

**Кирилович В.А., Сніцар В.Г., Юмашев В.Є.** Технологія автоматизованого виробництва. Випуск 2. Лабораторний практикум. Навчально-методичний посібник. - Житомир: ЖІТІ, 2001. - 276 с.

Розглядаються основи складання управляючих програм для деяких моделей металорізальних верстатів та промислових роботів, що укомплектовані різними системами ЧПУ. Виконання кожної лабораторної роботи передбачає виконання індивідуальних завдань. В додатках наведені приклади складання УП.

Іл. 71. Табл. 47. Бібл. 18 назв.

Затверджено на засіданні кафедри А і КТ (протокол № 10 від 12.06.2001 р.) та кафедри ТМ і КТС (протокол № 7 від 15.06.2001 р.)

Друкується за рішенням вченої ради ЖІТІ,  
протокол № 11 від 25.06.2001 р.

Відповідальний редактор серії: к.т.н., доц. Кирилович В.А.

Рецензент: к.т.н., доц. Давигора В.М., НТУУ “КШ”



## ВСТУП

Технологія сучасного автоматизованого виробництва базується перш за все на широкому використанні технологічного обладнання з числовим програмним управлінням (ЧПУ), промислових роботів (ПР), різноманітних систем управління тощо, впровадження яких дозволяє суттєво скоротити трудомісткість виготовлення об'єктів виробництва. Особливе місце при цьому займає процес програмування та налагодження обладнання на виконання конкретних технологічних операцій.

Пропонований комплекс лабораторних робіт охоплює деякі аспекти автоматизованих технологій в машино- та приладобудуванні стосовно обробки деталей різанням на верстатах з ЧПУ та використання роботизованих технологічних комплексів (РТК). Задачі, що вирішуються при цьому, зустрічаються в інженерній практиці даної предметної області, що визначає практичну важливість виконання даного лабораторного практикуму. Його характерною особливістю є орієнтація на використання реальної лабораторної бази ЖІПІ.

Одиниці технологічного обладнання, що тут розглядаються, та системи ЧПУ ними відрізняються призначенням, рівнем автоматизації, складністю, гнучкістю тощо.

Необхідність отримання вмінь та навичок програмування згаданого обладнання (розглядається тільки так зване "ручне" програмування) зумовлена його широким розповсюдженням в існуючому верстатному парку машино- та приладобудівних підприємств Житомирського регіону.

Виконання лабораторної роботи №1 стосується основ програмування верстата мод. 2P135Ф2 та системи ЧПУ Координата С-70. Ця система відноситься до систем ЧПУ першого покоління і вимагає наявності спеціального обладнання та додаткового обслуговуючого персоналу для підготовки програмоносія, яким є перфострічка. Очевидною є відносно мала гнучкість перш за все програмного переналагодження даного верстата при переході на обробку деталей іншого найменування.

Значно перспективнішим в цьому відношенні є використання оперативних систем управління (ОСУ). Вивчення основ програмування представників цих систем є змістом лабораторних робіт №2 та №3. їх виконання передбачає розробку управляючих програм (УП) для обробки тіл обертання відповідно на вер- статах мод. 1В340Ф30 з ОСУ Електроніка НЦ-31 та мод. 16К20ФЗРМ132 з ОСУ 2Р22. Особливістю виконання цих робіт (№2 та №3) є складання УП для виготовлення

деталей за єдиною конструкторською документацією (тобто однієї і тієї ж деталі). Порівняння змісту та об'єму УП за кількістю кадрів вказує на очевидні переваги 2Р22, хоча згадані системи ЧПУ відносяться до систем ЧПУ одного (четвертого) покоління.

Функції основного технологічного обладнання (як і функції, що виконує технологічне обладнання при розгляданні попередніх робіт №1~№3) виконують ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ та ПМР 0,5-200 КВ, що функціонують як структурні елементи РТК. Засвоєння основ та особливостей програмування систем управління (відповідно УЦМ-663 та ЭЦПУ-6030) цими роботами, один з яких виступає як зовнішнє обладнання при функціонуванні РТК, є змістом виконання лабораторної роботи №4.

На відміну від згаданих вище функцій роботів в лабораторній роботі №5 робот мод. М10П.62.01 виконує функції допоміжного технологічного обладнання. Програмування маніпуляційних дій цього ПР при завантаженні-розвантаженні верстата мод. 16К20ФЗРМ132, який разом з ПР та тактовим столом входять до складу гнучкого виробничого модуля, змістовно є виконанням лабораторної роботи №5.

Для полегшення засвоєння матеріалу в додатках Д.1.-Д.5. представлені приклади складання відповідних УП.

Доцільно наголосити про корисність та можливість використання навичок та вмінь, отриманих при відпрацюванні даного лабораторного практикуму, при виконанні курсового проекту з дисципліни "Технологія автоматизованого виробництва".

Автори вдячні інженерам кафедри ТМ і КТС ЖІТІ Громову В.Б. та Степчину О.А. за кваліфіковані зауваження щодо практичних аспектів програмування відповідного технологічного обладнання.

## Лабораторна робота № 1

### ОБРОБКА ОТВОРІВ ТА РОЗРОБКА УПРАВЛЯЮЧИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА мод. 2P135Ф2 З ЧПУ КООРДИНАТА С-70

**Мета роботи:** - ознайомитись з обладнанням, оснащенням та технологічними процесами обробки отворів;  
- вивчити технологічні можливості свердлувальних верстатів з ЧПУ;  
- отримати навички розробки управляючих програм (УП) та налагодження вертикально-свердлувального верстата мод. 2P135Ф2 для обробки заданої деталі.

#### 1.1. Теоретичні відомості

##### 1.1.1. Обробка отворів на свердлувальних верстатах

###### 1.1.1.1. Схеми одержання та обробки отворів

У машино- та приладобудуванні більшість отворів обробляють на свердлувальних, токарних, револьверних, розточувальних та інших верстатах. При цьому розрізняють отвори циліндричні, ступінчаті, конічні, фасонні, відкриті, глухі, різьбові тощо. Отвори, у яких відношення довжини до діаметру більше 5, називають глибокими.

Отвори, що обробляються на свердлувальних верстатах, розрізняються розмірами, точністю, шорсткістю поверхні. Точність отворів та параметри шорсткості поверхні задаються кресленням деталі та забезпечуються числом і характером технологічних переходів при обробці.

Для обробки отворів застосовують такі різальні інструменти: свердла, зенкери, розвертки, зенківки, цеківки, мітчики, розточувальні головки та інші. При цьому виконуються відповідні основні технологічні операції (переходи), схеми яких показані на рис. 1.1.

*Свердлування* (рис. 1.1, а) - один з найбільш поширених способів одержання глухих та наскрізних циліндричних отворів у суцільних різноманітних матеріалах за допомогою свердел як по розмітці, так і по кондукторах. Свердлування як закінчену

операцію застосовують для виконання невідповідальних отворів, наприклад, під кріпильні болти, заклепки, шпильки та ін.

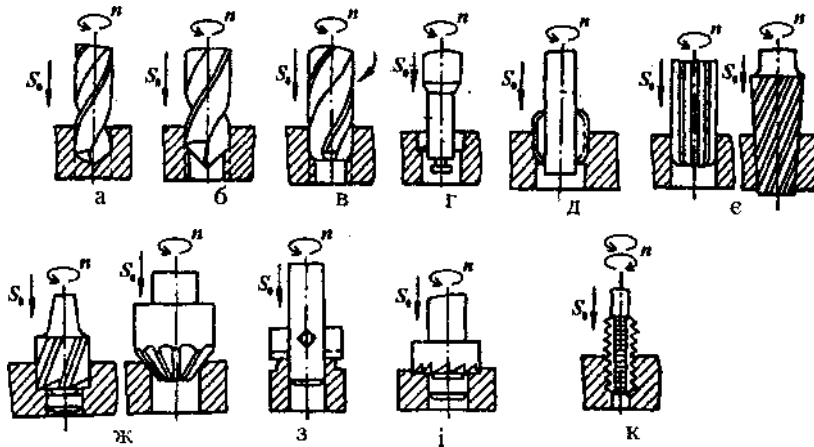


Рис. 1.1. Схеми одержання і обробки отворів на свердлувальних верстатах

*Розсвердлювання* (рис. 1.1, б) - процес збільшення свердлом діаметра наявних отворів. Отвори, одержані литтям і куванням, розсвердлювати не рекомендується через сильне відведення свердла внаслідок неправильної форми отворів або неспівпадання центру отвору з віссю свердла.

*Зенкерування* (рис. 1.1, в) ~ процес обробки циліндричних, штампованих або попередньо просвердлених отворів, а також обробки наскрізних чи глухих отворів більшої довжини, циліндричних поглиблень під головки гвинтів чи болтів, конусних фасок на краях отворів та торцевих поверхонь бобишок чи ступиць за допомогою різальних інструментів, що називаються зенкерами. Являючись напівчистою операцією обробки отворів, зенкерування характеризується невеликими величинами припусків, що знімаються. Останні дорівнюють приблизно  $1/8$  діаметру отвору, досягаючи величин в середньому (1...4) мм на діаметр. Оскільки припуск при зенкеруванні у порівнянні з свердлуванням зменшується, то зменшується сила різання та об'єм стружки, що знімається. Мета виконання операції зенкерування ~ надання отворам правильної геометричної форми, потрібних розмірів і необхідної чистоти поверхні.



*Розточування* (рис. 1.1, г, д) - здійснюється у тих випадках, коли осі отворів повинні бути розташовані за точними координатами, різальний інструмент, що при цьому використовується, - розточувальні різці, розточувальні головки.

*Розвертання* (рис. 1.1, є) - процес остаточної обробки отворів з метою надання їм точних розмірів і високої чистоти поверхні. Припуск під чорнове розвертання дорівнює (0,25...0,5) мм на діаметр, а під чистове (0,05...0,15) мм. Інструмент для розвертання - розвертки, які мають високі жорсткість та міцність. При розвертанні утворюється мало стружки, що дає можливість збільшити кількість зубців розверток до 12 ... 20.

*Зенкування* (рис. 1.1, ж) - процес одержання циліндричних або конічних заглиблень у попередньо просвердлених отворах під головки болтів, гвинтів та інших деталей за допомогою циліндричних і конічних зенкерів (зенківок).

*Цекування* (рис. 1.1, з, і) ~ обробка торцевих поверхонь під гайки, шайби, кільця пластинками або торцевими зенкерами.

*Нарізання різьби* (рис. 1.1, к) у отворах може здійснюватися на свердлувальних верстатах мітчиками.

Деякі показники якості оброблених поверхонь (квалітетів точності та величин шорсткості) при обробці отворів на свердлувальних верстатах представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Деякі показники якості обробки отворів на свердлувальних верстатах

№ п/п	Найменування операції (переходу)	Значення параметра Ra, мкм	Квалітети	
			економічні	що можуть бути досягнуті
1.	Свердлування:	6,3-12,5*	12-14****	10-11****
	- ^15 мм			
	- > 15 мм	12,5-25*	12-14****	10-11*****
2.	Розсвердлювання	12,5-25*(6,3)	12-14****	10-11
3.	Зенкування:			
	- чорнове	12,5-25	12-15	—
	- чистове	3,2*-6,3	10-11	8-9





Закінчення табл. 1.1.

№ п/п	Найменування операції (переходу)	Значення параметра Ra, мкм	Квалітети	
			економічні	що можуть бути досягнуті
4.	Розточування:			
	- чорнове	50-100	15-17	
	- напівчистове	12,5-25	12-14	-
	- чистове	1,6*-3,2(0,8)	8-9	7
	- тонке (алмазне)	0,4*-0,8*(0,2)	7	6
5.	Розвертання:	0,4-1,6	8	7
	- напівчистове	6,3-12,5	9-10	§***
	- чистове	1,6-3,2	7-8 (**)	-
	~ тонке	(0,4)-0,8	7	g***
6.	Зенкування	3,2-12,5	-	-

Примітки: 1. В дужках вказані гранично досягнуті значенню параметра шорсткості Ra.

2. \* Оптимальне значення для даного виду обробки.
3. \*\* В дужках наведена економічна точність для чавуну.
4. \*\*\* Для чавуну є економічною точністю виготовлення.
5. \*\*\*\* При свердлуванні без кондуктора.
6. \*\*\*\*\* При свердлуванні по кондуктору.

В табл. 1.2 та 1.3 представлені рекомендовані набори стер- жньових мірних інструментів для обробки отворів різних геометричних та технологічних характеристик, а в табл. 1.4 - рекомендовані діаметри свердел для свердлування отворів під різьбу.

Для підвищення точності взаємного розташування отворів при свердлуванні рекомендується застосовувати зацентрован- ня коротким свердлом ( $2\phi=90^\circ$ ). На точність розташування осей впливає стан поверхні, у якій оброблюються отвори. Так, при свердлуванні по литій необробленій поверхні точність між- центрових відстаней на 30-40% нижча, ніж при свердлуванні по обробленій поверхні.

При обробці отворів на свердлувальних верстатах послідовність робочих та холостих ходів різальних інструментів наступна: швидке підведення до заготовки, робоча подача (подача



Таблиця 1.3  
Рекомендований набір інструментів для обробки отворів (розміри в мм)

Номінальна [й діаметр отвору, мм	Отвори діаметром 12-100 мм								
	H7								
	В суцільному матеріалі					Лиття або гаряча штамповка			
	Свердло, мм		>ss Напівчистої зенкер, мм	Розвертка, мм		Зенкер, мм		Розвертка, мм	
	перше	Друге		чорнова	чистова	чистовий	напівчис- товий	чорнова	чистова
12	10,7	-	11,82	11,94	12H7	-	-	-	-
13	11,7	-	12,82	12,94	13H7	12	12,82	12,94	13H7
14	12,7	-	13,82	13,94	14H7	13	13,82	13,94	14H7
15	13,7	-	14,82	14,94	15H7	14	14,82	14,94	15H7
16	14,25	-	15,82	15,94	16H7	15	15,82	15,94	16H7
17	15,25	-	16,82	16,94	17H7	16	16,82	16,94	17H7
18	16,25	-	17,82	17,94	18H7	17	17,82	17,94	18H7
19	16,5	-	18,75	18,93	19H7	18	18,75	18,93	19H7
20	17,5	-	19,75	19,93	20H7	19	19,75	19,93	20H7
21	18,5	-	20,75	20,93	21H7	20	20,75	20,93	21H7
22	19,5	-	21,75	21,93	22H7	21	21,75	21,93	22H7
23	20,5	-	22,75	22,93	23H7	22	22,75	22,93	23H7
24	21,5	-	23,75	23,93	24H7	23	23,75	23,93	24H7
25	22,5	-	24,75	24,93	25H7	24	24,75	24,93	25H7
26	23,5	-	25,75	25,93	26H7	25	25,75	25,93	26H7
28	25,5	-	27,75	27,93	28H7	26	27,75	27,93	28H7
30	20	27,5	29,75	29,93	30H7	28	29,75	29,93	30H7
32		29	31,71	31,92	32H7	30	31,71	31,92	32H7
34		31	33,71	33,92	34H7	32	33,71	33,92	34H7
35		32	34,71	34,92	35H7	32	34,71	34,92	35H7
36		33	35,71	35,92	36H7	34	35,71	35,92	36H7
38		35	37,71	37,92	38H7	36	37,71	37,92	38H7
40		37	39,71	39,92	40H7	38	39,71	39,92	40H7
42		39	41,71	41,92	42H7	40	41,71	41,92	42H7
44		41,5	43,71	43,92	44H7	42	43,71	43,92	44H7
45		42	44,71	44,92	45H7	42	44,71	44,92	45H7



Продовження табл. 1.3

Номинальний діаметр отвору, мм	Отвори діаметром 12-100 мм								
	H7								
	В суцільному матеріалі					Лиття або гаряча штамповка			
	Свердло, мм		Напівчистовий зенкер, мм	Розвертка, мм		Зенкер, мм		Розвертка, мм	
	перше	$>> \frac{0}{CX}$		чорнова	чистова	чистовий	напівчи- стовий	чорнова	чистова
46	20	42,8	45,71	45,92	46H7	44	45,71	45,92	46H7
48		45	47,71	47,92	48H7	46	47,71	47,92	48H7
50		46	49,71	49,92	50H7	48	49,71	49,92	50H7
52		48	51,65	51,91	52H7	50	51,65	51,91	52H7
55		51	54,65	54,91	55H7	52	54,65	54,91	55H7
58		54	57,65	57,91	58H7	55	57,65	57,91	58H7
60		56	59,65	59,91	60H7	58	59,65	59,91	60H7
62	20	58	61,65	61,91	62H7	60	61,65	61,91	62H7
65		61	64,65	64,91	65H7	62	64,65	64,91	65H7
68		63	67,65	67,91	68H7	65	67,65	67,91	68H7
70		65	69,65	69,91	70H7	68	69,65	69,91	70H7
72		68	71,65	71,91	72H7	70	71,65	71,91	72H7
75		71	74,65	74,91	75H7	72	74,65	74,91	75H7
78		72	77,65	77,91	78H7	75	77,65	77,91	78H7
80	75	79,65	79,91	80H7	78	79,65	79,91	80H7	
82	-	-	-	-	-	80	81,58	81,90	82H7
85	-	-	-	-	-	82	84,58	84,90	85H7
88	-	-	-	-	-	85	87,58	87,90	88H7
90	-	-	-	-	-	88	89,58	89,90	90H7
92	-	-	-	-	-	90	91,58	91,90	92H7
95	-	-	-	-	-	92	94,58	94,90	95H7
98	-	-	-	-	-	95	97,58	97,90	98H7
100	-	-	-	-	-	98	99,58	99,90	100H7



Продовження табл. 1.3

Номинальна отвору, мм	Отвори діаметром 12—100 мм						
	H8						
	В суцільному матеріалі				Лиття або гаряча штампівка		
	Сверд ло, мм		S Напівчистов зенкер, мм	Розвертка, мм	Чорновий зенкер, мм	S Напівчистов : зенкер, мм	Розвертка, мм
	перше	о > ех					
12	10,7	-	11,82	12H8	-	-	-
13	И.7	-	12,82	13H8	12	12,82	13H8
14	12,7	-	13,82	14H8	13	13,82	14H8
15	13,7	-	14,82	15H8	14	14,82	15H8
16	14,25	-	15,82	16H8	15	15,82	16H8
17	15,25	-	16,82	17H8	16	16,82	17H8
18	16,25	-	17,82	18H8	17	17,82	18H8
19	16,5	-	18,75	19H8	18	18,75	19H8
20	17,5	-	19,75	20H8	19	19,75	20H8
21	18,5	-	20,75	21H8	20	20,75	21H8
22	19,5	-	21,75	22H8	21	21,75	22H8
23	20,5	-	22,75	23H8	22	22,75	23H8
24	21,5	-	23,75	24H8	23	23,75	24H8
25	22,5	-	24,75	25H8	24	24,75	25H8
26	23,5	-	25,75	26H8	25	25,75	26H8
28	25,5	-	27,75	28H8	26	27,75	28H8
30		27,5	29,75	30H8	28	29,75	30H8
32		29	31,71	32H8	30	31,71	32H8
34		31	33,71	34H8	32	33,71	34H8
35		32	34,71	35H8	32	34,71	35H8
36		33	35,71	36H8	34	35,71	36H8
38		35	37,71	38H8	36	37,71	38H8
40	20	37	39,71	40H8	38	39,71	40H8
42		39	41,71	42H8	40	41,71	42H8
44		41,5	43,71	44H8	42	43,71	44H8
45		42	44,71	45H8	42	44,71	45H8
46		42,8	45,71	46H8	44	45,71	46H8
48		45	47,71	48H8	46	47,71	48H8



