.1 Структура слова

Слово складається з букви адреси та послідовності цифр з попереднім знаком або без нього.

Приклад:

X.23

Z123.4

M2

Для запису слів з використанням десяткового знака можуть бути опущені незначущі нулі, що стоять до і (або) після знаку (наприклад, запис X.003 означає розмір 0.003 мм по осі X; запис X1030 - розмір 1030.000 мм по осі X); розмір, представлений одними нулями, може бути записаний одним нулем.

Назви слів з переліком адрес і діапазоном значень, що використовуються, наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2. – Перелік адрес

Слово	Адреса	Межі значень	Сенс
1	2	3	4
Ім'я програми	%	09 AZ	Ім'я програми
Номер кадру	N	1 - 65535	Номер кадру. Команда переходу на мітку
Підготовча функція	G	0 - 99	Визначення виду руху робочого органу
Розмірні слова	X, Y, Z A, B, C	-9999.999 мм (град) +9999.999 мм(град)	Переміщення за координатами абс./відн. (залежно від G90/G91)
Розмірні слова	U, V, W	-9999.999 мм +9999.999 мм	Переміщення за корд. в збільшеннях
Розмірні слова	I, J, K	-9999.999 мм +9999.999 мм	Параметри вектора радіуса при коловій інтерполяції.
Виклик підпрограми	L	nnpp	Виклик підпрограми № nn, повтор - pp разів
Величина подачі	F	0.001-99999.999 мм/хв.	Завдання величини подачі

## Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4
Номер коректора радіуса інструменту	D	0 - 127	Номер коректора радіуса інструменту
Номер коректора довжини інструменту	H	0 - 127	Номер коректора довжини інструменту
Тривалість паузи	E	0 - 99999.999 с	Тривалість паузи
Допоміжна функція	M	0-99	Вказівка на двопозиційне керування (вкл./викл.) на верстаті
Розмірне слово	R	0 - 99999.999 с	Радіус дуги при коловій інтерполяції до 180°
Частота обертання шпинделя	S	0-65535	Завдання частоти обертання шпинделя
Допоміжна функція	T	0-99	Виклик підпрограми зміни інструменту
Змінна	#	1-399	Посилання на значення змінної
Коментар	\$		Ознака закінчення команд і початку коментаря

## 7.7.1.2. Структура кадру

Довжина кадру не повинна перевищувати 80 символів.

За винятком слова N, слова в кадрі можуть розташовуватися в довільному порядку. Слово N повинно бути першим у кадрі. При повторенні слова з однією адресою в одному кадрі, буде використане слово, що зустрічається останнім. Допускається використовувати декілька слів з адресами G і M. Будь-яке слово може бути пропущене,

якщо воно не є обов'язковим в кадрі. Провідні нулі у всіх словах дозволяється опускати. Завершальні нулі і крапку в адресах з фіксованою крапкою дозволяється опускати .

Слово "Номер кадру" не є обов'язковим в кадрі. За відсутності слова "Номер кадру" кадр не може бути використаний для пошуку кадру. У послідовності номерів кадрів можуть мати місце будь-які переходи і послідовність номерів.

Кожен кадр повинен закінчуватися символом "Кінець кадру" (CR, LF).

### 7.7.2. Завдання підготовчих операцій

Підготовчі операції задаються словом, що містить адресу G і наступний за ним номер підготовчої функції. Перелік цих функцій наведено в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Підготовчі функції G

Код G	Група	Функція
1	2	3
0		Позиціювання (прискорене переміщення)
1	1	Лінійна інтерполяція ( робоча подача )
2		Кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою
3		Кругова інтерполяція проти годинникової стрілки
12		Галтель (кругова інтерполяція, дуга 90°) за годинниковою стрілкою
13		Галтель (кругова інтерполяція, дуга 90°) проти годинникової стрілки
32*		Різьбовий рух
33**		Зворотно-поступальний різьбовий рух
4		Пауза
9		Гальмування в кінці кадр
31*, 70-79		Технологічні токарні цикли
17	2	Вибір площини обробки XY
18		Вибір площині обробки XZ

Продовження таблиці 7.3

1	2	3
19	2	Вибір площині обробки YZ
40	3	Скасування корекції на радіус інструменту
41		Корекція на радіус інструменту ліворуч
42		Корекція на радіус інструменту праворуч
43	4	Корекція на довжину інструменту в +
44		Корекція на довжину інструменту в -
49		Скасування корекції на довжину інструменту
50	11	Відміна дзеркального відображення траєкторії руху
51		Включення / вимикання дзеркального відображення траєкторії руху
53	5	Повернення до системи координат верстата
54-59		Вибір координатної системи заготовки 1 - 6
92		Завдання системи координат
60	6	Гальмування в кінці кадру
63		Гальмування в кінці кадру, фіксація 100% ручного регулювання подач
64		Автоматичний розрахунок швидкості наприкінці кадру
80	7	Відміна постійного циклу
81-89		Включення постійного циклу
90	8	Завдання в абсолютних величинах
91		Завдання в збільшеннях
94	9	Подача F в мм/хв.
95*		Подача F в мм/оберт
96*	10	S - постійна контурна швидкість різання в м/хв. (токарн.)
97		S - частота обертання в об/хв. (токарн.)

7.7.2.1 G0 – позиціонування

G0  $\alpha$ ---- $\beta$ ---- $\gamma$

За допомогою даної команди можна запрограмувати позиціонування в режимі прискореного переміщення.

Символи,  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $\gamma$  вибираються з адрес X, Y, Z, U, V, W, A, B, C і задають величини переміщення. При використанні X, Y, Z, A, B, C відповідно до стану G90/G91, дане завдання є або абсолютним, або в збільшеннях, в той час як при використанні U, V, W дане завдання є завданням у збільшеннях незалежно від стану G90/G91.