Продовження табл. 1.3

50		46	49,71	50Н8	48	49,71	50Н8
----	--	----	-------	------	----	-------	------

Продовження табл. 1.3

ex SP I 5	Отвори діаметром 12—100 мм						
	H8						
	В суцільному матеріалі				Лиття або гаряча штамповка		
	Свердло, мм		Напівчистов зенкер, мм	Розвертка, мм	Чорновий зенкер, мм	Напівчистов зенкер, мм	Розвертка, мм
	перше	$\gg$ ex CI					
52	20	48	51,65	52H8	50	51,65	52H8
55		51	54,65	55H8	52	54,65	55H8
58		54	57,65	58H8	55	57,65	58H8
60		56	59,65	60H8	58	59,65	60H8
62	20	58	61,65	62H8	60	61,65	62H8
65		61	64,65	65H8	62	64,65	65H8
68		63	67,65	68H8	65	67,65	68H8
70		65	69,65	70H8	68	69,65	70H8
72		68	71,65	72H8	70	71,65	72H8
75		71	74,65	75H8	72	74,65	75H8
78		72	77,65	78H8	75	77,65	78H8
80	75	79,65	80H8	78	79,65	80H8	
82	-	-	-	-	80	81,58	82H8
85	-	-	-	-	82	84,58	85H8
88	-	-	-	-	85	87,58	88H8
90	-	-	-	-	88	89,58	90H8
92	-	-	-	-	90	91,58	92H8
95	-	-	-	-	92	94,58	95H8
98	-	-	-	-	95	97,58	98H8
100	-	-	-	-	98	99,58	100H8

Продовження табл. 1.3

Номинальний діаметр отвору, мм	Отвори діаметром 12-100 мм						
	Н9				Н10		
	В суцільному матеріалі			Лиття або гаряча штамповка		В суцільному матеріалі	
	Свердло, мм		Напівчистовий зенкер або розвертка	Зенкер, мм		Свердло, мм	
	перше	k		чорновий	чистовий	перше	£ ч
12	10,7	-	12Н9	-	-	12Н10	-
13	11,7	-	13Н9	12	13Н9	13Н10	-
14	12,7	-	14Н9	13	14Н9	14Н10	-
15	13,7	-	15Н9	14	15Н9	15Н10	т-
16	14,25	-	16Н9	15	16Н9	16Н10	-
17	15,25	-	17Н9	16	17Н9	17Н10	-
18	16,25	-	18Н9	17	18Н9	18Н10	-
19	16,5	-	19Н9	18	19Н9	19Н10	-
20	17,5	-	20Н9	19	20Н9	20Н10	-
21	18,5	-	21Н9	20	21Н9	21Н10	-
22	19,5	-	22Н9	21	22Н9	22Н10	-
23	20,5	-	23Н9	22	23Н9	23Н10	-
24	21,5	-	24Н9	23	24Н9	24Н10	-
25	22,5	-	25Н9	24	25Н9	25Н10	-
26	23,5	-	26Н9	25	26Н9	26Н10	-
28	25,5	-	28Н9	26	28Н9	28Н10	-
30	20	27,5	30Н9	28	30Н9	20	зону
32		29	32Н9	30	32Н9		32Н10
34		31	34Н9	32	34Н9		34Н10
35		32	35Н9	32	35Н9		35Н10
36		33	36Н9	34	36Н9		36Н10
38		35	38Н9	36	38Н9		38Н10
40		37	40Н9	38	40Н9		40Н10
42		39	42Н9	40	42Н9		42Н10
44		41,5	44Н9	42	44Н9		44Н10
45		42	45Н9	42	45Н9		45Н10

Закінчення табл. 1.3

Номинальний діаметр отвору, мм	Отвори діаметром 12-100 мм						
	Н9				Н10		
	В суцільному матеріалі			Лиття або гаряча штамповка		В суцільному матеріалі	
	Свердло, мм		Напівчистовий зенкер або розвертка	Зенкер, мм		Свердло, мм	
	перше	(V		чорновий	чистовий	перше	ф tt
46	20	42,8	46H9	44	46H9	20	46H10
48		45	48H9	46	48H9		48H10
50		46	50H9	48	50H9		50H10
52		48	52H9	50	52H9		52H10
55		51	55H9	52	55H9		55H10
58		54	58H9	55	58H9		58H10
60		56	60H9	58	60H9		60H10
62	20	58	62H9	60	62H9	ZU	62H10
65		61	65H9	62	65H9		65H10
68		63	68H9	65	68H9		68H10
70		65	70H9	68	70H9		70H10
72		68	72H9	70	72H9		72H10
75		71	75H9	72	75H9		75H10
78		72	78H9	75	78H9		78H10
80		75	80H9	78	80H9		80H10
82	-	-	-	80	82H9	-	-
85	-	-	-	82	85H9	-	-
88	-	-	-	85	88H9	-	-
90	-	-	-	88	90H9	-	-
92	-	-	-	90	92H9	-	-
95	-	-	-	92	95H9	-	-
98	-	-	-	95	98H9	-	-
100	-	-	-	98	100H9	-	-

Закінчення табл. 1.4

Таблиця 1.4

Рекомендовані діаметри свердел для свердлування  
отворів під різьбу

Номинальний діаметр різьби, мм	Крок різьби, мм	Діаметр свердла, мм		Номинальний діаметр різьби, мм	Крок різьби, мм	Діаметр свердла, мм		
1	0,2	0,80*	0,82**	1,2	0,2	1,00	1,05	
	0,25	0,75	0,80		0,25	0,95	1,00	
1,1	0,2	0,90	0,92	1,4	0,2	1,00	1,25	
	0,25	0,85	0,90		0,3	1,10	1,15	
1,6	0,2	1,40	1,45	8	0,5	7,50»	7,60**	
	0,35	1,25	1,30		0,75	7,25	7,30	
1,8		0,2	1,60		1,65	1	7,00	7,10
	0,35	1,45	1,50		1,25	6,80	6,90	
&	0,25	1,75	1,80	9	0,5	8,50	8,60	
	0,4	1,60	1,65		0,75	8,25	8,30	
2,2	0,25	1,95	2,00	10	1	8,00	8,10	
	0,45	1,75	1,80		1,25	7,80	7,90	
2,5		0,35	2,15		2,20	11	0,5	9,50
	0,45	2,05	2,10		0,75		9,25	9,30
3		0,35	2,65	2,70	1		9,00	9,10
	0,5	2,50	2,60	1,25	8,80		8,90	
3,5		0,35	3,15	3,20	12	1,5	8,50	8,70
	0,6	2,90	2,95	0,5		10,50	10,60	
4		0,5	3,50	3,60		12	0,75	10,25
	0,7	3,30	3,40	1			10,00	10,10
4		0,5	3,50	3,60	12		1,25	9,50
	0,7	3,30	3,40	1,5			11,50	-
4		0,5	3,50	3,60		12	0,75	11,25
	0,7	3,30	3,40	1			11,00	11,10
4		0,5	3,50	3,60	12		1,25	10,80
	0,7	3,30	3,40	1,5			10,50	10,70
4		0,5	3,50	3,60		12	1,75	10,20
	0,7	3,30	3,40	1,75			10,20	10,40

Номинальний діаметр різьби, мм	Крок різьби, мм	Діаметр свердла, мм		Номинальний діаметр різьби, мм	Крок різьби, мм	Діаметр свердла, мм	
4,5	0,5	4,00	3,90	14	0,5	13,50	13,30
	0,75	3,75			0,75	13,25	
5	0,5	4,50	4,60		1	13,00	12,70
	0,8	4,20	4,30		1,25	12,80	
					1,5	12,50	
5,5	0,5	5,00	5,10	2	12,00	12,20	
6	0,5	5,50	5,60	15	1	14,00	13,70
	0,75	5,25	5,30		1,5	13,50	
1	1	5,00	5,10	16	0,5	15,50	14,20
	0,5	6,50	6,60		0,75	15,25	
	0,75	6,25	6,30		1	15,00	
	1	6,00	6,10		1,5	14,50	
				2	14,00		
				17-52	<b>P</b>	<b>d-P</b>	-

Примітка. \* Обробка отворів в сірому чавуні (ГОСТ 1412— 70), сталях (ГОСТ 380-71, ГОСТЮ50-74, ГОСТ 4543-71, ГОСТ 10702-63, ГОСТ 5632-72, окрім сталей на нікелевій основі, ГОСТ 20072-74), в алюмінієвих відливних сплавах (ГОСТ 2685-63), в міді (ГОСТ 859-66).

\*\* Обробка отворів в матеріалах підвищеної в'язкості: сплавах магнію (ГОСТ 804-72), алюмінію (ГОСТ 4784-74), латуні (ГОСТ 15527-70); титанових сплавах, сталях і сплавах ви сокол єгованих, корозійностійких, жаростійких, жароміцних на нікелевій основі (ГОСТ 5632-72 та ГОСТ 20072- 74)

## 1.1.1.2. Різальні інструменти

## 1.1.1.2.1. Свердла

Спіральні свердла випускають діаметром до 80 мм. При свердлуванні діаметрів понад 30 мм з'являється значне осьове зусилля, тому жорсткість верстату стає недостатньою. У таких випадках застосовують дворазове свердлування: вводять додатковий технологічний перехід - розсвердлювання. Діаметр першого свердла призначають таким, що дорівнює 0,5...0,6 від номінального. При діаметрі отвору більше 50 мм застосовують три свердла

Спіральне свердло ~ це двозубий різальний інструмент (рис. 1.2), робоча частина якого має різальну та напрямну частини.

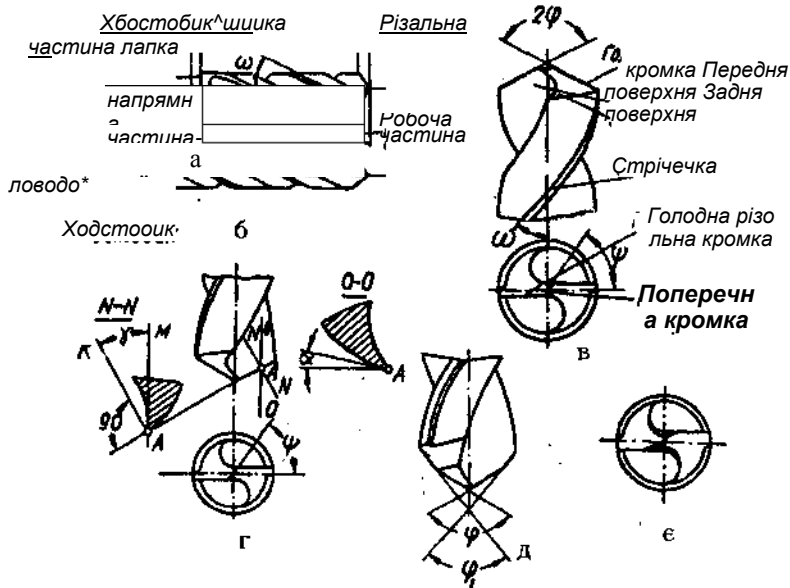


Рис. 1.2. Елементи, геометричні параметри і заточування спіральних свердел

Різальна частина свердла призначена безпосередньо для виконання різання, вона загострена на кінці та має різучі кромки. Напрямна частина свердла забезпечує напрямок його пере-

міщення при різанні. Хвостовик слугує для закріплення свердла на верстаті, передачі свердлу крутного моменту та руху подачі від шпинделя. Хвостовики бувають конічні (рис. 1.3, а, б), які закінчуються лапкою, і циліндричні, які закінчуються поводком.

Лапка є упором при зніманні свердла за допомогою клину із отвору шпинделя та у деяких випадках попереджає повертання свердла.

Передня поверхня ~ це гвинтова поверхня, по якій відводиться стружка. Спіральне свердло має два зуби та відповідно дві передні поверхні.

У залежності від способу заточування задня поверхня свердла виконується конічною, гвинтовою або плоскою і повернена до поверхні різання. Свердло має дві задні поверхні. Головна різальна кромка - це лінія перетину передньої і задньої поверхонь, яких у спіральному свердлі дві. Поперечна кромка - це лінія перетину задніх поверхонь свердла.

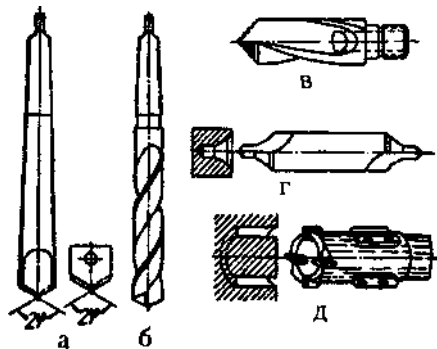


Рис. 1.3. Деякі типи свердел

- Інші типи свердел використовуються наступним чином (рис. 1.3):
- перові (рис. 1.3, а)- для свердлування невідповідальних отворів діаметром до 25 мм;
  - спіральні (рис. 1.3, б) застосовуються при роботі на металорізальних верстатах;
  - для глибокого свердлування (рис. 1.3, в) “ при довжині осьового розміру не менше 5 діаметрів;





- центровочні (рис. 1.3, г) - для свердлування центрових поглиблень в заготовках, які в подальшому встановлюються в центрах верстатів;

- кільцеві свердла (рис. 1.3, д) ~ для свердлування наскрізних отворів великих діаметрів. При цьому матеріал всередині отвору не переводиться в стружку, а вирізається у вигляді циліндру.

### 1.1.1.2.2. Зенкери

Зенкери, як і свердла та розвертки, є стержньовими мірними інструментами, що забезпечують певні розміри отримуваних отворів із відхиленнями у межах їх полів допусків.

За конструкцією зенкери поділяються на хвостові і насадні, суцільні і з вставними ножами. Характерними є спіральні зенкери (рис. 1.4), які виготовляють діаметром від 10 до 100 мм. Кількість зубців у них звичайно дорівнює 3 ~ 4, а у зенкерів діаметром більше 60 мм - 6.

Передній кут зубців зенкера у вимірюють у площині, нормальній до різальної кромки (рис. 1.4, б). Залежно від матеріалу, що обробляється, у зенкерів з швидкорізальної сталі він змінюється від 15~20° (при обробці м'якої сталі) до 0~5° (при обробці твердої сталі і твердого чавуну).

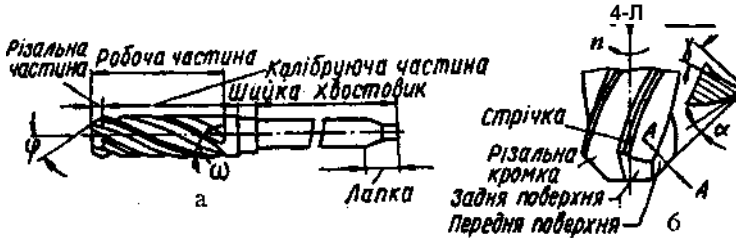


Рис. 1.4. Елементи і геометричні параметри спірального хвостового зенкера

Наявність більшої кількості зубців у порівнянні з свердлом підвищує стійкість і продуктивність зенкерів, а також точність отворів і чистоту їх поверхні. Тому при обробці литих, штампованих і раніше просвердлених отворів зенкери застосовувати доцільніше, ніж свердла.

Зенкерування отворів більш продуктивна операція, ніж розсвердлювання, оскільки може здійснюватися з подачами в 2-2,5 рази більшими, ніж свердлування.

### 1.1.1.2.3. Розвертки

Залежно від способів застосування розвертки поділяються на ручні і машинні.

Ручні розвертки використовують при роботі вручну, машинні - при розвертанні отворів на свердлувальних, токарних, револьверних та інших верстатах.

За конструктивними особливостями розвертки, як і зенкери, поділяються на хвостові і насадні, суцільні і з вставними ножами.

За формою оброблюваного отвору розрізняють розвертки циліндричні, конічні і ступінчасті (комбіновані).

Широко застосовують розвертки, оснащені твердими сплавами ВК6 та ВК8 для обробки чавуну і Т15К6 - для обробки сталі.

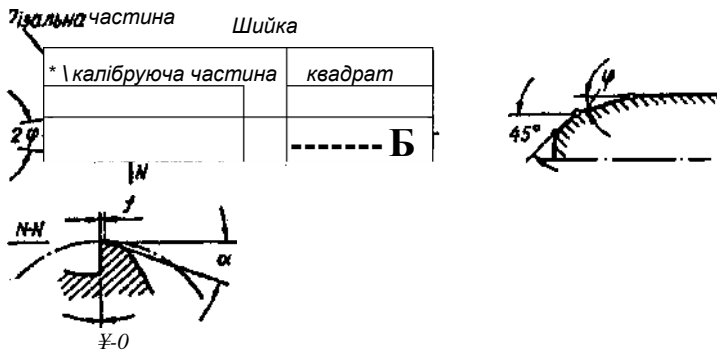


Рис. 1.5. Елементи і геометричні параметри розвертки

Розвертка складається з робочої частини, шийки і хвостовика (рис. 1.5). У робочу частину входять різальна і калібруюча частини. Різальна частина виконує основну роботу різання. Кут  $\Phi$  для ручних розверток приймають таким, що дорівнює  $1-2^\circ$ , а у машинних - для обробки крихких і твердих матеріалів  $\Phi=3...5^\circ$  і для в'язких матеріалів -  $12...15^\circ$ . Калібрувальна частина спрямовує розвертку в отворі, надає йому потрібної точності і чистоти поверхні. На зубцях калібрувальної частини залишають стрічку шириною  $0,05-0,5$  мм (рис. 1.5), яка забезпечує напрям розвертки в отворі і "вигладжує" оброблену поверхню. Хвостовик служить для кріплення машинних розверток у шпинделі верстата, а ручних - у воротку. Залежно від методу кріплення він може

бути конічними або циліндричним, з квадратом під вороток на кінці. Розвертки хвостові виготовляють діаметром від 3 до 50 мм, а насадні - до 100 мм.

Передні і задні кути розвертки вимірюються в площині, нормальній до різальної кромки. У чорнових розверток передній кут  $\gamma = 5 \dots 10^\circ$ , задній  $\alpha = 7 \dots 12^\circ$ , у чистових  $\gamma = 0$ ,  $\alpha = 3 \dots 5^\circ$ .

Число зубців розверток для полегшення вимірювання їх діаметрів звичайно парне і залежно від його величини буває у межах від 6 до 12. Є розвертки і з більшим числом зубців.

Для зменшення шорсткості обробленої поверхні розвертки звичайно мають нерівномірний крок зубців по обводу, але останні розташовуються так, щоб кожна пара протилежних зубців була на одному діаметрі.

### **11.2. Елементи режимів різання при роботі на свердлувальних верстатах**

Режими різання при свердлуванні характеризуються глибиною, подачею та швидкістю різання. Їх обирають для конкретних умов обробки в залежності від призначення верстату, інструменту, заготовки, необхідної точності та чистоти обробки [3, С. 248-270; 13, С. 276-281].

**Швидкість різання**  $N > m/xv$  - колова швидкість найбільш віддаленої від осі інструменту точки його різальної кромки, визначається за формулою:

$$N = \frac{v_c \cdot D \cdot n}{1000}$$

де  $D$  - діаметр інструменту, мм;

$n$  - частота обертів інструменту,  $xv^{-1}$ ;

**1000** - перевідний коефіцієнт, що зумовлює залежність  $m$  - мм.

**Обертובה подача**  $S_o$  - переміщення інструменту в міліметрах вздовж осі за один його оберт, вимірюється в мм/об.

При свердлуванні також визначають значення **хвилинної подачі**, мм/хв:

$$S_o = \frac{v_f}{n} \cdot \pi \cdot D$$

**Глибина різання**  $t$  - відстань від обробленої поверхні до осі свердла, при свердлуванні у суцільному матеріалі дорівнює половині діаметру свердла, мм.:

$$t = \frac{D}{2}$$

При розсвердлюванні, зенкеруванні чи розвертанні, глибина різання  $t$  - відстань між обробленою та необробленою поверхнями отвору:

$$t = (D-d)/2,$$

де  $D, d$  ~ відповідно діаметр свердла, зенкера чи розвертки та попередньо обробленого отвору, мм.

Крім того, значення лінійної швидкості різання  $V$ , м/хв, вираховують за наступними формулами:

$$C_v \cdot P_{\text{Чу}}^{k_v} \cdot T^m \cdot v \cdot t^x \cdot X \cdot S$$

де  $C_v$  - емпіричний коефіцієнт, береться із [13, С. 278-279, табл. 28, 29];

$T$  - період стійкості різального інструменту [13, С. 279- 280, табл. 30];

$q_v, m_v, x_v, y_v$  - емпіричні показники степені, беруться з [13, С. 278-279, табл. 28, 29];

$k_v = \Pi\{Lik_{v_i}\}$  - загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, враховує фактичні умови різання, являє собою добуток  $n$  елементарних поправкових коефіцієнтів  $k_{v_i}$ , що беруться із [13, С. 261-263, табл. 1-6; С. 280, табл. 31];

### 1.1.3. Технологічні можливості вертикально-свердлувального верстата мод. 2P135Ф2

Верстати з ЧПУ - прогресивний вид металорізального обладнання. Їх функціонування базується на останніх досягненнях автоматики, обчислювальної техніки та електроніки. Верстати з ЧПУ міцно увійшли у практику машинобудівних підприємств та виконують значний обсяг робіт по обробці деталей.

Значна перевага свердлувальних верстатів з ЧПУ перед універсальними полягає в тому, що при обробці деталей з точно розташованими отворами, як правило відпадає необхідність застосування кондукторів.

Доцільність використання свердлувальних верстатів з ЧПУ замість універсальних тим більша, чим більша кількість отворів може бути оброблена при одній установці деталі. Це пояснюється відносно невеликими втратами часу на верстатах з ЧПУ при виконанні холостих переміщень. На універсальних верстатах холості установчі переміщення потребують у 10—20 разів більше часу. У той же час точність та швидкість переміщень на верстатах з ЧПУ вища, ніж на універсальних,

що ще більше підвищує ефективність застосування цього виду обладнання.

Згідно класифікації експериментального науково-дослідного інституту металорізальних верстатів (ЕНДІМВ) свердлувальні верстати (в тому числі з ЧПУ) відносяться до другої групи, розділяються на декілька типів (підгруп) та позначаються цифрами:

- 21.. . - вертикально-свердлувальні;
- 22.. . ~ одношпindelні напівавтомати;
- 23.. . - багатшпindelні напівавтомати;
- 24.. . - координатно-розточувальні;
- 25.. . ~ радіально-свердлувальні;
- 26.. . - розточувальні;
- 27.. . - алмазно-розточувальні;
- 28.. . ~ горизонтально-свердлувальні;
- 29.. . ~ різні свердлувальні.

Наприклад, позначення верстату моделі 2P135Ф2 розшифровується таким чином: 2 — верстат відноситься до свердлувальної групи; P - вказує на наявність револьверної головки; 1 ~ вертикально-свердлувальний; 35 - величина найбільшого умовного діаметру свердлування, мм; Ф2 - позиційна система ЧПУ.

Вертикально-свердлувальний верстат мод. 2P135Ф2 призначений для обробки корпусних деталей, а також деталей типу фланців, кришок, плит, важелів, кронштейнів і т.д. На ньому можливе виконання таких технологічних операцій як свердлування, розточування, зенкерування, зенкування, цекування, нарізання різьби та інші операції. При цьому забезпечується точність міжосьових відстаней оброблюваних поверхонь в межах (0,10...0,15)мм. Найбільш раціональна область застосування - дрібносерійне та серійне виробництво.

Верстат має великі діапазони хвилинних подач переміщень револьверної головки (РГ) - (10-500) мм/хв (табл. 1.5) та частот обертання шпindelя - (31,5-1400) хв<sup>-1</sup> (табл. 1.6), які повністю забезпечують необхідні режими обробки деталей із сталей, чавунів та кольорових металів.

Таблиця 1.5

Значення та цифрові коди подач

Фактичні значення подач $S_{хв}$ , мм/хв.	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63
Позначення подач при програмуванні	<b>F01</b>	<b>F02</b>	<b>F03</b>	<b>F04</b>	<b>F05</b>	<b>F06</b>	<b>F07</b>	<b>F08</b>	<b>F09</b>

## Значення та цифрові коди подач

Фактичні значення подач $S_{\mu}$ , мм/хв	80	100	125	160	200	250	315	400	500
Позначення подач при програмуванні	<b>F10</b>	<b>F11</b>	<b>F12</b>	<b>F13</b>	<b>F14</b>	<b>F15</b>	<b>F16</b>	<b>F17</b>	<b>F18</b>

Таблиця 1.6

## Значення та цифрові коди частот обертання

Фактичні значення частот обертання шпинделя 11, хв <sup>-1</sup> ,	31,5	45	63	90	125	180	250	355	500	710	1000	1400
Позначення частот обертання при програмуванні	<b>S01</b>	<b>S02</b>	<b>S03</b>	<b>S04</b>	<b>S05</b>	<b>S06</b>	<b>S07</b>	<b>S08</b>	<b>S09</b>	<b>S10</b>	<b>S11</b>	<b>S12</b>

Дискретність приводу системи ЧПУ за всіма координатами становить 0,01 мм, фактична точність позиціонування столу - 0,05 мм. Така розбіжність пояснюється наявністю зазорів у механізмах приводу, інерційністю маси столу тощо.

Швидкість прискореного (швидкого) ходу столу - 3,8 м/хв, револьверного супорта - 4 м/хв.

Верстат обладнано хрестовим столом, що має розміри робочої поверхні 400 x 710 мм, з телескопічним захистом напрямних, а також шестишпindelною РГ, яка дозволяє здійснювати автоматичну зміну інструментів за УП. При цьому найбільша відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу становить 600 мм, а виліт шпинделя ~ 450 мм. Для прискорення ручної заміни інструментів передбачено спеціальний випресову-вальний пристрій.

Верстат обладнано системою ЧПУ Координата С-70. Дана система ЧПУ забезпечує переміщення столу для позиціонування окремо за координатами X та Y або одночасне позиціонування за двома координатами X та Y і робочі цикли подач інструментів по осі Z. Максимальне переміщення столу по осі X - 630 мм, по осі Y ~ 400 мм. Дискретність переміщення відповідних робочих органів за всіма координатами складає 0,01 мм. Наявність цифрової індикації на пульті управління пристрою ЧПУ дозволяє вести візуальний нагляд за положенням столу, а також контролювати правильність запису УП на перфострічці.

На верстаті передбачено зворотній зв'язок за положенням робочих

органів. Датчиками зворотного зв'язку є кругові електроконтактні кодові перетворювачі.

### **1.1 Л. Налагодження та режими роботи верстата**

У верстаті передбачено чотири режими роботи:

- налагоджувальний;
- ручний (з перемикачем);
- напівавтоматичний (з перфострічки);
- ~ автоматичний (з перфострічки).

Вибір режиму роботи виконується перемикачем режимів, що розташовується на пульті управління пристроєм ЧПУ Координата С-70.

Перед початком роботи на верстаті необхідно встановити всі органи управління на пульті верстату і приладу ЧПУ в початкове положення: всі перемикачі - в крайнє ліве положення, програмні перемикачі ~ в положення 0.

Налагодження вертикально-свердлувального верстата 2Р135Ф2 в реальних умовах виробництва виконують у такій послідовності:

1. У відповідності з картою налагодження підбирають різальні інструменти, перевіряючи відсутність в них пошкоджень та правильність заточування.

2. Встановлюють та закріплюють різальні інструменти в РГ у відповідності з прийнятим ТП (за картою налагодження).

При наявності в РГ різьбонарізного пристосування та мітчика встановлюють в пристосування копіри (гвинт та гайку з відповідним кроком різьби, що нарізається).

3. Закріплюють на столі затискне базуюче пристосування.

4. Виконують закріплення заготовки в пристосуванні та впевнюються в надійності затиску.

5. Провертають РГ таким чином, щоб інструмент з найбільшим вильотом став в робочу позицію.

6. Кулачок початкового положення супорту встановлюють по висоті на такій відстані від столу, яка забезпечувала б обертання РГ на 360° із вставленими інструментами і встановленою в пристосуванні заготовкою. При цьому "плаваючий нуль" по Z на перемикачі OZ повинен бути розташований вище кулачка початкового положення супорта.

7. Підводять інструмент в ручному режимі (від пульта управління на підвісці) до заготовки з недоходом 2 мм, потім піднімають повзун РГ в крайнє верхнє положення. Натиснувши кнопку індикації R, зчитують на індикаторі координату від нуля верстата.

Важіль ручного вводу встановлюють в положення XR і на коректорі



XR набирають прочитану індикацію по R із знаком Якщо величина R не дорівнює прийнятій в УП (наприклад, R = 300 мм), то різницю між ними набирають на коректорі OZ. Можливе також встановлення R = 300 мм підніманням або опусканням столу верстата.

Таким чином, після відпрацювання команди R інструмент завжди на прискореному ході доходить до заготовки з недоходом 2 мм (детальніше див. п. 1.1.6.7).

8. Провертаючи РГ в інші позиції, по чергово підводять до заготовки з недоходом 2 мм всі інші інструменти. Піднімаючи повзун в нуль верстата, зчитують з індикатора числові значення та вносять їх в коректори відповідних позицій РГ. При заміні

або переточуванні будь-якого із задіяних різальних інструментів різниця вильотів також вводиться на відповідні коректори.

9. Вісь шпинделя револьверної головки суміщують з базовою точкою оброблюваної деталі, яка знаходиться у пристосуванні. Для цього стіл переміщують по осі X та Y в налагоджувальному режимі до суміщення осі шпинделя з базовою точкою деталі. Суміщення визначається за допомогою центрошукача, оправки або конусного центру, який встановлюється в отворі шпинделя.

За допомогою перемикачів "OX" та "OY" встановлюють координати базової точки деталі відносно вказаного на кресленні деталі початку координат X, Y із знаком, що відповідає напрямку руху столу від базової точки деталі до початку координат.

Таким чином, при відпрацюванні команд **X+000000** та **Z+00000** вісь шпинделя стане над центром штиря або над точкою нуля програми.

10. Встановлюють стрічку-програмносії в зчитуючий пристрій та в режимі "налагодження" відпрацьовують всю УП, слідкуючи за тим, щоб при повороті РГ або позиціонуванні інструменти переміщувалися відносно заготовки та елементів пристосування на безпечній відстані. При необхідності опускають стіл і вводять корекцію в налагодження координати R.

11. Розкріпляють та знімають заготовку із пристосування та перевіряють відпрацювання всіх постійних циклів у режимі "налагодження".

12. Встановлюють та закріплюють першу заготовку та обробляють її згідно УП.

13. Розкріплюють та знімають деталь, виконують контроль та за даними замірів при необхідності вводять необхідні поправки на відповідних коректорах.

14. Передають деталь для контролю у відділ технічного контролю.

### **1.1.5. Особливості проектування операційної технології обробки отворів**

При проектуванні технологічних процесів (ТП) обробки деталей на верстатах з ЧПУ з'являється принципово новий елемент ~ числова управляюча програма (УП). Для її підготовки необхідні не тільки технологічні, але й спеціальні знання з ма- тематики та програмування, що зумовлює підвищені вимоги до кваліфікації технологів "експлуатативників верстатів з ЧПУ".

Початковими (вихідними) даними для проектування ТП, є: креслення та технічні умови на виготовлення деталі, програма випуску деталей, креслення заготовки.

При підготовці до проектування детально аналізується робоче креслення деталі для виявлення відсутніх розмірів та конструктивно-технологічних даних, а також з метою оцінки та поліпшення технологічності конструкції деталі.

Проектування ТП для свердлувального верстату з ЧПУ виконується у такій послідовності:

1. Визначення схеми базування та послідовності обробки отворів.
2. Вибір різальних інструментів та проектування інструментальної наладки, призначення режимів різання. Вибір початку прямокутної системи координат для деталі, що обробляється (системи координат деталі), та розрахунок координат центрів послідовно оброблюваних отворів.
3. Розрахунок величин осевого переміщення інструментів при обробці кожного отвору.
4. Заповнення карти програмування або букво-цифровий запис програми відповідно інструкції з програмування, що додається до системи ЧПУ.
5. Виготовлення перфострічки.

Характерною особливістю верстатів з ЧПУ є те, що числова інформація про траєкторію руху інструмента, швидкість різання, подачу та інші технологічні команди задається у вигляді цифр, закодованих у визначеній послідовності на програмоносіях, якими є перфострічки, перфокарти і ін.

Управляюча програма ~ це записана на програмоносій в закодованому вигляді маршрутно-операційна технологія виготовлення конкретної деталі із зазначенням траєкторії руху кожного із різальних інструментів.

Управляюча програма складається з окремих пронумерованих частин - кадрів.

Під кадром розуміють частину програми з декількох слів, яка містить інформацію для виконання одного переходу при обробці деталі або одного переміщення робочого органу з однієї точки позиціонування в другу.



Під словом розуміють частину кадру, яка містить інформацію про одну з функцій, що програмується - ознака, адреса, знак, число тощо.

За основний програмоносій в ЧПУ Координата С-70 прийнята восьмидоріжкова перфострічка шириною  $(25,4 \pm 0,05)$  мм та товщиною  $(0,1 \pm 0,08)$ мм, виготовлена з паперу або інших матеріалів. Перфострічка має транспортну доріжку, яка розташована між третьою та четвертою кодovими доріжками.

Крок перфорації та відстані між Діаметр кодovими доріжками  $(2,54 \pm 0,05)$ мм. (1,17отворів а діаметр отворів транспортногo шляху  $\pm 0,025$ )мм, (1,83  $\pm$  кодovих доріжок  $0,05$ )мм.

Кодування УП для свердлувальних верстатів з ЧПУ виконується згідно вимог ГОСТ 13052-74 та міжнародної системи ISO-7bit з використанням восьмидоріжкової перфострічки та двійково-десятькової системи кодування цифрової інформації.

Для запису інформації використовують латинські букви, причому для кодування використовують сім доріжок, а восьма слугує для пробивання контрольного символу у випадку, якщо у самій кодovій комбінації число отворів непарне. Такий контроль на парність в рядку дозволяє виявити велику кількість помилок, які були допущені при перфорації. Найменування та визначення основних символів коду, які застосовуються при розробці УП для свердлувальних верстатів з ЧПУ, приведено в табл. 1.7. Символ “O” на доріжках відповідає наявності отворів на перфострічці, а символом “o” позначені отвори на транспортній доріжці.

Перфорування програмних стрічок виконується на спеціальних пристроях підготовки даних на перфострічці (ППДС).

Ці прилади складаються з перфоратора, фотозчитуючого пристрою та електрифікованої друкарської машинки. Перфоруючий механізм складається з восьми пуансонів, що приводяться в рух відповідними кулачками. Останні включаються до роботи за командами кодovих сигналів, які поступають від клавіатури друкарської машинки. На цих приладах можна також отримувати дублікати перфострічки.

Зчитування інформації з перфострічки на верстаті виконується спеціальним зчитуючим пристроєм, який входить до складу системи ЧПУ. Пристрій складається із стрічкопротяжного механізму та восьми датчиків, що фіксують код пробитих в рядку отворів.



Таблиця 1.7

## Основні символи коду ISO-7bit

Символ		Номера доріжок та кодові позначення								
		позначення	8	7	6	5	4	т	3	2
Цис	ера 1	1	0	0	0	0	0			0
Цис	ера 2	2	0	0	0	0	0		0	
Цис	ера3	3			0	0	0	0		0
Цис	ера 4	4	0		0	0	0	0		
Цис	ера 5	5			0	0	0	0	0	0
Цис	ера 6	6			0	0	0	0	0	0
Цис	ера 7	7	0		0	0	0	0	0	0
Цис	ера 8	8	0		0	0	0	0		
Цис	ера 9	9			0	0	0	0		0
Цис	ера 0	0			0	0	0			
Переміщення вздовж осі X		X	0	0		0	0	0		
Переміщення вздовж осі Y		Y		0		0	0	0		0
Переміщення вздовж осі R (точка на поверхні деталі)		R	0	0		0		0		0
Переміщення вздовж осі Z (точка в глибині деталі)		Z		0		0	0	0		0
Номер кадру		N		0			0	0	0	
Номер подачі		F	0	0			0	0	0	
Номер швидкості обертання шпинделя		S		0		0		0		0
Номер інструмента		т	0	0		0	0	0		
Допоміжні функції		м		0			0	0		0
Підготовчі функції		G		0			0	0	0	0
Номер корекції		L	0	0			0	0	0	
Знак "+" Знак		+			0		0	0	0	0
					0		0	0	0	0
Кінець кадру		ПС					0	0	0	
Забій		ЗБ	0	0	0	0	0	0	0	0

Датчики конструктивно виконуються контактними (щупи) або безконтактними (фотоелементи).

Наприклад, при контактних датчиках при переміщенні перфострічки вісім щупів ковзають по стрічці. В місці, де пробито отвір, щуп, провалюючись, замикає контакти та подає сигнал в систему ЧПУ.

Швидкість зчитування складає 45-120 знаків в секунду.

Для реалізації послідовності робочих та холостих ходів (переміщень) робочих органів верстата в останньому передбачене відпрацювання стандартних технологічних циклів. Інформація про цикли записується в пам'ять пристрою ЧПУ. Цикл задають одним кадром програми. Цикли можуть бути стандартними, коли одним кадром задають обробку декількох отворів, розташованих з постійним кроком по прямій або колу. В цьому випадку в програмі задаються координати першого отвору, крок за ними та число отворів.