При цьому траєкторія інструменту відповідає лінійній інтерполяції з утворенням прямої лінії, що йде від початкової до кінцевої точок.

У режимі G0 завжди відбувається уповільнення і виконується перевірка досягнення необхідної точки, і потім здійснюється перехід у наступний кадр.

#### 7.7.2.2 G4 пауза

G4 E----

Час затримки вказується в адресі E. Допустимі значення затримки від 0.001 секунди до 99999.999 секунд.

Завдання паузи необхідно при вільному різанні, для зміни числа обертів. G4 діє в кадрі.

#### 7.7.2.3 G12, G13 – галтель (кругова інтерполяція дуги 90°)

G12  $\alpha$ ---- $\beta$ ----

G13  $\alpha$ ---- $\beta$ ----

За допомогою даної команди можна запрограмувати жолобник - дугу кола в 90° кінці якої лежать на границях одного квадранта. Радіус дуги розраховується автоматично.

G12 - жолобник за годинниковою стрілкою;

G13 - жолобник проти годинникової стрілки.

Символи  $\alpha$  і  $\beta$  вибираються з адрес X, Y, Z, U, V, W і задають величини переміщення, і відповідно до стану G90/G91 дане завдання є або в абсолюті, або в збільшеннях (крім U, V, W). Площина обробки визначається функцією G17/18/19 і їй відповідають адреси  $\alpha$   $\beta$ .

Приклад:

G90G54G17G0X0Y100 \$ позиціонування в точку X0Y100

G12X100Y0R100 \$ дуга 90 ° в точку X100Y0, радіус 100.

#### 7.7.2.4 Вставка фаски

Між двома кадрами інтерполяції допускається вказувати автоматичне зняття рівнобедреної фаски з довжиною сторони, заданої

адресою В. Фаска знімається в поточній площині обробки, заданій командою G17/G18/G19 (рис. 7.6).

Вказівка вставки фаски припустима лише в тому випадку, якщо адреса В не використовується системою для завдання переміщень за додатковою круговою віссю.

Завдання фаски допускається як між кадрами з лінійною інтерполяцією, так і з круговою, в будь-якій комбінації.

Якщо довжина катета фаски перевищує довжину переміщення в кадрі, видається повідомлення про помилку.

Приклад:

```
...
N50 G0 X40 Z70
N51 G1 X100 F0.2 B10
N52 Z10
...
...
```

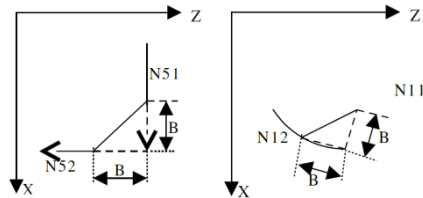


Рисунок 7.6 – Траєкторія виконання фаски

```
N10 G0 X60 Z80
N11 G3 X100 Z50 R50 B8 F0.2
N12 G2 X80 Z40 R40
```

#### 7.7.2.5 Введення у вихідних розмірах G90

При введенні у вихідних розмірах (абсолютних розмірах) усі вводи розмірів X, Y, Z, A, B, C відносяться до встановленої нульової точки оброблюваної деталі. Введення в вихідних розмірах дозволяє здійснювати простий вхід в програму і вихід з неї. Введення у вихідних розмірах полегшує також коригування програми в сфері геометрії.

#### 7.7.2.6 Використання адрес U, V, W

Допускається використання адрес U, V, W для завдання переміщення відповідно осей X, Y, Z. При цьому, незалежно від заданої функції G90/G91, величина переміщення розглядається системою як завдання в збільшеннях, значення функції G90/G91 при цьому не змінюється.

### 7.7.3 Вбудовані технологічні цикли

До вбудованих технологічних циклів відносяться цикл G31, цикли G70 - G78. Частина циклів є відкритими, тексти відкритих

циклів зберігаються в системній підпрограмі з ім'ям I і можуть бути змінені оператором.

Не слід плутати вбудовані технологічні цикли, які виконуються один раз коли вони зазначені командою G, і постійні цикли (G81-G89), які виконуються в кінці кожного кадру з переміщенням до скасування командою G80.

#### 7.7.3.1 G31 - багатопрохідний цикл різьбонарізання

Відкритий цикл G31 призначений для нарізування різі з автоматичним поділом припуску за проходами. Крок різі витримується для осі, що має більше переміщення при русі нарізування різі.

Цикл G31 має формат :

G31  $\alpha$ ---  $\beta$ ---F---P---I--- # 1 =--- # 2 = --- # 3 = --- # 4 = --- # 5 = ---  
де:

$\alpha$  - координата зовнішнього діаметра різі (X) або зсув до нього (U).

$\beta$  - координата кінцевої точки різі по Z або зсув до неї (W).

F - крок різі для осі з великим переміщенням

P - фаза початкової синхронізації 0 - 359.999 градусів.

I - збільшення кроку на оберт.

# 1 = ... глибина різі, додатна, на радіус, в збільшеннях .

# 2 = ... глибина різання за один прохід, додатна, на радіус , в збільшеннях.

# 3 = ... конусність, додатна, на діаметр, в збільшеннях.

# 4 = ... кут врізання, додатний, в градусах.

# 5 = ... модуль катета кінцевого збігу, додатний.

Схема відпрацювання циклу G31 показана на рисунку 7.7.

Рух починається з точки А (точка початку циклу) на швидкості прискорених переміщень в точку В (В' при ненульовому куті врізання). У точці В після збігу фази шпинделя з фазою, заданою в параметрі Р починається різьбовий рух у напрямку точки С. Збіг з різі також є різьбовим рухом. Після закінчення збігу проводиться прискорене переміщення в точку D, і потім повернення в початкову точку циклу на швидкості прискорених переміщень.

Вихідну точку циклу необхідно вибирати так, щоб вона відстояла від тіла деталі по осі X на 8-10мм, а по осі Z на 1-3 кроку різі.