В обох заданих схемах послідовності обробки отворів (п. 1.1.1.) інструменти в револьверній головці розташовуються в порядку, що визначається технологією.

Оскільки у верстаті мод. 2P135Ф2 час позиціонування менше часу зміни інструменту, то обробку отворів 9-10 квалітету точності і грубіше слід виконувати за більш продуктивнішою першою (паралельною) схемою. При обробці отворів 7-8 квалітету точності або отворів з жорсткими допусками на міжосьові відстані (0,2 мм і менше) попередні переходи (центрування, свердлування, зенкерування, цекування) треба виконувати за першою (паралельною) схемою, а інші (зенкерування під розвертання, розвертання, нарізування різьби) - за другою (послідовною) схемою.

## **1.1.6. Розробка управляючих програм**

### **1.1.6.1. Етапи підготовки управляючих програм**

1. Вивчення креслення оброблюваної деталі та відпрацювання його таким чином, щоб всі розміри до отворів, що обробляються, були задані в прямокутній системі координат. Прив'язка початку координат до базових поверхонь, за якими деталь базується в затискному пристрої. Нумерація осей оброблюваних отворів в порядку їх обробки.

2. Вибір необхідного різального інструменту та розрахунок режимів різання. Кожному режиму різання привласнюється номер подачі  $F$  та номер частоти обертання шпинделя  $S$  РГ верстату. Кожному інструменту призначається номер  $T$  його позиції в РГ, а також привласнюється номер коректора  $L$ .

3. Складання УП та запис її змісту в коді ISO-7 bit. Для полегшення складання УП по координаті  $Z$  величина переміщення до координати  $R$  (швидке підведення) для кожного з інструментів програмується більше фактичної з урахуванням так званої величини вривання (недобігу, недоходу).

Наприклад,  $R = 300$  мм. Координата  $R$  для інших інструментів



задається з урахуванням різниці довжини інструментів, що входять в налагодження. При налагодженні верстата “плаваючий нуль” по осі **Z** встановлюється перемикачем “OZ” на пульті пристрою ЧПУ так, щоб забезпечувалось швидке підведення інструмента (підведення до координати R) за 2-3 мм до деталі, що обробляється (детальніше дивись нижче).

Для встановлення “OZ” супорт з інструментом опускається до оброблюваної деталі та зупиняється для забезпечення зазору між інструментом та деталлю 2-3 мм. Вмикається індикація по R та перемикачем “OZ” на блоці індикації встановлюється величина координати R для даного інструменту.

4. Нанесення розробленої УП на перфострічку методом перфорації, контроль отриманої перфострічки. Вказане виконується за допомогою пристрою підготовки даних ЕС-9021

5. Обробка контрольної деталі по отриманій перфострічці та перевірка якості обробки і відповідність отриманих розмірів вимогам креслення.

6. При позитивних результатах обробки розмноження перфострічки і передача її робочих екземплярів до цеху.

#### **1.1.6.2. Порядок побудови кадрів**

1. Вся інформація в програмі складається з адрес, чисел і спеціальних команд, що передбачаються, кодом ISO-7bit (ГОСТ 13052-74).

2. Об'єм слів та структура кадрів (послідовність слів), яких повинен дотримуватись програмувач при складанні УП на обробку деталі, наведені в табл. 1.8. Кожна із наведених адрес (функцій) може бути записана у кадрі тільки один раз.

3. В кадрі можлива відсутність деяких слів, так як технологічні функції діють до їх відміни, а координат в кадрі може бути одна чи дві.

4. В кадрі можлива зміна між собою місцями функцій **F, S, T, G, M, L**.

Таблиця 1.8

## Характеристики деяких ознак адрес

№ п/п	Найменування інформації в кадрі	Адреса	Число десяткових розрядів	Приклад запису в УП	Застосування
1.	Початок програми	%	—	%	Зміна за приходом нової ознаки адреси
2.	Номер кадру	N	3	N001	Застосовується з початку кожного кадру
3.	Номер інструменту (позиції* РГ)	T	2	TOI	Зміна за приходом нової ознаки адреси T
4.	Підготовчі функції	G	2	G81	Зміна за приходом нової ознаки G
5.	Допоміжні функції	M	2	M13	Зміна за сигналом "Відповідь по M"
6.	Номер частоти обертання шпинделя	S	2	S09	Зміна за приходом нової ознаки S
7.	Номер швидкості подачі	F	2	F16	Зміна за приходом нової ознаки F
8.	Вибір корекції інструменту	L	2	L05	Зміна за приходом нової ознаки L
9.	Переміщення вздовж осі X на прискореній подачі	X	6	X+035200	Збій після відпрацювання заданого переміщення
10.	Переміщення вздовж осі Y на прискореній подачі	Y	5	Y-03000	Збій після відпрацювання заданого переміщення
11.	Переміщення вздовж осі Z на прискореній подачі	R	6	R+03S200	Завжди із знаком П П П
12.	Переміщення вздовж Z на робочій подачі	Z	5	Z+08500	Завжди із знаком J»
13.	Кінець кадру	ПС		ПС	Збій за сигналом "Відповідь по ПС"

5. Ознака адреси завжди записується перед числовою інформацією.
6. Знак координати записується одразу ж після ознаки адреси.
7. Кожна команда в одному кадрі повинна зустрічатися тільки один раз.
8. З метою скорочення часу циклу роботи по осі Z зміну позиції РГ рекомендується робити спільно з позиціонуванням по осях X та Y.

### 1.1.6.3. Програмування позиціонування столу

Позиціонування - переміщення столу із закріпленою заготовкою в необхідну позицію, тобто суміщення центру оброблюваного отвору з віссю шпинделя. Виконується на прискореній подачі по одній із координат X або Y, або одночасно за двома координатами. Для виконання позиціонування у відповідному кадрі УП повинні бути задані координати центру отвору (геометрична інформація) в абсолютній системі координат із знаком або " (ознакою напрямку переміщення). Геометрична інформація за віссю X задається шестизначним числом, а за віссю Y - п'ятизначним числом без позначення ознаки адреси (див. табл. 1.5).

Наприклад, позиціонування центру отвору 2 (рис. 1.6) ві-  
дображається кадром:

**... N014 X+003500 Y—01800;**

центру отвору 4:

**... N015 X—003200 Y+01250.**

При позиціонуванні столу у точці, що має нульову координату по осі X або Y в УП обов'язково записується дана координата із знаком з нульовим значенням геометричної інформації.

Наприклад, позиціонування в центрі отвору 3:

**... N024 X+002200 Y+00000;**

в центрі отвору 1 (точка 1 співпадає з початком координат):

Координати осей, мм: 1 (0;0)

... N035 X+000000 Y+00000.

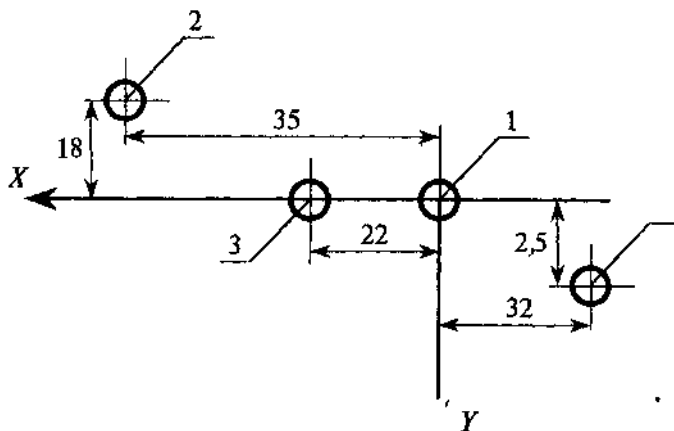


Рис. 1.6. Приклад розташування осей отворів для ілюстрації програмування позиціонування столу

2 (35—18)

3 (22;0)

4(-32;12,5) V

#### 1.1.6.4 Кодування допоміжних функцій

Допоміжні функції, що позначаються символом M, кодуються двозначним числом згідно табл. 1.9.

Таблиця 1.9

Кодування допоміжних функцій та їх характеристики

Код допоміжної функції	Зміст	Відміна	ДІЯ	Примітки
<b>мої</b>	Зупинка по програмі	<b>моз,</b> <b>М04,</b> <b>М13,</b> <b>М14</b>	Після переміщення	Використовується для контролю деталі; подальша робота - натиском кнопки "Пуск"
<b>М02</b>	Кінець програми	всі ф-ї <b>М</b>	-II-	Задається окремим кадром

Закінчення табл. 1.9

Код допоміжної функції	Зміст	Відміна	Дія	Примітки
<b>М03</b>	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою	<b>М04</b>	До переміщення	Вид знизу на торець шпинделя робочої позиції РГ
<b>М04</b>	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки	<b>М03</b>	-П-	-П-
<b>М05</b>	Зупинка шпинделя з одночасним вимкненням змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР)	<b>М03, М04</b>	Після переміщення	
<b>М06</b>	Зміна інструменту вручну	<b>М03, М04, М08, М09, М13, М14</b>	До переміщення	Задається окремим кадром; подальша робота ~ натиском кнопки "Пуск"
<b>М08</b>	Ввімкнення (подача) ЗОР	<b>М09</b>	-П-	
<b>М09</b>	Вимкнення ЗОР	<b>М08</b>	-П-	
<b>М13</b>	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою та одночасна подача ЗОР	<b>М14</b>	-П-	
<b>М14</b>	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки та одночасне вимкнення охолодження	<b>М13</b>	-П-	
<b>М20</b>	Відмова від функції	<b>М04</b>	До переміщення	

### 1.1-6.5. Складові траєкторії переміщення інструменту по осі Z

Схема взаємного розташування стержневого мірного інструменту та заготовки при обробці отворів показана на рис. 1.7.

Z

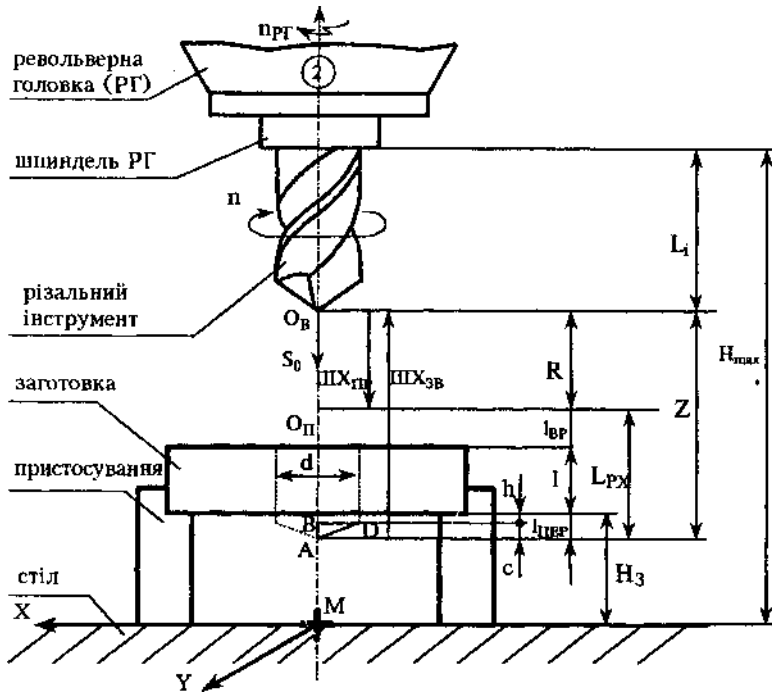


Рис. 1.7. Схема взаємного розташування стержневого мірного інструменту (свердла) та заготовки при обробці отвору  $0d$

Тут позначено:

$H_{\text{тах}}$  - найбільша відстань від торця шпинделя до столу верстата, мм, приймається за паспортними даними верстата ( $H_{\text{тах}} = 600$  мм);

$R$  - найменша відстань між заготовкою та закінченням інструменту, мм; повинна забезпечувати можливість безаварійної зміни інструменту; координата  $R$  відносно нуля верстата  $O_v$  по осі  $Z$  називається плаваючим нулем;

$L_j$  ~ виліт різального інструменту із шпинделя РГ, мм, приймається за фактичним його значенням;

$H_3$  ~ висота встановлення заготовки на столі верстата, мм; залежить

від конструктивних особливостей заготовки, пристосування, зручності обслуговування пристосування та верстата;

**1** - товщина (висота) заготовки згідно її креслення, мм;

**1<sub>ВР</sub>** - величина врізання (недоходу) інструменту до поверхні заготовки, мм, приймається:

- (5...10) мм для необроблених поверхнь;
- (1...3) мм для попередньо оброблених поверхнь;
- або за [3, Д.2.19].

**ПЕР** ~ величина перебігу вершини різального інструменту, мм; вираховується за формулою:

$$\mathbf{IDEP = h + c ,}$$

де **h** - величина перебігу периферійних точок різального інструменту, мм; для свердла - це найбільш віддалені від осі свердла точки головних різальних кромок, що визначають фактично його діаметр, приймається  $h = 2$  мм, або за [3, Д.2.19];

**c** - величина заборного конусу інструмента, мм; для свердла - це величина катета, що визначається із AABD (рис. 1.7.):

$$\text{при } 2 < \rho = 120^\circ \quad c = 0,3d ;$$

$$\text{при } 2 < \rho = 90^\circ \quad c = 0,5d ;$$

**L<sub>рх</sub>** - величина робочого ходу інструменту (на робочій подачі), мм:

$$\mathbf{L_{рх} = IBP + 1 + 'ПЕР = IBP + 1 + h + C ;}$$

**Z** - координати кінцевої точки переходу інструменту відносно нуля верстата **0<sub>в</sub>**, мм:

$$\mathbf{Z = R + L_{рх} \bullet}$$

При цьому по осі Z програмується два режими руху супорта:

- на швидкому ході (прямому - ШХпр) до координати R;
- на вибраній робочій подачі So на робочому ході L<sub>рх</sub> до координати Z.

Розмірність (крім позначення ознаки адреси) згідно табл. 1.8:

- для R - 6 знаків;
- для Z - 5 знаків.

#### **1.1.6.6. Програмування постійних циклів по осі Z**

Пристрій ЧПУ "Координата С-70" в автоматичному режимі



забезпечує ряд стандартних постійних циклів руху інструменту по осі Z. Кожен стандартний цикл передбачає конкретну послідовність рухів і відповідним чином програмується (кодується).

Стандартні постійні цикли задаються нижченаведеними функціями.

Функція G81 (управління по осі Z, свердлування, зенкерування, розвертання, центрування отворів за постійним циклом) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати R (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати Z (обробка деталі), швидке відведення робочого органу до координати R (виведення інструменту з деталі (рис. 1.8, а)).

Функція G82 (управління за віссю Z, підрізання торця, ступінчате зенкерування, цекування, центрування отворів з отриманням фаски за постійним циклом) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати R (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати Z (обробка деталі), затримку після обробки координати Z і швидке відведення робочого органу до координати R (виведення з деталі (рис. 1.8, б)).

Функція G84 (управління по осі Z, різьбонарізання за постійним циклом) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати R (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати Z (обробка деталі), реверс після обробки координати Z із швидким відведенням робочого органу до координати R (виведення з деталі (рис. 1.8, г)).

Функція **G86** (управління по осі Z, розточування за постійним циклом) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати R (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати Z (обробка деталі), зупин-

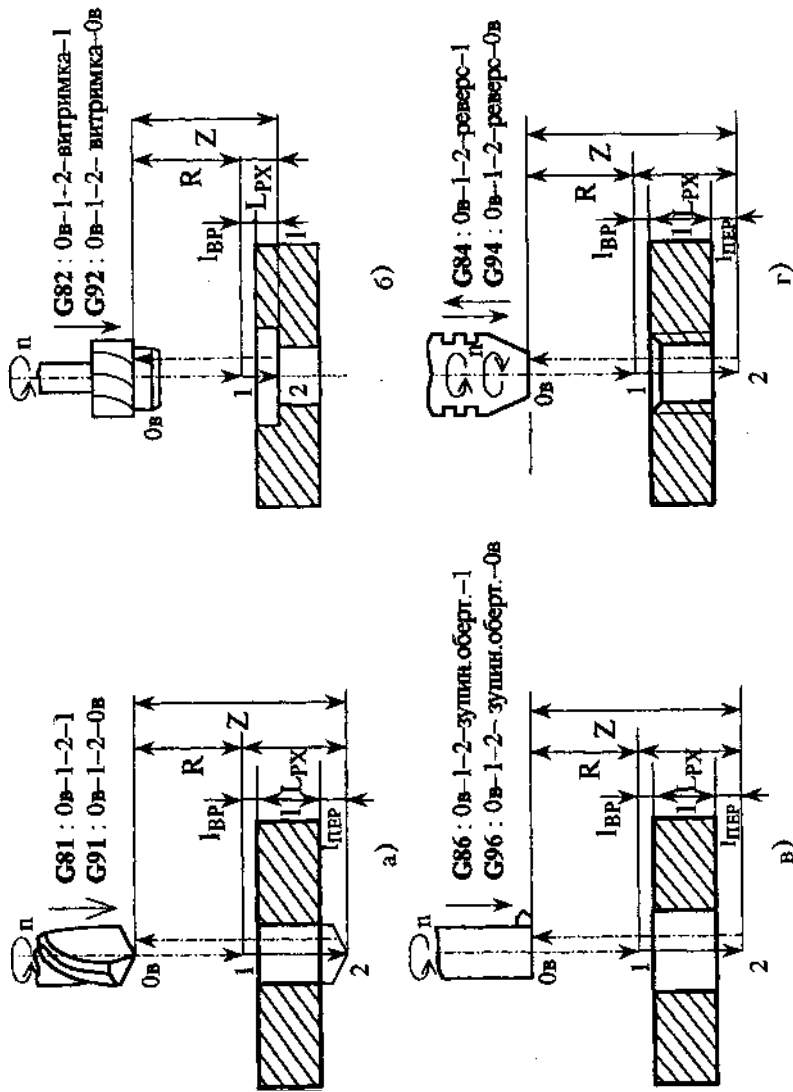


Рис. 1.8. Схеми переміщення різальних інструментів при реалізації деяких постійних циклів по осі

ку обертання після обробки координати та швидке відведення робочого органу до координати R (виведення з деталі (рис. 1.8; в)).

Функція G62 забезпечує вихід вершини інструмента в координату R без робочого переміщення до координати Z. Ця функція використовується в поєднанні з функцією G81 (або G91) для обходу перепон (перешкод), наприклад виступів на заготовці, прижимних планок і т. і., виходу із роззенківок, організації глибокого свердлування (з виводом свердла), перебігу між стінками тощо. Функція G62 відмінюється функцією G60, що задається в одному кадрі з геометричною інформацією, або окремим кадром.