Якщо F опущений, то передбачається завдання кроку, рівного поточному значенню F.

Якщо P опущений, то передбачається завдання P0 (фаза 00).

Допускається завдання фази синхронізації в межах  $0^0$  - $360^0$  з кроком  $0.001^0$ .

Якщо I опущений, то передбачається завдання I0 (постійний крок різі). Допускається завдання як додатного, так і від'ємного значення приросту кроку різі.

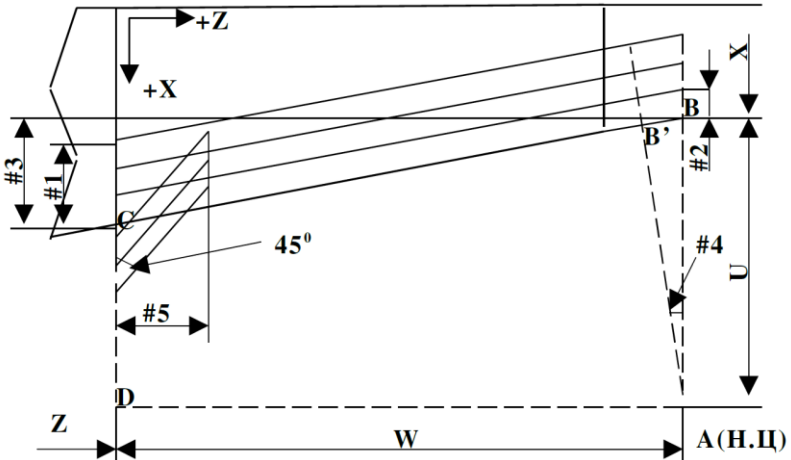


Рисунок 7.7 – Схема виконання циклу G31

Параметри циклу # 1, 2, 3, 4, 5 можуть не вказуватися в кадрі з G31. У цьому випадку будуть використані поточні значення відповідних змінних.

Значення змінної # 1 рівне нулю означає, що різь ріжеться за один прохід, при цьому під X повинен задаватися внутрішній діаметр різі.

Значення змінної # 2 рівне нулю при ненульовому значенні змінної # 1 не допускається.

Значення змінної # 3 рівне нулю означає завдання нульової конусності (циліндрична різь).

Значення змінної # 4 повинно задаватися в межах від  $0^0$  до  $79.999^0$ .

Значення змінної # 5 рівне нулю означає відсутність кінцевого збігу з різі і не рекомендується. При завданні конусності  $45^0$  і більше

значення змінної ігнорується і по досягненні кінцевої точки різьбового проходу виконується відвід інструмента на швидкості прискорених переміщень.

Якщо початковий діаметр різі більше діаметра початкової точки циклу, то це означає завдання циклу нарізування "внутрішньої" різі, при цьому збіг з різі буде виконуватися в бік осі шпинделя а завдання конусності призводить до зменшення діаметра різі при різьбовому русі.

Розподіл припуску за проходами для нарізування різі зображено на рисунку 7.8.

Глибина різання, задана параметром # 2, залишається постійною до тих пір, поки поточний припуск не стане меншим або дорівнює подвоєній глибині різання. Потім встановлюється глибина різання, рівна різниці А між поточним припуском і заданою глибиною різання # 2. Після цього припуск розподіляється на чотири проходу, глибина різання на яких відповідно буде # 2/2, # 2/4, # 2/8, # 2/8.

#### 7.7.3.2 G76 - універсальний цикл наближення

Цикл G76 є внутрішньосистемним і призначений для обробки ділянки кованої заготовки або лиття, коли заготовка наближено повторює необхідний контур ділянки деталі з припуском. Залежно від способу завдання кожен прохід циклу або повторює заданий контур з лінійним зсувом по осях, або еквідистанту до заданого контуру, з кожним проходом наближаючись до заданого контуру на крок різання.

Цикл використовується як для чорнової, так і для чистової обробки.

#### *Чорновий цикл лінійного наближення (рис. 7.9)*

G76 [G41|G42] G1|G0 X Z P Q I K U W E [TSFM]. P і Q номери початкового і кінцевого кадрів блоку програмованого контуру ділянки деталі. Блок кадрів, що описують контур ділянки деталі, може перебувати в будь-якому місці програми керування. У кадрах можуть використовуватися G коди тільки групи 1 (крім G32 і G33), групи 3 і групи 8. Використання інших G кодів призводить до помилки "заборонений код G".

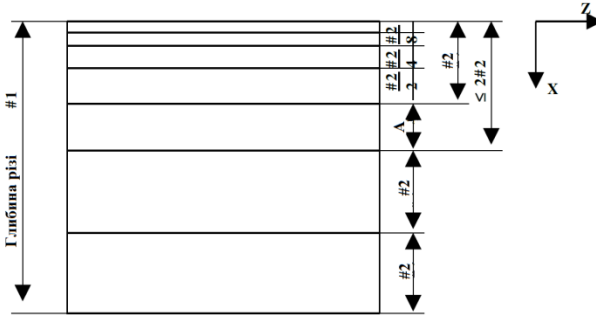


Рисунок 7.8 – Розподіл припуску для нарізування різи за проходами

G1|G0, X, Z - координати початку першого кадру блоку P Q. G1|G0 визначає, чи буде врізання на прохід виконуватися на робочій подачі або на холостому ході.

G41|G42 - вмикання корекції радіуса інструменту.

I, K - величини і напрямку припуску на чистову обробку за осями X і Z, на радіус, з урахуванням знака.

U, W - величини і напрямки початкового припуску заготовки по осях X і Z, на радіус, з урахуванням знака.

E - глибина різання на прохід, додатна, на радіус.

T, S, F, M - коди інструменту, частоти шпинделя, подачі, M команди.

Адреси, вказані у квадратних дужках не є обов'язковими. Після виконання циклу програма продовжується з наступного за командою циклу кадру з точки початку циклу. Подача F діє тільки в межах циклу. Значення адрес F, S, T, M задані в кадрах від P до Q ігноруються.

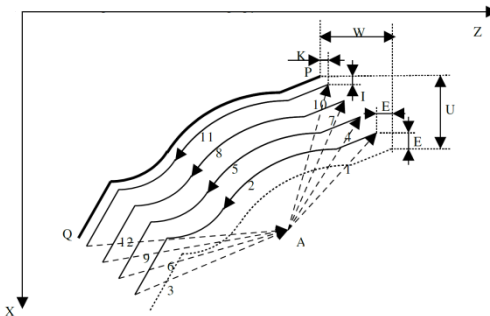


Рисунок 7.9 – Схема виконання чорнового циклу лінійного наближення G76.

### Чистовий цикл наближення.

Для чистової обробки деталі після чорнової обробки заготовки циклом наближення використовується команда

G76 [G41|G42] G1|G0 X Z P Q [IK] [R] [TSFM]

Як видно з команди, відмінність від команд чорнових циклів полягає у відсутності завдання глибини різання на прохід E і початкового припуску заготовки U W або C. Виконується один прохід по заданому контуру з можливістю завдання припуску (лінійного I, K або еквідистантного R) та врахування корекції радіуса інструменту з поверненням в точку початку циклу.

Значення адрес F S T M задані в квадратних дужках від P до Q ігноруються.

### Чорновий цикл еквідистантного наближення (рис. 7.10)

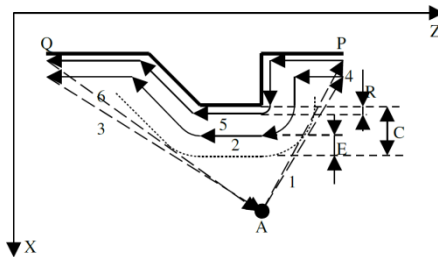


Рисунок 7.10 – Схема виконання чорнового циклу еквідистантного наближення G76.

У деяких випадках чорнова обробка з лінійним наближенням, що задається зміщенням контуру по осях, не може бути здійснена. Наприклад, якщо контур закритий, то можливо використання припуску тільки по одній осі, при цьому припуск по другій осі для вертикальних стінок закритих зон задати неможливо. Ця проблема вирішується шляхом завдання еквідистантним наближенням.

G76 G41 | G42 G1 | G0 X Z P Q R C E

Цикл аналогічний чорновому циклу лінійного наближення за винятком того, що:

- замість завдання величини і знака припуску на чистову обробку за осями в адресах I, K використовується адреса R для завдання величини еквідистантного припуску на чистову обробку;
- замість завдання величини і знака початкового припуску заготовки за осями в адресах U, W використовується адресу C для завдання величини еквідистантного початкового припуску.

Напрямок припуску визначається виходячи з коду вмикання корекції радіусу інструмента G41 (припуск ліворуч за напрямом руху) або G42 (припуск праворуч за напрямом руху). Завдання G41|G42 обов'язкове. По закінченні циклу корекція на радіус інструменту відключається автоматично.

### 7.7.3.3 G77 - універсальний поздовжній цикл.

Універсальний поздовжній цикл призначений для отримання ділянки деталі за заданим контуром шляхом обробки заготовки поздовжнім різанням вздовж осі Z. Цикл може використовуватися як для чорнової, так і для чистової обробки. Перед викликом циклу корекція радіусу інструмента повинна бути вимкнена і інструмент повинен позиціюватися в точку початку циклу A таким чином, щоб напрямок від точки A до точки початку запрограмованого контуру (P) за віссю X відповідав напрямку, в якому буде здійснюватися врізання на прохід. Вмикання корекції радіусу інструмента допускається в команді виклику циклу, корекція буде активна при виконанні циклу і буде автоматично вимкнена по його закінченні.

*G77 - чорновий поздовжній цикл по заданому контуру з лінійним припуском (рис. 7.11).*

G77 P Q [G41|G42] G1|G0 X [Z] [I] [K] E [TSFM]

P, Q номери початкового і кінцевого кадрів блоку, що програмує контур деталі. Блок кадрів, що описують контур деталі, може перебувати в будь-якому місці керуючої програми і не повинен перевищувати 200 кадрів. У кадрах можуть використовуватися G коди тільки групи 1 (крім G32 і G33), групи 3 і групи 8. Використання інших G кодів призводить до помилки "заборонений код G". Контур деталі може містити закриті зони (немонотонність за віссю X), єдиною умовою є монотонність контуру за віссю Z.

G1|G0, X, Z - координати початку першого кадру блоку P,Q. G1|G0 визначає, чи буде врізання на прохід виконуватися на робочій подачі або на холостому ході.

G41|G42 - вмикання корекції радіусу інструмента.

I, K - величини і напрям припуску на чистову обробку за осями X і Z, на радіус, з урахуванням знака.

E - глибина різання на прохід, додатна, на радіус.

T, S, F, M - коди інструменту, частоти шпинделя, подачі, M команди.

Адреси зазначені у квадратних дужках не є обов'язковими.

Після виконання циклу програма триває з наступного за командою циклу кадру з точки початку циклу. Подача F діє тільки в межах циклу. Значення адрес F, S, T, M задані в кадрах від P до Q ігноруються.