Припустимо, що пристосування має прижимні планки висотою 25 мм, які треба "перескочити" вершині інструмента при свердлуванні  $L_{PK} = 25$  мм двох отворів: 1 - з координатами  $X = + 60$  мм;  $Y = + 40$  мм; 2 - з координатами  $X = + 60$  мм;  $Y = 40$  мм. Тобто при переході від осі 1 до осі 2 необхідно "підняти" свердло над планкою.

Текст УП в цьому випадку має вигляд:

**N011 TOI S08 F10 M14 X+006000 Y+04000** (позиціонування столу)  
**N012 G81 R+030000 Z+35000** (свердлування отвору по осі 1) **N013 G62 R+027000** ("перескакування" через планку) **N014 G60 X+006000 Y—04000** (позиціонування столу) **N215 R+030000 Z+35000** (свердлування отвору по осі 2)

Функція G60 - відміна функції G62.

Функції G91, G92, G94, G96 - відрізняються від функцій відповідно G81, G82, G84, G86 тим, що після швидкого підведення робочого органу до координати R (виведення з деталі) забезпечується подальше швидке відведення робочого органу до початку відліку координати R, тобто ці функції використовуються для швидкого відведення робочого органу у верхнє початкове положення. Така необхідність виникає кожного разу після обробки групи однакових отворів перед зміною інструменту для виконання наступного за технологією інструментального переходу.

Функції G81, G82, G84 та G86 діють у всіх наступних кадрах до введення нової функції G.

Приклади кадрів УП з використанням вказаних функцій:

**N007 G81 R+030000 Z+32000;**

**N019 G82 R+030000 Z+31500;**

**N027 G86 R+030000 Z+33000;**

**N031 G84 R+025000 Z+28000;**

Оскільки в структурі свердлувальної операції кількість постійних циклів може бути достатньо великою, то з метою уніфікації параметрів R, Z та L<sub>рх</sub> перед програмуванням рекомендується розроблювати розвернену циклограму всіх переміщень по осі Z.

Наявність циклограми полегшує написання УП та зменшує наявність можливих помилок в ній.

На циклограмі зображають всі інструменти, що беруть участь у налагоджуванні, вказуються їх:

- ~ позиції;
- вильоти;
- величини холостих (швидких) переміщень до координати **R**;
- величини робочих переміщень до координати Z;
- використовувані в кожній інструментальній позиції постійні цикли в порядку їх застосування;
- послідовність переміщення різальних інструментів за попередньо позначеними номерами осей (центрів) оброблюваних отворів;

“ точки повороту PГ.

### **1.1.6.7. Програмування корекції по осі Z**

Пристрій ЧПУ передбачає виконання корекції УП по осі Z, що враховує величину дійсного вильоту кожного з інструментів L<sub>j</sub> від величини, що вказана в УП.

Корекція вводиться за допомогою дев'яти коректорів, кожен з яких - це п'ятирозрядний декадний перемикач. Коректори розташовані на пульті управління ЧПУ. Межі корекції - від 0 до 999,99 мм.

Кожному коректору, що кодується символом L, відповідає розташований у відповідній позиції PГ різальний інструмент:

**ТОІ - L01, T02 - L02, T03 - L03,**

**T04 - L04, T05 - LOS, T06 ~ L06.**

Коректори L07, L08, L09 передбачені для випадку використання в технології обробки отворів більше 6 інструментів із їх ручною зміною. В цьому випадку використовують таке закріплення коректорів:

### **ТОІ - L07, T02 ~ L08, T03 - L09.**

Наприклад, свердло, закріплене у 2 позиції РГ після переточування стало коротшим на 1,0 мм. Тому на коректорі № 2 набирають величину 1,0 мм із знаком "+". Це значить, що свердло наблизиться до заготовки на 1 мм ближче, ніж це передбачено УП, що компенсує зменшення його довжини.

Таким чином, зміна довжин всіх інструментів при переточуваннях компенсується за допомогою коректорів. УП при цьому не змінюється.

Коректори мають ще одне важливе значення, що полегшує процес програмування. Якщо при складанні УП вильоти інструментів невідомі (а це частіше всього має місце), то для всіх інструментів координата R приймається умовно однаковою і дорівнює 300 мм, тобто **R+030000**.

Перед обробкою заготовки з такою УП виконуються налагодження плаваючого нуля по осі Z для одного із інструментів, наприклад, ТОІ, а фактичну різницю щодо вильотів інших інструментів відносно першого інструменту, тобто величину ( $L_f \sim L_i$ ), набирають за допомогою коректорів L01, L02 тощо з урахуванням знаку різниці R - ( $L < - L_i$ ).

У цьому випадку при програмуванні відпадає необхідність враховувати в тексті УП величини реальних вильотів кожного з інструментів.

Сказане проілюстроване схемою, що представлена на рис. 1.9.

Для інструменту **T02** на коректорі № 2 набирається різниця довжин інструментів **ТОІ** та **T02**, тобто  $L_f - L_2 = - 50$  мм, тобто величина ~ 005000.

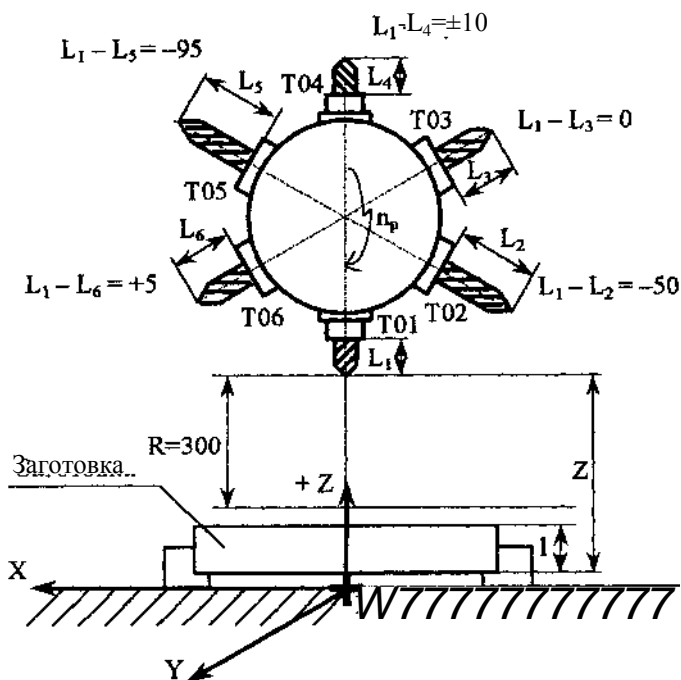


Рис. 1.9. Приклад різниці довжин вільотів інструментів РГ

Для інших інструментів відповідно маємо:

**T03:**  $L_t \sim L_3 = 0$  мм; на коректорі **L03** набирається +000000;

**T04:**  $L_t \sim L_4 = +10$  мм; на коректорі **L04** набирається +001000;

**T05:**  $L_t \sim L_5 = -95$  мм; на коректорі **L05** набирається - 009500;

**T06:**  $L_t \sim L_6 = +5$  мм; на коректорі **L06** набирається +000500.

## 1.2. Обладнання та інструменти

1. Вертикально-свердлувальний верстат з ЧПУ мод. 2P135Ф2.
2. Комплект інструментів для обробки отворів.
3. Установчо-затискні пристосування для закріплення деталей (заготовок).

## 1.3. Порядок виконання робота

1. Вивчити зміст технологічних операцій, які застосовують при обробці отворів на свердлувальних верстатах, а також різальні

інструменти, які при цьому застосовуються.

2. Ознайомитись з призначенням, технологічними властивостями та управлінням вертикально-свердлувального верстату мод. 2P135Ф2.

3. Вивчити особливості проектування операційної технології та послідовність розрахунку і кодування інформації для складання УП.

4. Ознайомитись з буквенно-цифровим кодом, що застосовується для запису інформації в УП свердлувальних верстатів з ЧПУ (табл. 1.7), а також з методичними рекомендаціями по складанню програм обробки деталей на верстаті мод. 2P135Ф2.

5. Ознайомитися з прикладом розробки УП на верстаті мод. 2P135Ф2 згідно додатку Д.1.

6. Ознайомитись з кресленням та технічними умовами на виготовлення деталі згідно варіанту індивідуального завдання (табл. 1.12), виконати їх аналіз.

7. Розробити ТП обробки отворів в заданій деталі. Вибрати різальний інструмент та визначити режими різання для кожного переходу із обов'язковим переходом зацентровування. Кожному різальному інструменту надати порядковий номер, вказати його місце в РГ та номер його корекції. Надати вибраній для кожного інструмента подачі та частоті обертання шпинделя умовні номери у відповідності з паспортними даними верстата. Результати здійснених розрахунків оформити у вигляді табл. 1.10.

Таблиця 1.10

Результати розрахунків

№ з/п	Зміст переходу	Різальний інструмент				Режими різання						
		найме- нування	Діа- метр	номер корекції	номер позиції	Частота обертання, хв <sup>-1</sup>			Подача, мм/хв			
						розра- хункова	фак- тична	КОД	розра- хункова	фак- тична	КОД	

8. Розробити УП для обробки заданої деталі відносно індивідуального завдання та представити її у вигляді табл. 1.11.

Таблиця 1,11

## Розробка управляючої програми

№ осі	Отвір		Запис закованої інформації (текст УП)	Коментарі (розшифровка кадрів)
	діаметр, мм	координати, мм X Y I R I Z		
		1 1 1		

9. Під наглядом навчального майстра вивчити основи управління вертикально-свердлувальним верстатом мод. 2P135Ф2. Виконати налагоджування верстата та обробити задану деталь по отриманій на ППДС (УПДЛ) перфострічці.

10. Скласти звіт по роботі.

## 1.4. Варіанти індивідуальних завдань

Таблиця 1.12

## Варіанти індивідуальних завдань

№ варіанта	Ескіз деталі
1.	
2.	



№ варіанта	Ескіз деталі									
3.	<p>95 50 40 40 c Ø 10 3 отв Ø 12 Ø 20 25</p>									
4.	<p>30 30 Ø 6 30 40 40 M10-7H Ø 10 2 отв Ø 12 28</p>									
5.	<p>60 60 50 Ø 6 2 отв Ø 10 2 отв 6 6</p> <table border="1" data-bbox="798 1203 986 1333"> <tr> <td>6</td> <td>1</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>И</td> <td>«В»</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Δ</td> </tr> </table>	6	1	6	VI	И	«В»			Δ
6	1	6								
VI	И	«В»								
		Δ								

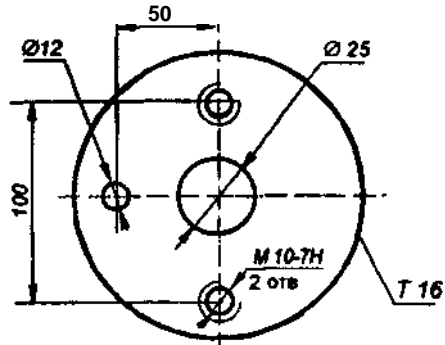


Продовження табл. 1.12

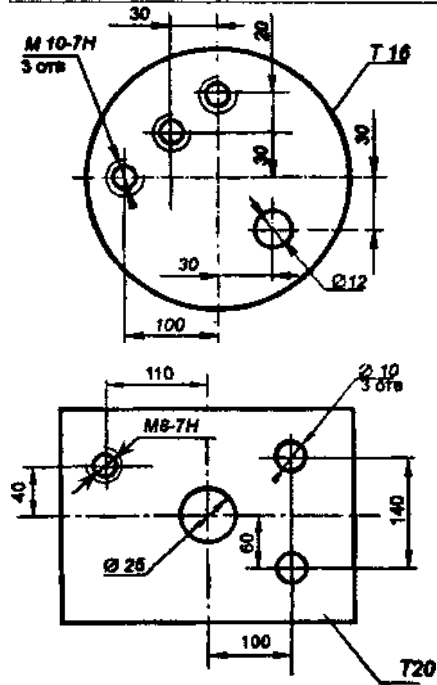
Ескіз деталі

№ варіанта

6.



7.





№ варіанта	Ескіз деталі
9.	
10.	

### 1.5. Зміст звіту

1. Найменування та мета роботи.
2. Технологія обробки отворів на свердлувальних верстатах, різальний інструмент, що при цьому використовується, режими різання.
3. Технологічні можливості та коротка характеристика вертикально-свердлувального верстата мод. 2P135Ф2, особливості обробки отворів на даному верстаті.
4. Операційний ескіз заданої деталі (варіант за табл. 1.12) із вказанням схеми базування, напрямком осей прийнятої системи координат та цифровим позначенням послідовності обробки осей отворів.
5. Розрахунок режимів різання та уточнення їх значень за паспортними даними верстата.



6. Результата розробки операційного технологічного процесу у вигляді табл. 1.7.

7. Схема з відповідними позначеннями та розрахунками значень координат R та Z при формоутворенні найбільшого діаметру обробки отвору в деталі згідно індивідуального завдання.

8. Результати розробки УП за формулою табл. 1.11 та наведеного прикладу в додатку Д.1.

9. Аналіз отриманих результатів та стислі висновки щодо роботи.

### **1.6. Контрольні запитання**

1. Технологічні операції, що використовуються при обробці отворів.

2. Типи різальних інструментів, що застосовуються при отриманні внутрішніх циліндричних поверхонь.

3. Параметри режимів різання при роботі на свердлуваних верстатах.

4. Призначення та технологічні можливості вертикально-свердлувального верстату мод. 2P135Ф2.

5. Послідовність проектування ТП для свердлувальних верстатів з ЧПУ.

6. Особливості та послідовність кодування технологічної інформації в коді ISO~7bit.

7. Етапи підготовки УП при проектуванні технології обробки отворів на верстаті мод. 2P135Ф2.

8. Порядок побудови кадрів при розробці УП.

9. Особливості призначення режимів різання на вертикально-свердлувальному верстаті 2P135Ф2.

10. Підготовчі функції пристрою ЧПУ Координата С~70 та їх характеристики.

11. Особливості використання функції **G62** та **G60**.

12. Допоміжні функції пристрою ЧПУ Координата С-70 та їх характеристики.

13. Налаштування верстату 2P135Ф2.

14. Сутність послідовного методу обробки внутрішніх поверхонь обертання на верстаті мод. 2P135Ф2.

15. Сутність паралельного методу обробки внутрішніх поверхонь обертання на верстаті мод. 2P135Ф2.

### **Лабораторна робота № 2**

## **РОЗРОБКА УПРАВЛЯЮЧИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ НА**

**ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОМУ ВЕРСТАТІ**  
**мод. 1В340Ф30 з ОС ЧПУ**  
**ЭЛЕКТРОНИКА НЦ-31**

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

**2.1. Теоретичні відомості**

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

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

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

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



Таблиця 2.1

## Технічні характеристики верстата мод. 1В340Ф30

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Значення
1.	Найбільший діаметр виробу, що обробляється: - дротикова заготовка ~ штучна заготовка, що встановлюється над станиною	мм	40 400
2.	Найбільша довжина виробу, що обробляється	мм	200
3.	Кількість позицій револьверної головки		8
4.	Відстань від переднього торця шпинделя до револьверної головки: - найменша - найбільша	мм	226 530
5.	Найбільше поперечне переміщення револьверної головки	мм	110
6.	Шпиндель: - кількість швидкостей обертання з АКС 206-32-31 - частоти обертання  - частоти зворотного обертання  - найбільший крутний момент	хв <sup>n1</sup>  хв <sup>n1</sup>  Н • м	12 45, 63, 90, 125, 180, 250, 355, 500, 710, 1000, 1400, 2000 45, 63, 90, 125, 180, 250 400
7.	Межі подач револьверного супорта: - поздовжнього - поперечного	мм/хв	1-2500 1-1250
8.	Дискретність переміщення револьверного супорта в напрямку: - поздовжньому - поперечному	мм	0,010 0,005

Закінчення табл. 2.1

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Значення
9.	Швидкість прискореного ходу револьверного супорта: - поздовжнього - поперечного	мм/хв	10000 5000
10.	Межі подач відрізного супорта	мм/хв	5-600
11.	Найбільше зусилля подач: - поздовжніх - поперечних	Н	6000 3000
12.	Електродвигун головного руху: - тип - потужність - частоти обертання ротора	кВт хв <sup>-1</sup>	4А13 6/4А3 7,1/8 960/1440
13.	Електродвигуни подач: - тип - номінальна частота обертання ротора - максимальна частота обертання ротора	хв <sup>»1</sup> хв <sup>»1</sup>	PF4F37712 600 1500
14.	Тип пристрою ЧПУ		Електроника НЦ-31
15.	Число координат, якими управляють, всього		2
16.	Число координат, якими управляють одночасно		2
17.	Програмоносій		Електронна пам'ять
18.	Вага верстата	кг	2500

### 2.1.2. Пристрій О ПУ Електроника НЦ-31

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

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

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

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

Таблиця 2.2

Технічні характеристики оперативної системи ЧПУ Електроника НЦ-31

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

Закінчення табл. 2.2

№ з/п	Найменування	Одиниці виміру	Значення
4.	Діапазон робочих подач	мм/об	0,01-40,95
5.	Габаритні розміри	мм	483x335x300

6.	Габаритні розміри блоку живлення	мм	344x250x175
7.	Маса (з блоком живлення)	кг	40

Інформація задається в абсолютних та відносних розмірах.

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

### **2.1.3. Кодування управляючих програм**

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

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

Таблиця 2.3 Позначення та значення символічних адрес

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

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

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

Таблиця 2.4

Значення підготовчих функцій G

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

Закінчення табл. 2.4

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

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

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

Таблиця 2.5

Значення допоміжних функцій M

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

#### 2.1.4. Програмування швидкості головного руху та подачі

Привод даної модифікації верстата забезпечує ступеневе регулювання частот обертання шпинделя наступних значень, хв<sup>1</sup>:

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

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

45 хв <sup>1</sup> * <sup>1</sup>	кодується як	<b>S1;</b>
63	-	<b>S2;</b>
90	-	<b>S3;</b>
125	~	<b>S4;</b>
180	-	<b>S5;</b>
250	-	<b>S6;</b>
355	-	<b>S7;</b>
500	-	<b>S8,</b>
710	-	<b>S9;</b>
1000	-	<b>S10;</b>
1400	-	<b>S11;</b>
2000	-	<b>S12.</b>

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

Величина робочої подачі встановлюється функцією F. Число після функції дорівнює величині подачі в міліметрах, що помножена на 100 /дискретність 0,01/. Наприклад, подачу S = 0,3 мм/об - задають функцією **F30**, а подачу S = 1,5 мм/об - функцією **F1S0**.