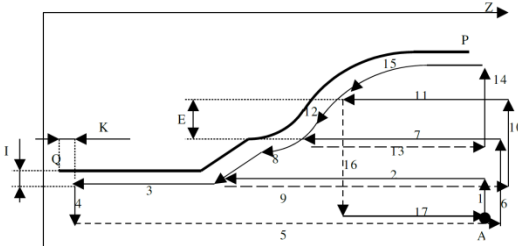


Рисунок 7.11 – Схема чорнового поздовжнього циклу з лінійним припуском G77.

```
% TEST_G77_1
```

```
....
```

```
N9 G0 X10 Z40 $ позиціонування в точку А початку циклу
N10 G77 G0 X2 Z45 P120 Q124 I0.5 K0.5 E2 F0.7 S500 M3
```

```
....
```

```
N120 G1 Z35 F0.3
N121 G2 X5 Z25 R10
N122 G3 X7 Z20 R8
N123 G1 X8.5 Z18
N124 Z5
```

```
M2 $ кінець програми
```

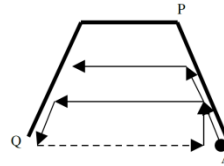


Рисунок 7.12 – Схема врізання.

Врізання на глибину проходу і вихід на глибину попереднього проходу виконується за заданим контуру, відхід від контуру для позиціонування в точку початку наступного проходу виконується на прискореному ході як показано на рис. 7.12.

Цикл працює у всіх чотирьох квадрантах площині.

Послідовність обробки закритих зон (рис. 7.13):

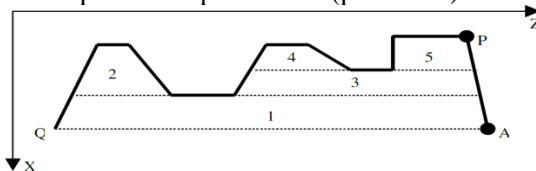


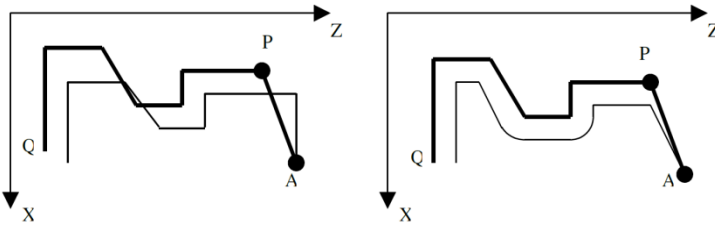
Рисунок 7.13 – Послідовність обробки закритих зон

Кількість закритих зон на контурі необмежена.

*G77 - чорновий поздовжній цикл по заданому контуру з еквідистантним припуском (рис. 7.14).*

У деяких випадках чорнова обробка з лінійним припуском, що задається зміщенням контуру за осями, не може бути здійснена. Наприклад, якщо контур закритий, то можливе використання припуску тільки по осі X, при цьому припуск по осі Z для задніх вертикальних стінок закритих зон задати неможливо. Ця проблема вирішується шляхом завдання еквідистантного припуску.

`G77 P Q G41|G42 G1|G0 X [Z] R E [T S F M]`



а) лінійний припуск (I, K)

б) еквідистантний припуск (R)

Рисунок 7.14 – Схема обробки закритих контурів

Цикл аналогічний чорновому подовжньому циклу по заданому контуру з лінійним припуском за винятком того, що замість завдання величини і знака припуску за осями в адресах I і K, використовується адреса R для завдання величини еквідистантного припуску. Напрямок припуску визначається виходячи з коду вмикання корекції радіусу інструмента G41 (припуск зліва за напрямом руху) або G42 (припуск праворуч за напрямом руху). Завдання G41|G42 обов'язкове. По закінченні циклу корекція на радіус інструменту відключається автоматично.

*G77 — чистовий поздовжній цикл по заданому контуру.*

Для чистової обробки деталі після чорнової обробки заготовки чорновим поздовжнім циклом використовується команда:

`G77 P Q [G41|G42] G1|G0 X [Z] [I K][R] [T S F M]`

Як видно з команди, відмінність від команд чорнових циклів полягає у відсутності завдання глибини різання на прохід E. Виконується один прохід по заданому контуру з можливістю завдання припуску (лінійного або еквідистантного) та врахування корекції радіусу інструмента з поверненням в точку початку циклу.

Значення адрес F S T M задані в кадрах від P до Q ігноруються.

Таким чином, повна обробка заготовки для отримання чистового контуру ділянки деталі може мати такий вигляд:

% TEST\_G77

....

N10 G0 Z100 \$ позиціювання в точку зміни інструменту

N11 T1 M6 \$ зміна інструменту

N12 G0 X10 Z40 \$ позиціювання в точку А почала циклу

\$ Чорновий поздовжній цикл з еквідистантним припуском

N13 G77 G41 G0 X2 Z45 P120 Q124 R0.5 E2 F0.7 S500 M3

N14 G0 Z100 \$ позиціювання в точку зміни інструменту

N15 T2 M6 \$ зміна інструменту

N16 G0 X10 Z40 \$ позиціювання в точку А почала циклу

\$ Перший чистовий прохід з еквідистантним припуском

N11 G77 G41 G0 X2 Z45 P120 Q124 R0.2 F0.3 S800

\$ Другий чистовий прохід без припуску

N12 G77 G41 G0 X2 Z45 P120 Q124 F0.3 S800

M2 \$ кінець програми

N120 G1 Z35

N121 G2 X5 Z25 R10

N122 G3 X7 Z20 R8

N123 G1 X8.5 Z18

N124 Z5

%

#### 7.7.3.4 G78 - універсальний поперечний цикл

Універсальний поперечний цикл призначений для отримання ділянки деталі по заданому контуру шляхом обробки заготовки поперечним різанням уздовж осі X. Цикл може використовуватися як для чорнової, так і для чистової обробки. Перед викликом циклу корекція радіуса інструменту повинна бути виключена і інструмент повинен позиціюватися в точку початку циклу А таким чином, щоб напрямок від точки А до точки початку запрограмованого контуру (Р) по осі Z відповідав напрямку, в якому буде здійснюватися врізання на прохід. Включення корекції радіуса інструменту допускається в команді виклику циклу, корекція буде активна при виконанні циклу і буде автоматично вимкнена по його закінченні.

Цикл аналогічний циклу G77 за винятком того, що точіння виконується паралельно осі X і заданий контур деталі повинен бути монотонним по осі X.

*G78 чорновий поперечний цикл по заданому контуру з лінійним припуском (рис. 7.15).*

G78 P Q [G41|G42] G1|G0 [X]Z [I][K] E [T S F M]

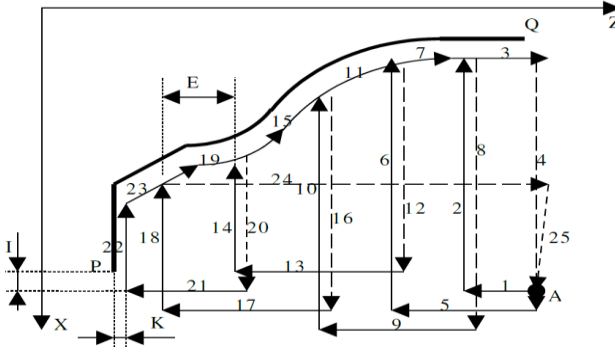


Рисунок 7.15 – Схема чорнового поперечний цикл по заданому контуру з лінійним припуском G78.

Спосіб завдання циклу повністю аналогічний завданню чорнового поздовжнього циклу з лінійним припуском, всі аргументи циклу мають той самий зміст. Контур деталі P Q може містити закриті зони (немонотонність по осі Z), єдиною умовою є монотонність контуру по осі X. Цикл працює у всіх чотирьох квадрантах площини. Слід звернути увагу на напрямок запрограмованого контуру, точка P - початок першого запрограмованого кадру контуру, точка Q - кінець останнього запрограмованого кадру контуру.

*G78 чорновий поперечний цикл по заданому контуру з еквідистантним припуском*

G78 P Q G41|G42 G1|G0 [X] Z R E [T S F M]

Цикл аналогічний чорновому поперечному циклу по заданому контуру з лінійним припуском за винятком того, що замість завдання величини і знака припуску за осями в адресах I, K використовується адреса R для завдання величини еквідистантного припуску. Напрямок припуску визначається виходячи з коду вмикання корекції радіусу інструмента G41 (припуск зліва за напрямом руху) або G42 (припуск праворуч за напрямом руху). Завдання G41|G42 обов'язкове. По

закінченні циклу корекція на радіус інструмента вимикається автоматично.

*G78 чистовий поперечний цикл по заданому контуру*

Для чистової обробки деталі після чорнової обробки заготовки чорновим поперечним циклом використовується команда

G78 P Q [G41|G42] G1|G0 [X] Z [I] [K] [R] [T S F M]

Як видно з команди, відміна від команд чорнових циклів полягає у відсутності завдання глибини різання на прохід E. Виконується один прохід по заданому контуру з можливістю завдання припуску (лінійного або еквідистантного) та врахування корекції радіусу інструмента з поверненням в точку початку циклу.

Значення адрес F S T M задані в кадрах від P до Q ігноруються.

Повна обробка заготовки для отримання чистового контуру ділянки деталі може бути подана наступним чином:

% TEST\_G78

....

N10 G0 Z100 \$ позиціювання в точку зміни інструменту

N11 T1 M6 \$ зміна інструменту

N12 G0 X10 Z40 \$ позиціювання в точку A початку циклу

\$ Чорновий поперечний цикл з еквідистантним припуском

N13 G78 G41 G0 X10 Z5 P120 Q124 R0.5 E2 F0.7 S500 M3

N14 G0 Z100 \$ позиціювання в точку зміни інструменту

N15 T2 M6 \$ зміна інструменту

N16 G0 X10 Z40 \$ позиціювання в точку A початку циклу

\$ Перший чистової прохід з еквідистантним припуском

N11 G78 G41 G0 X10 Z5 P120 Q124 R0.2 F0.3 S800

\$ Другий чистової прохід без припуску

N12 G78 G41 G0 X10 Z5 P120 Q124 F0.3 S800

....

M2 \$ кінець програми

N120 G1 X8.5

N121 G1 X8 Z15

N122 G3 X7 Z20 R10

N123 G2 X5 Z25 R8

N124 Z40

%

### 7.7.3.5 G74 - Багатопрхідний цикл нарізування торцевих канавок

Відкритий цикл G74 забезпечує нарізування на торці концентричних канавок або однієї широкої канавки (рис. 7.16).

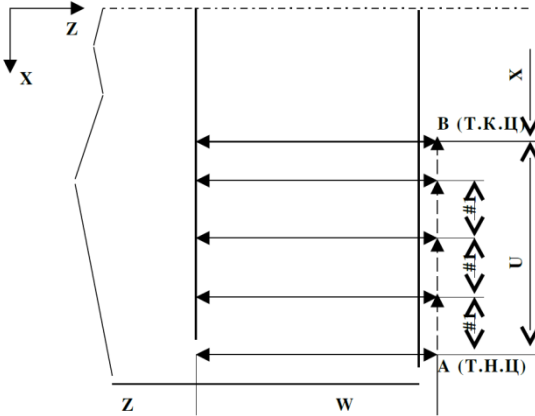


Рисунок 7.16 - Багатопрхідний цикл нарізування торцевих канавок.

Цикл G74 має такий формат:

G74  $\alpha$  ---  $\beta$  --- F --- #1 = ---

Де:  $\alpha$  - координата діаметра (X) або зсув (U) до вихідної точки останнього різання;

$\beta$  - координата дна канавки по Z або зсув до неї (W);

F – робоча подача;

# 1 = ... крок канавки, позитивний, в збільшеннях, на діаметр.

Цикл працює за схемою, наведеною на рисунку 7.16.

### 7.7.3.6 G75 - Багатопрхідний цикл нарізування циліндричних канавок

Відкритий цикл G75 забезпечує нарізування циліндричних канавок або однієї широкої канавки на циліндричній ступені.