#### 2.1.5. Програмування одноінструментальної обробки

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

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





$n = 500 \text{ хв}^{-1}$  та заданих координатах В.Т. має вигляд:

<b>N0 TI</b>	Різальний інструмент в поз. 1
<b>N1 M4</b>	Ліве обертання шпинделя
<b>N2 S8</b>	$n = 500 \text{ хв}^{-1}$
<b>N3 F25</b>	$S = 0,25 \text{ мм/об}$
<b>N4 ** Z200*</b>	*1 Швидкий підхід інструмента до початкової J
<b>N5 X4000</b>	точки (П.Т.) одночасно за осями X та Z
<b>N6 Z-5000</b>	Обточування 040 на довжині 50 мм Точіння
<b>N7 X6400</b>	торця з перебігом 2 мм на радіус (т.2 ~ т.3)
<b>N8 X9000</b>	j" Швидкий відхід в В.Т. за осями X та Z
<b>N9 Z5000 N10 M5</b>	Зупинка шпинделя
<b>N11 M30</b>	Кінець УП

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

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

<b>N4 Z-4800 »</b>	J Підхід до П.Т.
<b>N5 X-5000 I»</b>	Робочий хід до т. 2
<b>N6 Z-5200 »</b>	Робочий хід до т. 3
<b>N7 X2200 »</b>	
<b>N8 X2600</b>	г Відхід в В.Т.
<b>N9 Z10000</b>	
<b>N10 M5</b>	
<b>Nil M30</b>	

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

### 2.1.6. Однопрохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки G70

Однопрохідна обробка по циліндричній поверхні може бути задана в

автоматичному циклі за допомогою підготовчої функції G70. Схема циклу приведена на рис. 2.2.

Структура циклу має наступний вигляд:

**VW G70\*, X\* (або X »•), Z\* (або Z »♦), F,**

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

X і Z - координати кінцевої точки робочого ходу за осями X та Z;

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

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

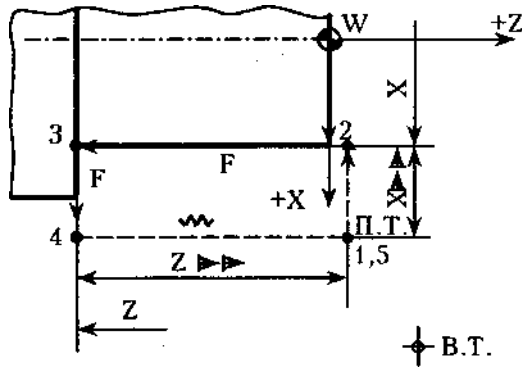


Рис. 2.2. Схема структури однопрохідного поздовжнього автоматичного циклу G70 без скосу

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

**N1 Ti**  
**N2 M4**  
**N3 S8**  
**N4 F30**  
**N5 X4000 \*\*** I П.Т.  
**N6 Z200**  
**N7 VMV G70\*** " Цикл G70  
**N8 X4000\***  
**N9 Z-5000** I В.Т.  
**N10 X9000 vv**  
**N11 Z5000 \*\***  
**N12 M5**  
**N13 M3O**

Якщо обробляється східчата деталь в автоматичному одно-прохідному циклі, то функцію G70 задають для кожного східця.

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

VW G70\*, X\*, Z\*, F\*, P\*, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>,

де P<sub>1</sub> — розмір скосу по осі X (задається на сторону);

P<sub>2</sub> — розмір скосу по осі Z.

P<sub>1</sub> і P<sub>2</sub> завжди позитивні.

При обробці деталі з P<sub>1</sub> = 18 мм, P<sub>2</sub> = 5 мм в автоматичному циклі G70 фрагмент УП має вигляд:

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



N10 X30000'M, 1

N11 Z2500\*\* J

N12 M5

N13 M30

Відхід в В.Т.

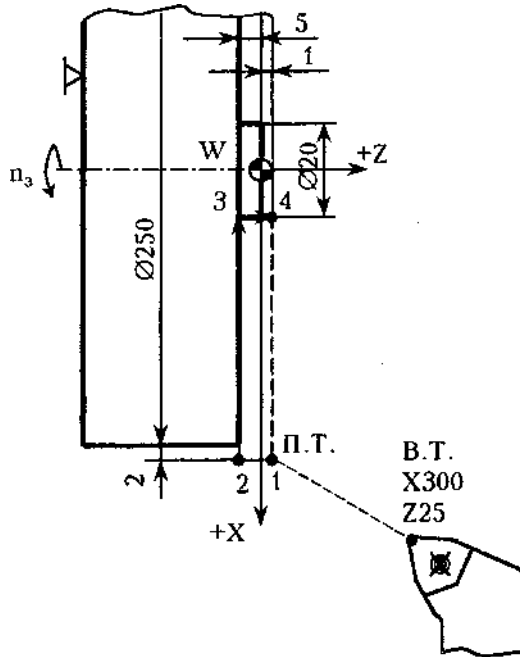


Рис. 2.4. Схема структури однопрохідного циклу поперечної обробки G71

Якщо на торці деталі заданий скос, то цикл має вигляд (рис. 2.5.):

$\wedge G71^*$ ,  $X^*$  ( $XI^*$ ),  $Z^*$  ( $Z^*$ ),  $F^*$ , РД  $P_2$ , де  $F$  - подача в циклі (дискретність 0,0001);

$P1$  і  $P2$  - розміри скосу за осями  $X$  і  $Z$  (дискретність 0,01).

Знак 'A\*' вказує на прискорений підхід по осі  $Z$  від т.1 (П. Т.) до т. 2.

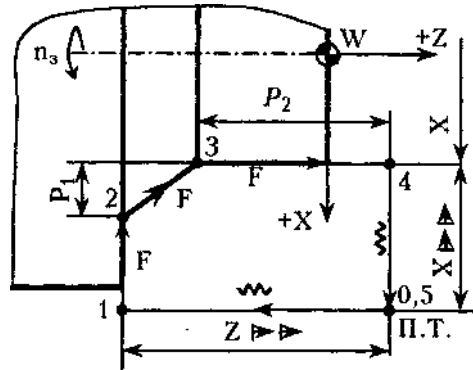


Рис. 2.5. Схема структури однопрохідного поперечного циклу G71 зі скосом

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

N7 V^G71\*  
 N8 X2000\*  
 N9 Z—500\*  
 N10 P200\*  
 N11 P300

### 2.1.8. Багатопохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки G77

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

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

Багатопохідний поздовжній цикл G77 має структуру:



Запис УП:

**N0 Ti**

**N1 M4**

**N2 S900vw •**

**N3 F307\*\*\*\***

**N4 Z12200VM.**

Кінцевий діаметр

**N5 XI2000'\*\*\***

Кінцева точка по осі Z

**N6^077\***

Подача S = 0,3 мм/об

**N7 X9600\***

Глибина різання 8 мм

**N8 Z2000**

Є<sub>к</sub> = 0,96 мм; t<sub>j</sub> = 4 мм

**N9 P800**

J

**N10 G77\*'\*\*\***

**Nil X5200\***

052 мм; t<sub>j</sub> = 4 мм 022,8

**N12 Z6000\***

**N13 P800**

**N14 G77\*'\*\*\***

**N15 X2280\***

**N16 Z10000» I N17** мм; t<sub>3</sub> = 4 мм

**P1000**

**N18 XI8000'\*\*\* J N19**

**Z15000'\*\*\* J N20 M5**

**N21 M30**

Запис фрагменту УП для обробки валу зі скосом 30 мм по осі Z (t = 8 мм) наведений нижче:

Швидкий підхід до т.А

Цикл G77

**Nil X2400\* N12 Z-6200\***

**N13 F30\***

**N14 P1600\***

**N15 P3000**



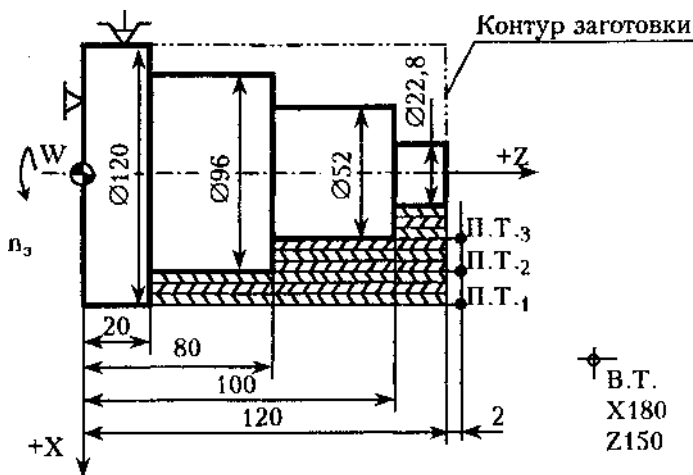


Рис. 2.7. Схема структури циклу G77 одноінструментальної поздовжньої обробки східчастого валу

### 2.1.9. Багатопрхідний автоматичний цикл поперечної обробки G78

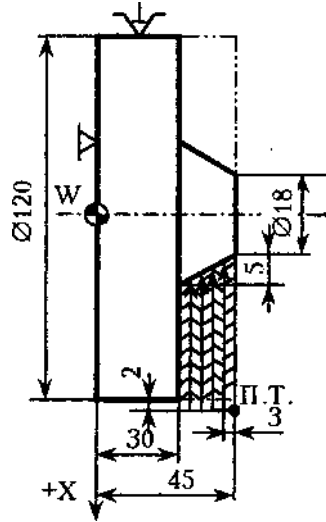
Поперечна багатопрхідна обробка виконується за допомогою функції G78, що має структуру, аналогічну функції G77.

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

<b>N0 T3</b>	Інструмент в позиції 3
<b>N1 M4</b>	Ліве обертання шпинделя
<b>N2 S5</b>	$n = 180 \text{ хв}^{-1}$
<b>N3 F25</b>	$S = 0,25 \text{ мм/об}$
<b>N4 Z 4700***</b>	1 Швидкий підхід ДО ТОЧКИ 3 коор
<b>N5 X 12400***</b>	J X = 47 мм, Z = 124 мм
<b>N6 G78*</b>	Автоматичний поперечний цикл
<b>N7 X1800'</b>	Мінімальний діаметр скосу 018 мм
<b>N8 Z3000*</b>	Координата по осі Z
<b>N9 P300*</b>	Глибина різання 3 мм
<b>N10 P1000</b>	Скос 5 мм по осі X
<b>Nil X200(M* "I</b>	

N12 Z1000\*\* J В Т

N13 M5 Зупинка обертання шпинделя



N14 M30 Кінець УП

При відсутності скосу кадр N10 не вноситься в УП.

### 2.1.10. Програмування обробки конічних поверхонь

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

Різець заздалегідь підводять по програмі до точки початку обробки конуса.

P1=3

P<sub>2</sub>=5

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

T  
В.Т.

X200

Z100

- N0 Ti
- N1 M4
- N2 S8
- N3 F25
- N4 Z500^
- N5 X4000
- N6 ZO
- N7 X5200"                      Z-3000\* I
- N8 Z-3000                      X5200 J                      r Прямий конус
- N9 X4000"                      Z-6000" i
- N10 Z-6000                      X4000                      r Обернений конус
- N11 X4600
- N12
- XЭООО'М»
- N13 Z10000v\*
- N14 M5
- N15 M30

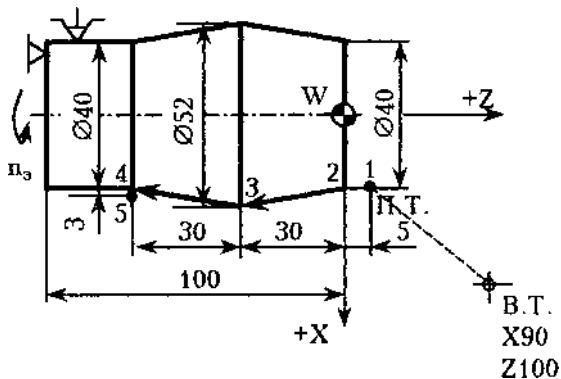


Рис. 2.9. Приклад програмування обробки конічних поверхнь

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

**N7 X1200 »♦**

**N8 Z-3000 »**

**N9 X—1200 »\***

**N10 Z-3000»**

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

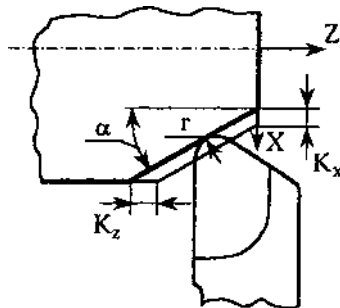


Рис. 2.10. Схема, що ілюструє врахування величин корекції на координати опорних точок траєкторії різання інструменту в залежності від радіуса  $r$  закруглення його вершини та кута нахилу конуса  $\alpha$

Наприклад, при переході від циліндричної поверхні до конічної з кутом  $\alpha = 60^\circ$  різцем із закругленням вершини  $r = 1$  мм:  $K_z = 0,423$  мм (42 імп.). У випадку переходу від торцевої поверхні до конічної з кутом  $\alpha = 35^\circ$ ,  $r = 2$  мм:  $K_x = 0,958$  мм. На діаметр величина корекції складе  $0,958 \times 2 = 1,916 \approx 1,92$  (192 імп.).

Таблиця 2.6

Величини корекції на координати опорних точок при переході від

конічної в залежності від кута нахилу конуса  $\alpha$  та радіуса  $r$  закруглення вершини різця

а.,Хмм град х	Корекція по осі X, мм										г,\тад мм X
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	
5,0	0,017	0,03	0,050	0,067	0,084	0,100	0,117	0,134	0,151	0,167	85,0
10,0	0,032	0,064	0,097	0,129	0,161	0,198	0,225	0,257	0,290	0,322	80,0
15,0	0,047	0,098	0,140	0,186	0,233	0,279	0,326	0,372	0,419	0,465	75,0
20,0	0,060	0,120	0,180	0,240	0,300	0,360	0,420	0,480	0,540	0,600	70,0
25,0	0,073	0,145	0,218	0,290	0,363	0,436	0,508	0,581	0,658	0,726	65,0
30,0	0,085	0,168	0,254	0,338	0,423	0,507	0,592	0,676	0,761	0,845	60,0
35,0	0,096	0,192	0,288	0,384	0,479	0,575	0,671	0,767	0,863	0,958	55,0
40,0	0,107	0,213	0,320	0,427	0,534	0,64	0,747	0,854	0,961	1,067	50,0
45,0	0,117	0,234	0,351	0,469	0,586	0,703	0,820	0,937	1,054	1,172	45,0
50,0	0,127	0,254	0,382	0,509	0,636	0,76	0,890	1,018	1,145	1,272	40,0
55,0	0,137	0,274	0,411	0,548	0,685	0,822	0,959	1,096	1,232	1,369	35,0
60,0	0,146	0,298	0,439	0,586	0,732	0,878	1,025	1,171	1,318	1,464	30,0
65,0	0,156	0,311	0,467	0,623	0,778	0,984	1,090	1,246	1,401	1,557	25,0
70,0	0,165	0,329	0,494	0,659	0,824	0,988	1,158	1,318	1,483	1,647	20,0
75,0	0,174	0,347	0,521	0,694	0,868	1,042	1,216	1,389	1,583	1,737	15,0
80,0	0,182	0,365	0,548	0,780	0,913	1,095	1,278	1,460	1,643	1,826	10,0
85,0	0,191	0,383	0,574	0,765	0,956	1,148	1,339	1,580	1,721	1,918	5,0
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	
Корекція по осі Z, мм											

циліндричної або торцевої поверхні до

### 2.Л.11. Програмування зняття фасок під кутом 45°

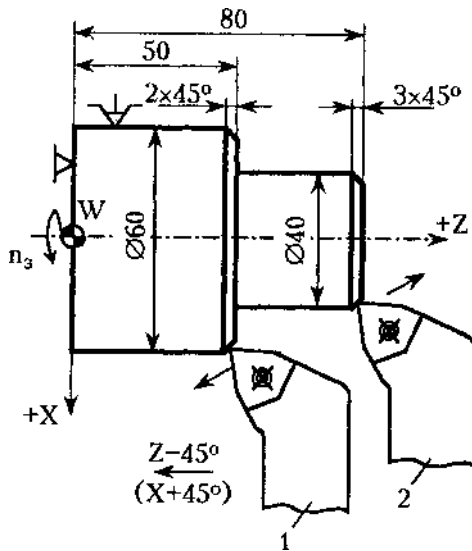
Для програмування зняття фаски під кутом 45° спочатку задають підведення різця по програмі до початкової точки фаски, а після цього — координати кінцевої точки фаски і записують символи із знаком 45° та із знаком " 45°. Знак задається по тій координаті, адреса якої відсутня в кадрі.

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

**N0 T1 N1 M4**

**N2 S9**

N3 F30  
 N4 Z5400<\*\*  
 N5 X5600\*v  
 N6 Z5200  
 N7 Z6000-45° або X6000+45°  
 N8 X15000vw "I  
 N9 ZISO00'AA' J<sup>B T</sup>  
 N10 MS



Nil M30

У відносній системі запис кадру N7 має наступний вид:

N7 X400» - 45° або N7 Z-200» + 45°

При роботі різцем 2 з подачею до осі по X:

Z+45°  
(X^45°)

B.T.

•4-

X150

Z150

**N4 Z780(bM,  
N5 X4200\*\*  
N6 X4000  
N7 X3400+45<sup>0</sup> або Z8000-45<sup>0</sup>**

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

**N7 X600» + 45° або N7 Z300» - 45°**

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

### **2.1.12. Програмування обробки сферичних поверхонь**

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

Напрямок руху різця задається однією із функцій G.

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

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

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

**G12\* (G13\*), X<sup>e</sup> (»X\*), Z (»Z).**

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

У випадку обробки вигнутої сфери (галтели) застосовують наступну

N6 X4000	}	т. 1
N7 Z5000		
N8 G12*		N8 G12*
N9 X8000*		або і N9 X4000»*
N10 Z3000		N10 Z-2000»

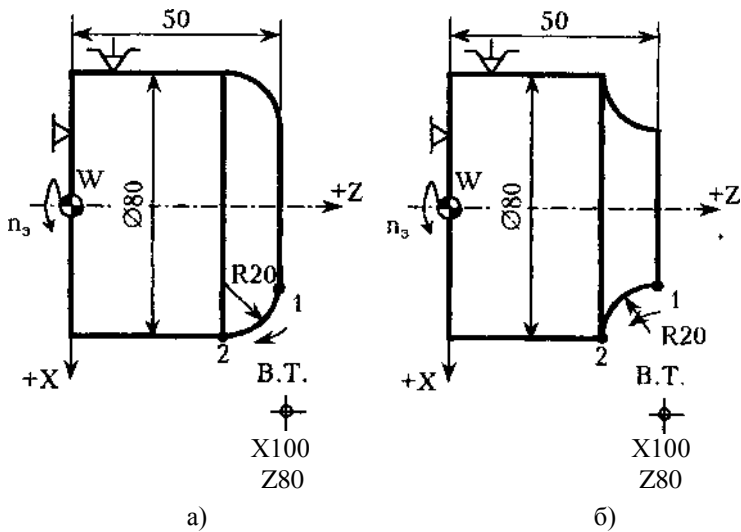


Рис. 2.12. Приклади програмування обробки по дузі кола:

- а) в межах 90° скруглення;
- б) галтели

УП:

N6 X4000	}	т. 2
N7 Z5000		
N8 G13*		N8 G13*
N9 X8000*		>■ або <sup>4</sup> N9 X4000»* N10
N10 Z3000		Z-2000»



Обробку по дузі, що лежить в межах кута, меншого  $90^\circ$ , задають функціями G2 і G3 з наступними чотирма кадрами:

X ~ координата кінцевої точки дуги по осі X;

Z - те ж по осі Z;

R < - проєкція на вісь X радіуса, проведеного з центру дуги  $O_M$  (початку "місцевої" системи координат) до точки початку дуги (задається на сторону);

R 2 - те ж по осі Z.