Цикл G75 має наступний формат:

G75  $\alpha$  ---  $\beta$  --- F --- #1 = ---

Де:  $\alpha$  - координата діаметра дна канавки (X) або зсув (U)

$\beta$  — координата Z або зсув (W) до вихідної точки останнього різання.

F — робоча подача

# 1 = ... крок канавки, позитивний, в збільшеннях.

Цикл G75 аналогічний циклу G74 і відрізняється від нього тим , що зняття припуску відбувається по осі Z.

Якщо F опущений , то передбачається завдання подачі, рівної поточному значенню F.

#### 7.7.4 Додаткові функції M

Таблиця 7.4 – Додаткові функції M

Код функції	Група	Функція починає діяти		Функція діє		Назва
		До початку переміщення в кадрі	Після виконання переміщення в кадрі	До відміни відповідн. допоміж. функцією	Тільки в кадрі, в якому задана	
M0	1		x		x	Програмована зупинка
M1	1		x		x	Зупинка з підтвердженням
M2	1		x		x	Кінець програми
M3	2	x		x		Оберт. шпинделя за год. стрілкою
M4	2	x		x		Оберт. шпинделя проти год. стрілкою
M5	2		x	x		Зупинка шпинделя
M19	2	x		x		Позиціювання шпинделя P—кут позиціювання
M6	3		x		x	Заміна інструмента
M7, M8	4	x		x		Включення охолодження
M9	4	x		x		Вимикання охолодження
M10-M29	5	x		x		Не визначені
M30	1		x		x	Кінець інформації
M31-M98	6		x		x	Не визначені
M99	1		x		x	Кінець підпрограми

Перелік задіяних додаткових функцій, момент початку і сфера дії вказані в таблиці 7.4. Решта функцій з номерами до 99 вільні й задіюються системою автоматики залежно від верстата.

Допускається програмування в одному кадрі кількох функцій М з різних груп, але не більше трьох команд початку кадру і трьох команд кінця кадру в одному кадрі.

#### 7.7.6 Функція заміни інструменту Т

Команда інструменту визначає необхідний для ділянки обробки інструмент (номер інструменту) і включає зсуви і радіус інструменту, задані оператором при прив'язці інструменту. Корекція на радіус інструменту буде включена або не включена в залежності від діючої функції **G40/41/42**.

Механічна зміна інструменту виконується командою **M6**, тому програмування слова **TnnM6** (за винятком **T0**) необхідно виконувати з обережністю, в безпечній позиції, щоб не спричинити пошкодження деталі або верстата.

При завданні **Tnn** без зазначення **M6** механічна зміна інструменту не виконується, але набувають чинності нові зсуви інструменту, задані при прив'язці інструменту.

При виборі нульового інструменту командою **T0** набувають чинності нульові значення зсувів і радіуса ( $dXs = 0$ ,  $dZs = 0$ ,  $R = 0$ ).

При виконанні функції Т номер нового інструменту заноситься в системну змінну # 121. В якості параметрів в підпрограмі зміни інструменту використовуються системні змінні:

- # 200 поточний номер інструменту (тільки читання) і
- # 121 новий номер інструменту.

#### 7.8 Оформлення звіту

Звіт повинен містити:

- 7.8.1 Коротку технічну характеристику ТРК.
- 7.8.2 Ескіз заданої деталі.
- 7.8.3 Програму обробки деталі. Варіанти деталей наведені в додатку А.

#### 7.9 Контрольні запитання

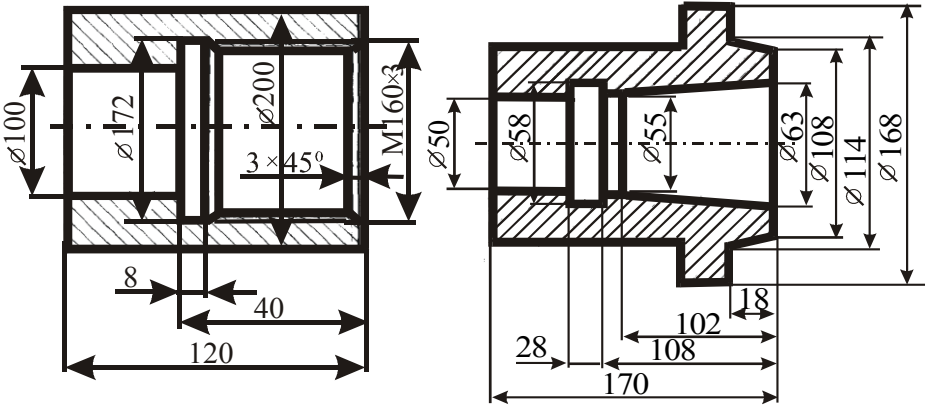
- 7.9.1 Назвіть основні вузли, що входять до складу ТРК.
- 7.9.2 Які особливості приводів головного руху і подачі токарного верстата мод. 16K20Ф3.

- 7.9.3 Які режими роботи передбачені в обладнанні WL4?
- 7.9.4 Призначення основних функціональних блоків обладнання.
- 7.9.5 Основні положення програмування в обладнанні WL4.
- 7.9.6 Як програмуються окремі конструктивні елементи деталей?
- 7.9.7 Структура програми і порядок побудови кадру.
- 7.9.8 Структура технологічних циклів.