R завжди має позитивний знак (рис. 2.13).

Тобто функції G2 (G3) мають наступну структуру:

G2\* (G3\*), X\* (>X\*), Z\* (I>Z\*), R1 P2

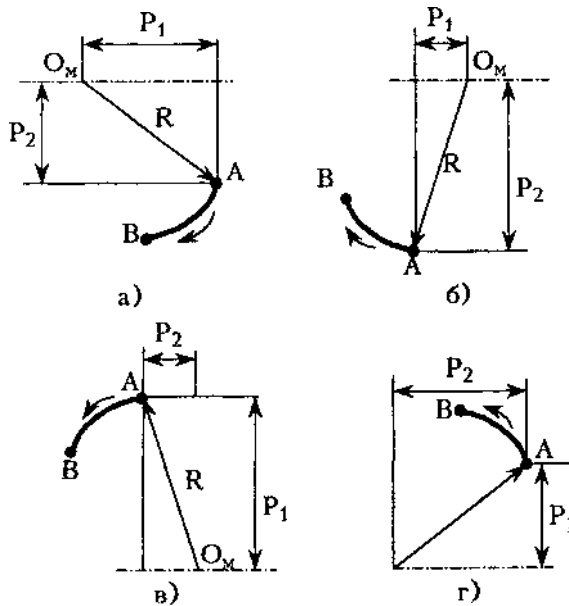


Рис. 2.13. Способи задання дуг, що охоплюють менше чверті кола:

а), б) - за годинниковою стрілкою (G2);

в), г) - проти неї (G3)

При складанні УП обробки сферичної поверхні R46,1 мм (рис. 2.14) при русі різця по дузі 1-2 за годинниковою стрілкою визначають координати кінцевої точки дуги відносно центра дуги  $O_M$ . По осі X  $P_1$  складає 35 мм, по осі Z  $P_2 \sim 30$  мм.

Фрагмент УП стосовно руху по дузі 1—2 має вигляд:  
 Абсолютна система      Відносна система

<b>N6 G2*</b>	<b>N6 C2*</b>
<b>N7 X4000*</b>	<b>N7 X2000»*</b>
<b>N8 Z2500*</b>	<b>N8 Z2000&gt;&gt;*</b>
<b>N9 P3500*</b>	<b>N9 P3500* *</b>
<b>N10 P3000</b>	<b>N10 P3000</b>

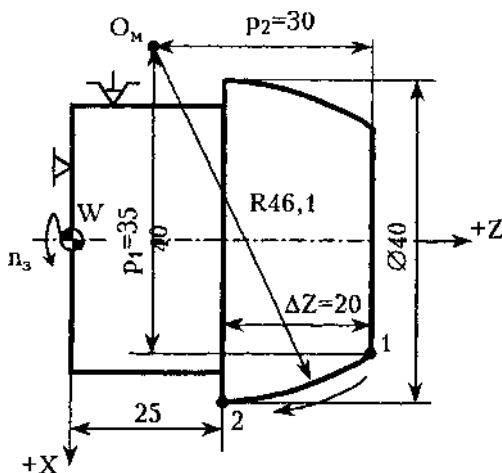


Рис. 2.14. Приклад програмування обробки сферичної поверхні в межах кута меншого 90°

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

### 2.1.13. Багатопрохідний автоматичний цикл проточування торцевих канавок G74

Структура циклу включає параметри:

**G74\***, **X\*(X»\*)**, **Z\*(Z»\*)**, **F% P**,

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

$Z$  - координата по осі  $Z$  дна канавки;

$F$  - подача;

$P$  - крок між канавками (дискретність 0,01).

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

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

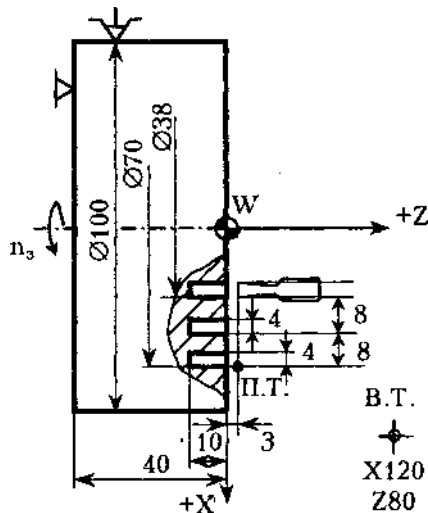


Рис. 2.15. Схема для ілюстрації програмування проточування торцевих канавок за циклом **G74**

<b>N5Z300^v</b>	<b>1</b>
<b>N6 X7000**</b>	<b>J</b>
<b>N7 F30</b>	
<b>N8 G74*</b>	
<b>N9 X3800*</b>	або <b>N9 X-3200»*</b>



**N10 Z-1000\* або N10 Z-13000»\***  
**N11 P1600**  
**N12 X12000VW "I**  
**N13 Z8000VW J<sup>ПТ</sup>**  
**N14 M5**  
**N15 M30**

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

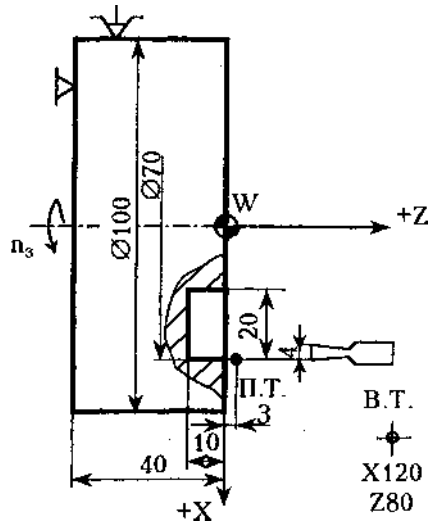


Рис. 2.16. Схема деталі для ілюстрації програмування проточування широкої торцевої канавки (виточки) за циклом **G74**

**N5 r300'M, •** } П.Т.  
**N6 X7000^**  
**N7 F30**  
**N8 G74\***  
**N9 X3800\***



N10 Z-1000\*

N11 P700

N12 X1200(Бм,  $1 \text{ „ } m$   
h II T

N13Z800(h\*v J

N14 M5

N15 M30

### 2.1.14 Багатопрхідний автоматичний цикл проточування канавок на циліндричній поверхні G75

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

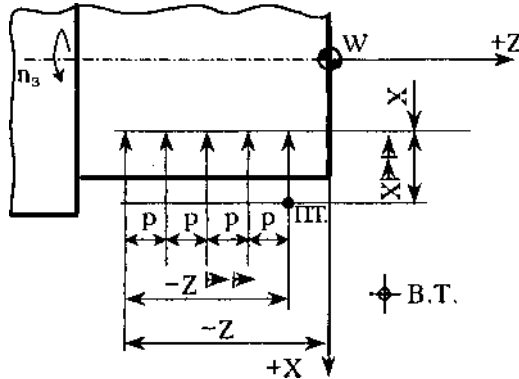


Рис. 2.17. Схема автоматичного циклу проточування канавок на циліндричній поверхні (G75)

Структура циклу має наступний вид:

**G75\*, X\*(X<sub>»</sub>\*), Z\*(Z<sub>»</sub>\*), F<sup>»</sup>, P,**

де X\*(X<sub>»</sub>\*) - координата дна канавки по осі X (або зміщення по осі X до дна канавки);

Z\*(Z<sub>»</sub>\*) - координата по осі Z лівої стінки останньої канавки (або останнього спуску при проточуванні широкої канавки);

P ~ крок між канавками (або крок між спусками при проточуванні широкої канавки), дискретність 0,01;

величина Р не повинна перевищувати ширини широкої канавки.

Якщо при проточуванні широкої канавки ширина В не кратна кроку спусків Р, то залишковий припуск  $m$  автоматично зрізається при останньому спуску.

Після закінчення циклу різець повертається в точку початку циклу.

Для деталі 060 мм з трьома канавками шириною 5 мм і кроком 40 мм запис УП має вигляд:

**N12 T3**

**N13 M4**

**N14 S8**

**N15 F20**

**N16 Z—4000'\*\*\* \* ]**

**N17 X6400 J. '**

**N18 G75\***

**N19 X3600\***

**N20 Z—12000\***

**N21 P4000**

**N22 X10000'Л\* 1**

**N23 Z3500^v J '**

**N24 M5**

**N25 M30**

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

**N8 Z-3250^ \*      } П.Т.**

**N9 X6400**

**N10 G75\***

**N11 X3600\***

**N12 Z—12000\***



N13 P400  
 N14  
 X10000'M- } В.Т  
 N15  
 Z3500^v  
 N16 M5  
 N17 M30

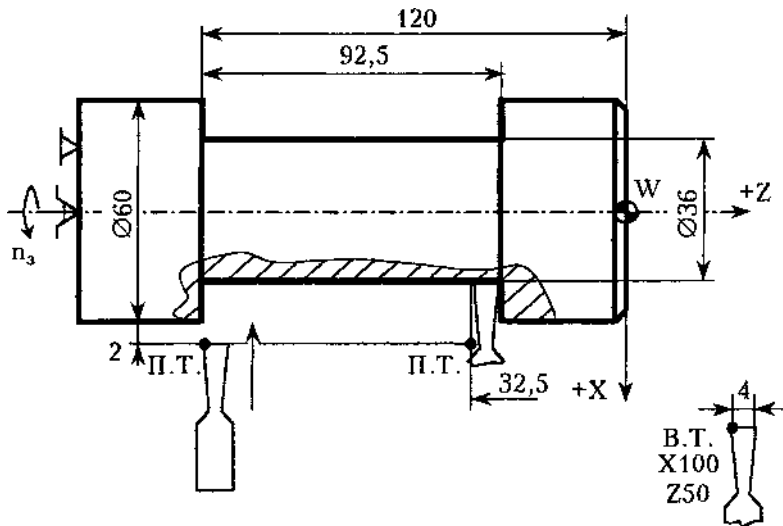


Рис. 2.18. Схема для ілюстрації програмування проточування широкої канавки за циклом **G75**

### 2.1.15. Автоматичний цикл глибокого свердлування **G73**

Глибоке свердлування повинно виконуватись з періодичним введенням та виведенням свердла з метою його охолодження і зняття напруження поздовжнього згину. Загальна довжина отвору (глибина свердлування) ділиться на ділянки, що позначаються символом Р (величина Р не повинна дорівнювати діаметру свердла). Цикл задається функцією **G73**, за допомогою якої програмується автоматичне виведення свердла з отвору після проходу заданої ділянки, а після цього - повторне введення на швидкому ході. При кожному повторному введенні свердло не доходить на деяку величину зазору а до кінця попереднього робочого ходу. Величина а задається заздалегідь постійним параметром, що вводиться в пам'ять верстату при первинному його

налагоджуванні (на етапі вводу в пам'ять ЧПУ параметрів).

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

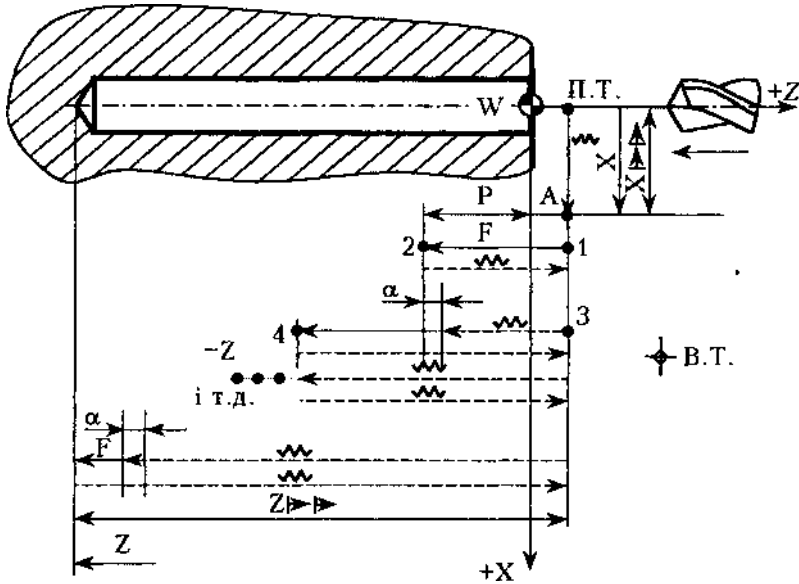


Рис. 2.19. Схема автоматичного циклу глибокого свердлування (G73)

Структура циклу:

**G73\*, X\*(X»«), Z\*(Z»\*), F\*, P.**

На рис. 2.20 показана деталь, в якій необхідно просвердлувати отвір 028 мм на довжині  $L = 160$  мм. Недохід до заготовки складає 6 мм, перебіг - 14 мм. Загальний шлях робочого ходу  $L = 160 + 6 + 14 = 180$  мм. Його розчленовують на ділянки довжиною 48 мм (чотирипрохідний цикл). Подачу приймають 0,2 мм/об, частоту обертання - 710 хв<sup>-1</sup>. Вихідна точка має координати X100, Z20, задана величина відходу по осі X:  $X_M > = 20$  мм.

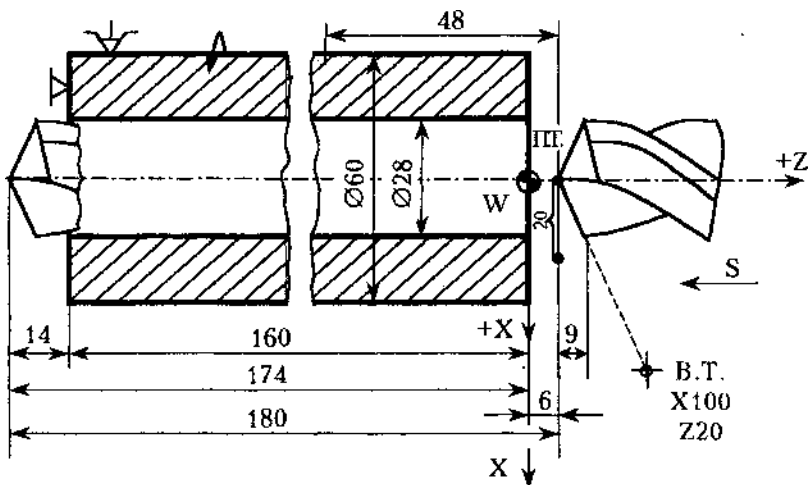


Рис. 2.20. Схема для ілюстрації програмування глибокого свердлування

Запис УП має вид:

**N0 T3**

**N1 M4**

**N2 S9**

**N3 F20**

**N4 XOSM.\***

**N5 Z600**

**N6M8**

**N7 G73\***

**N8 X2000»\***

**N9 Z—17400\***

**N10 P4800**

**N11 M9**

**N12**

**XЮООО'Л\***

**N13 Z2000V\***

**N14 M5**

**N15 M30**

Підхід в П.Т.

Включення ЗОР

Цикл глибокого свердлування за 4 робочих ходи із швидким відходом в т. А

Виключення ЗОР

Відхід в В.Т.

### 2.1.16. Безумовний перехід Р

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

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

**N11 F10**

**N12 X6000^m,**

**N13 Z-200(b\*v**

**N14 Z-14400**

Ліворуч

**N15 Z-2000**

Праворуч

**N16 P14**

**J** Повторення кадрів **N14** та **N15**

**N17 P15**

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

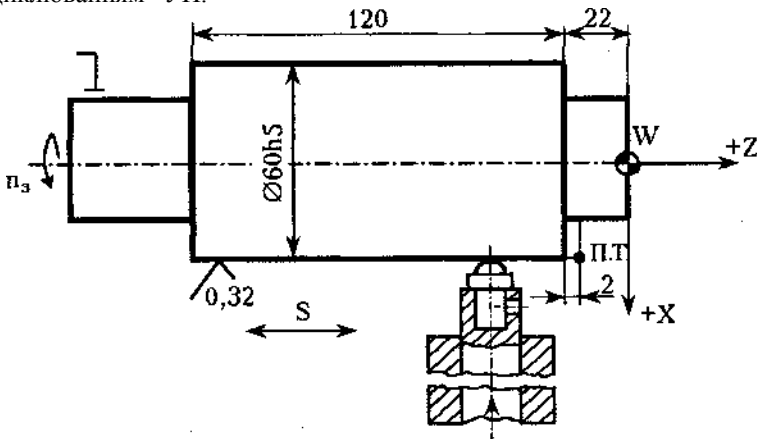


Рис. 2.21. Приклад автоматичного циклу з застосуванням символу безумовного переходу Р ("зациклювання")

Якщо заготовка деталі (рис. 2.22) поставляється з великою різницею величин припусків, то припуск може бути знятий за чотири або за три робочих ходи. Якщо припуск нормальний (менше 5 мм на сторону), то в програмі задається три робочих ходи. Коли замір

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

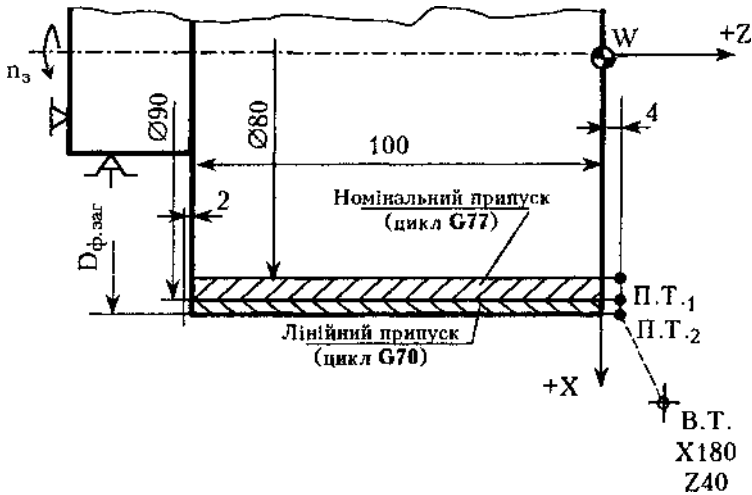


Рис. 2.22. Схема для ілюстрації програмування із застосуванням символу безумовного переходу **P** (великі межі припуску)

Запис УП має вид:

**N0 T1**  
**N1 M4**  
**N2 S10**

**N3 F40**

**N4 PO**

**N5^X9000**

**N6 Z400v\***

**N7 G77\***

**N8 X8000\***

**N9 Z—10200\***

**N10 P400**

**N14 M3O**

1 Підведення до 090 (П.Тц) при нор- J мальному припуску на сторону 5 мм

I Автоматичний цикл на три робочих хо- (ди з глибиною різання 2 мм на сторо- I ну, останній робочий хід глибиною 1 мм

**N11 X18000^\*1**

**N12Z2000-W J** Введення в В.Т

**N13 MS**

Додаткові кадри :

Підхід до поверхні заготовки Вф<sub>з-зят</sub>(П.Т.2) Однопрохідний автоматичний цикл для зняття залишкової частини припуску та підхід

**N100 X**

до номінального припуску (П.Т.І)

**N101 G70\***

**N105 P8**

**N102 X9000\***

**N103 Z-10200**

**N104 X9000W\***

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

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

**G31\*, X\*, Z\*, F\*, P1 P<sub>2</sub>,**

де **G31** - функція різьбонарізування;

**X** ~ номінальний діаметр різьби;

**Z** ~ довжина різьби або координата кінцевої точки різьби;

**F** — крок різьби, записується з дискретністю 0,0001;

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

**P<sub>2</sub>** ~ глибина першого проходу на сторону (задається технологом або оператором).

+Z

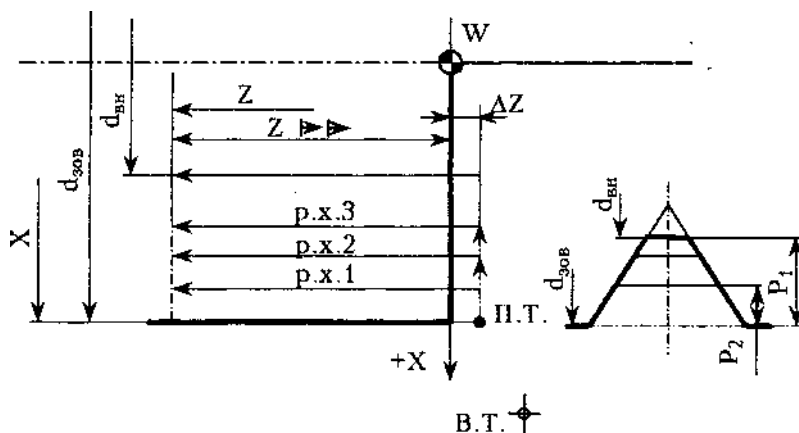


Рис. 2.23. Схема структури автоматичного циклу нарізання різьби G31

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

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

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

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

Введення проводять натисканням клавіш **N, 6, P, 2, 3, 6, 5**.  
 Передбачена можливість нарізання інших видів різьб.