#### **7.10 Рекомендована література**

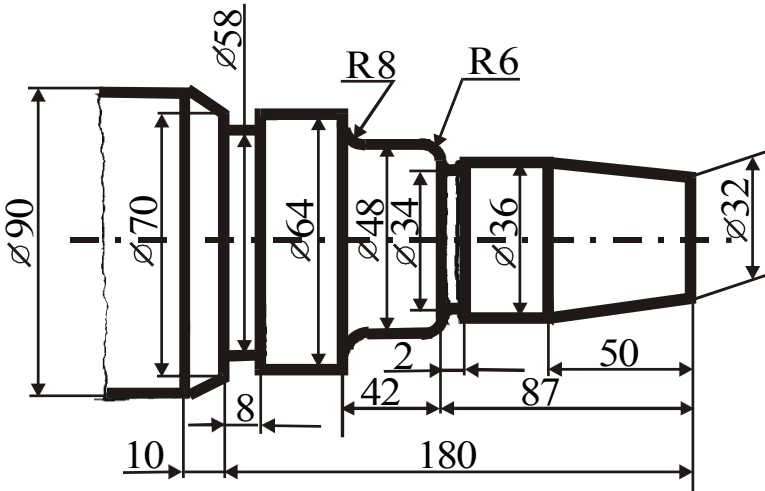
1. Металлорежущие станки: /Учебник для машиностроительных вузов/ под ред. В.Э. Пуша - М.: Машиностроение. 1986-256 с.
2. WL4. Руководство по программированию Версия 5.3. -West Labs ltd. Industrial Electronic Department. 2009 -97 с..

Додаток А – Ескізи деталей для програмування обробки до лабораторної роботи № 7

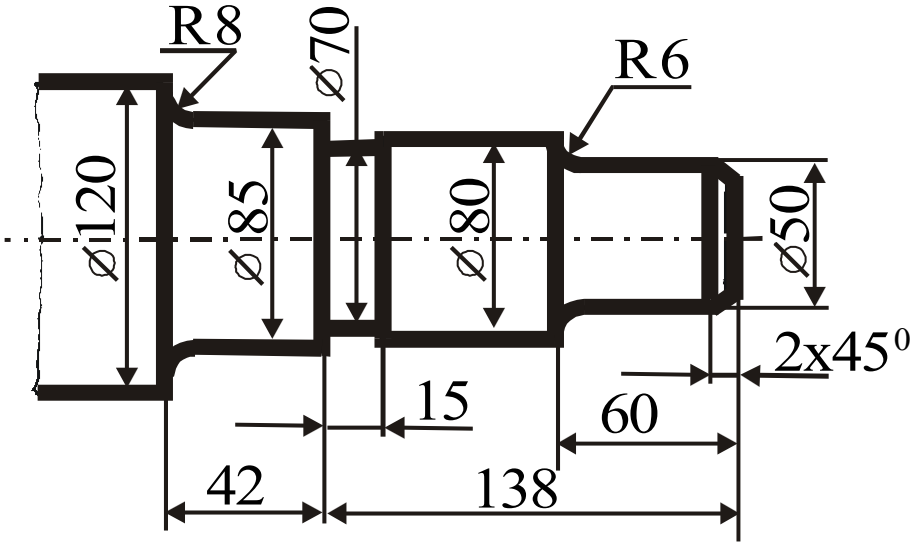


a

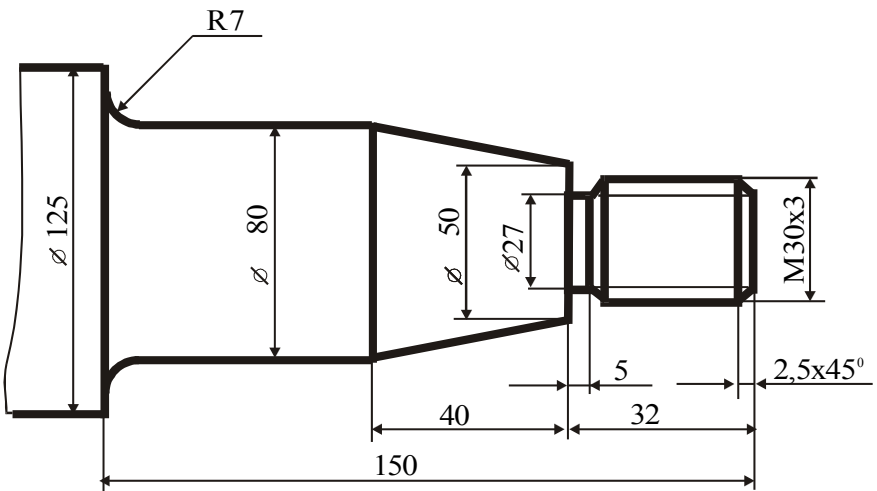
б



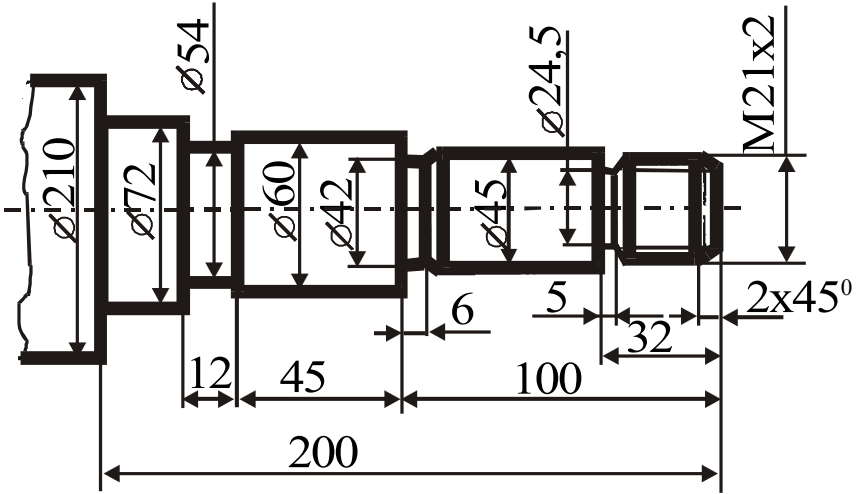
в



2



Д



є

Рисунок А.1. – Ескізи деталей для програмування