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

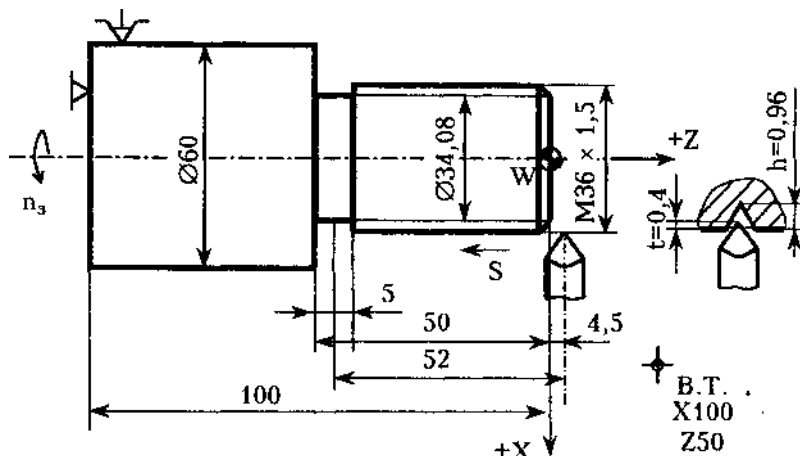


Рис. 2.24. Схема для ілюстрації програмування при нарізанні різьби M36 x 1,5

<b>N0T3</b>	Різьбовий різець в позиції 3
<b>N1 M4</b>	
<b>N2 S9</b>	
<b>N3 Z450*v</b>	1 Прискорений підхід за осями Z та X до
<b>N4 X3600'M»</b>	Г заготовки; величина повітряного зазору J згідно Z 4,5 мм
<b>N5 G31*</b>	Функція різьбонарізання і ознака групи
<b>N6 X3600*</b>	Діаметр різьби (зовнішній)
<b>N7 Z-4750*</b>	Координата кінцевої точки різьби по осі Z з урахуванням виходу в середину канавки (50 - 2,5 = 47,5 мм) або
<b>N8 F15000*</b>	Крок різьби 1,5 мм
<b>N9 P96*</b>	Глибина канавки 0,96 мм
<b>N10 P40</b>	Глибина першого робочого ходу 0,4 мм



**N11 X10000^v**

Прискорений відхід в В.Т.

**N12 Z5000V\***

Зупинка шпинделя Кінець програми

**N13 M5**

**N14 M30**

Якщо на кресленні деталі не передбачена зарізьбова канавка, то різьба повинна нарізуватися зі збігом, тобто з плавним виходом різця з різьби в кінці кожного робочого ходу. Для цього в систему вводять постійний параметр № 7 з величиною збігу  $C$  по осі  $Z$  в межах  $(0,1...3,1)F$ . Наприклад, для різьби з кроком 3 мм  $C = 1 \times 3 = 3$  мм. Введення параметру № 7 виконують натисканням клавіш N, 7, P, 0, 3, 0, 0. В багатопрхід- ному циклі нарізання різьби по функції G31 можна задавати нарізання конічної різьби. Для цього вводять третій параметр P - різницю між більшим і меншим діаметрами різьби (в імпульсах).

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

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

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

**N0T3**

**N1 M4**

**N2 S8**

**N3 Z450VW**

**N4 X3500vw**

} П.Т

<b>N5 G32* N6</b>	}	Перший робочий хід до 0 35
<b>F15000* N7 Z-</b>		
<b>4750 N8 F60</b>		
<b>N9 X4000 N10</b>		
<b>Z450** N11</b>		
<b>X3440 N12</b>		
<b>G32* N13</b>		
<b>F15000* N14</b>		
<b>Z-4750 N15</b>	>	Другий робочий хід до 0 34,4
<b>F60 N16</b>		
<b>X4000 N17</b>		
<b>Z450vw N18</b>		
<b>X3408 N19</b>		
<b>G32* N20</b>		
<b>F15000* N21</b>		
<b>Z-4750</b>	>	Третій робочий хід до 0 34,08

**N22 F60**  
**N23 X4000**  
**N24 XI0000'\*\*\* ]**  
**N25Z5000'\*\*\* J<sup>BT</sup>**  
**N26 M5**  
**M2 7 M3O**

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

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



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

## 2.2. Обладнання та інструменти

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

## 2.3. Порядок виконання роботи

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

## 2.4. Варіанти індивідуальних завдань

Таблиця 2.6

№ ва- ріан- ту	Рисунок	Підваріант	
		1	2
1.		Матеріал АЛІ9	сталь 45
		Заготовка штовхач мірна із дротика	штовхач мірна із дротика
		XC	00 B * СП 0 0001 00 00 0 Ш
		D <sub>1</sub> , мм	
		D <sub>2</sub> =D <sub>1</sub> , мм	
		D <sub>3</sub> , мм	
		D <sub>saar</sub> , мм	
		d <sub>1</sub> , мм	
		L <sub>1</sub> , мм	
		L <sub>2</sub> , мм	
		L <sub>3</sub> , мм	
		L <sub>4</sub> , мм	
		L <sub>5</sub> , мм	
		C, мм	
		K, мм	

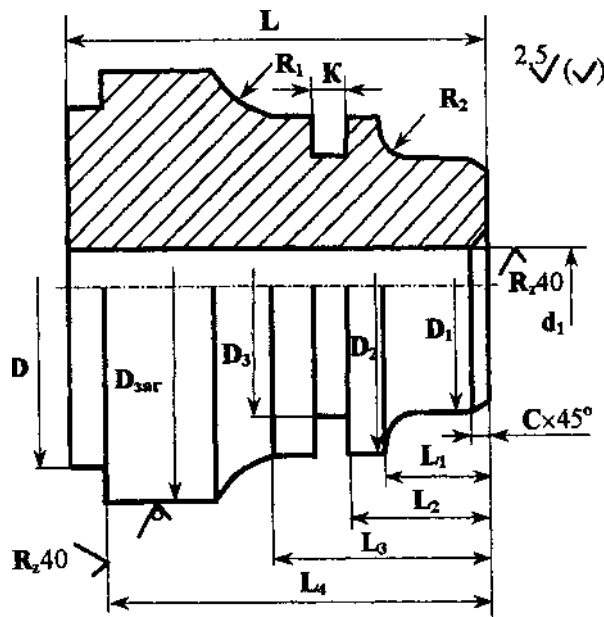


№ ва ріан- ту Рисунок Параметри |-----, ПДваріант

2.		Матеріал	сталь 40	бронза	латунь 60
		Заготовка	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика
		$D_1, \text{мм}$	22	20	22
		$D_3 = D, \text{мм}$	30	28	32
		$D_2, \text{мм}$	28	25	24
		$\text{D}_{\text{заг}}, \text{мм}$	36	36	36
		$d_1, \text{мм}$	8	12	10
		$L, \text{мм}$	40	45	50
		$L_1, \text{мм}$	20	23	25
		$L_2, \text{мм}$	36	30	35
		$L_3, \text{мм}$	38	40	45
		$C, \text{мм}$	0,6	1,0	1,6
		$K, \text{мм}$	5	7	6

№ ва ріан- ту Рисунок

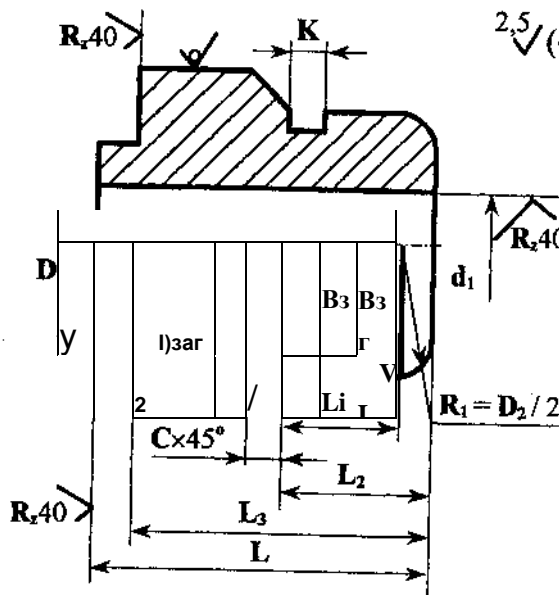
3.



Параметри	Підваріант		
	2	3	3
Матеріал	бронза Бр010Ц2	сталь 18ХГТ	сталь 20
Заготовка	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика
$D = D_2, \text{мм}$	36	30	32
$D_1, \text{мм}$	32	25	27
$D_3, \text{мм}$	31	24	26
$\text{D}_{\text{заг}}, \text{мм}$	40	40	40
$d_1, \text{мм}$	12	8	10
$L, \text{мм}$	55	50	47
$L_1, \text{мм}$	22	20	16
$L_2, \text{мм}$	27	25	21
$L_3, \text{мм}$	37	35	30
$L_4, \text{мм}$	47	45	40
$K, \text{мм}$	8	6	5
$C, \text{мм}$	3,0	5,0	2,5
$R_1, \text{мм}$	5	4	3
$R_2, \text{мм}$	4	3	5

№ ва  
ріан-  
ту  
4.

Рисунок



Параметри

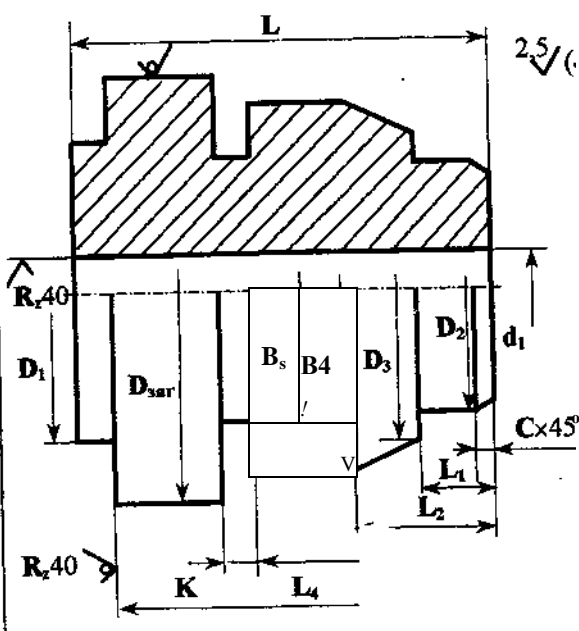
Підваріант

Параметри	бронза Бр010Ц2	сталь 18ХГТ	сталь 20
Матеріал	бронза Бр010Ц2	сталь 18ХГТ	сталь 20
Заготовка	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика
$B_2=B$ , мм	36	30	32
$B_3$ , мм	32	25	27
$r_{алл}$ , мм	40	40	40
$d_1$ , мм	12	8	10
$L$ , мм	55	50	47
$L_j$ , мм	22	20	16
$L_2$ , мм	37	35	30
$L_3$ , мм	47	45	40
$C$ , мм	3,0	5,0	2,5
$K$ , мм	5	4	6

Продовження табл. 2.6

№ ва  
ріан-  
ту  
5.

Рисунок



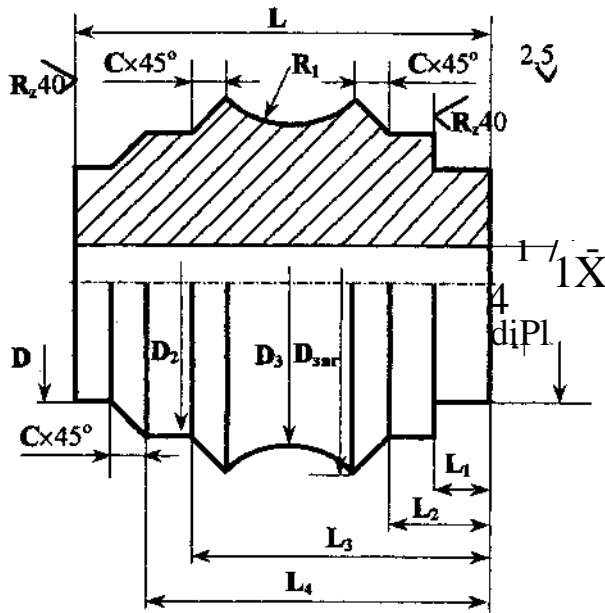
Параметри

Параметри	1	2	3
Матеріал	сталь 40Х	сталь 18ХГТ	сталь 20Х
Заготовка	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика
$D_1$ , мм	40	45	38
$D_2$ , мм	45	48	40
$D_3$ , мм	50	55	48
$B_d$ , мм	105	108	100
$B_5$ , мм	100	102	95
$B_{зар}$ , мм	110	110	110
$d_1$ , мм	20	25	27
$L$ , мм	120	110	100
$L_1$ , мм	30	28	25
$L_2$ , мм	60	55	50
$L_3$ , мм	80	60	65
$B_d$ , мм	100	90	80
$C$ , мм	2,5	1,5	1,0
$K$ , мм	5	5	5

Продовження табл. 2.6

№ ва  
ріан-  
ту  
6.

Рисунок

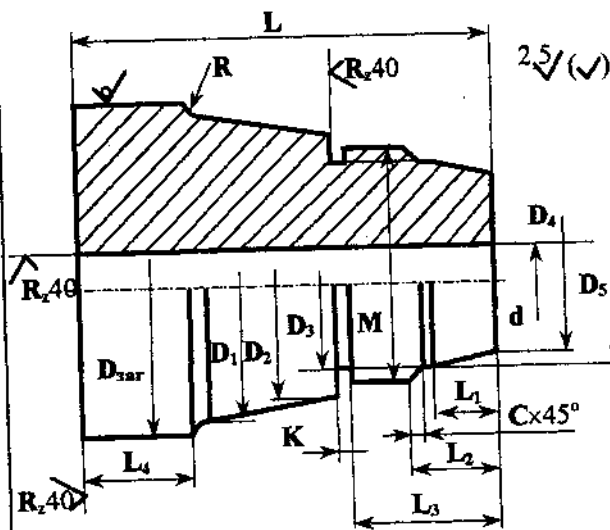


Параметри	Підваріант		
	1	2	3
Матеріал	сталь 20	АЛ9	сталь 40
Заготовка	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика
D = Df, мм	60	41	30
D <sub>2</sub> , мм	70	53	40
D <sub>3</sub> , мм	65	50	40
D <sub>зар</sub> , мм	80	65	50
d <sub>i</sub> , мм	20	25	15
L, мм	100	90	80
мм	10	10	12
L <sub>a</sub> , мм	20	15	25
L <sub>3</sub> , мм	60	60	43
L <sub>4</sub> , мм	90	80	68
C, мм	5	6	5
R1, мм	8	7	5

Продовження табл. 2.6

№ ва  
ріан-  
ту  
7.

Рисунок



Параметри 1-	Підваріант		
	1	2	3
Матеріал -	патунь, 60	АЛ9	сталь 45
Заготовка	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика
D <sub>зар</sub> , мм	40	36	32
D <sub>i</sub> , мм	36	32	28
D <sub>2</sub> , мм	32	28	25
D <sub>3</sub> , мм	25,5	20,3	17,7
D <sub>4</sub> , мм	20	18	15
D <sub>5</sub> , мм	25	21	18
d, мм	12	8	6
L, мм	120	100	80
L <sub>t</sub> , мм	30	28	23
L <sub>2</sub> , мм	37	35	27
L <sub>3</sub> , мм	70	60	45
L <sub>4</sub> , мм	30	20	15
R, мм	10	12	8
K, мм	5	4	3
C <sub>ха</sub> , ммхгр	2x45	1,6x30	1,0x60
M, мм	28x1,0-6;	? 24x1,5-6;	J 16x2~6g



№ ва ріан- ту	Рисунок :	Параметри	Підваріант		
			1	2	3
8.		Матеріал	бронза Бр010Ц2	Істаль20Х	сталь 40
		Заготовка	штучна мірна із дротика 36	штучна мірна із дротика	штучна мірна із дротика
		$D_{заг}$ , мм	32	32	40
		$D_1$ , мм	25	29	37
		$D_2$ , мм	22	23	32
		$D_3$ , мм	13	21	29
		$D_4$ , мм	26x1,5-6g	12	29
		$M$ , мм		24x1,25-6g	32x1-6g
		$R_1$ , мм	4	5	6
		$R_2$ , мм	10	9	13
		$L$ , мм	100	125	150

№ ва ріан- ту	9.
---------------------	----

Рисунок

2,5√(✓)

0,1г	1	1
------	---	---

Параметри

1 | 2 | zzzz

Матеріал	АЛ9	сталь 40Х	сталь 20Х
Заготовка	штучна мірна із дротика 32	штучна мірна із дротика 40	штучна мірна із дротика 36
$D_1$ , мм	29	35	32
$D_2$ , мм	25	30	28
$D_3$ , мм	19	23	22
$M$ , мм d,	24x1,5-6g	28x1,25-6g	30x1,5-6g
мм $L$ ,	12	14	15
мм $L_j$ ,	90	120	110
мм $L_2$ ,	10	20	15
мм	17	40	25
мм	50	60	55
$L_3$ , мм	20	25	15
$L_4$ , мм	3	3,5	4
$R_1$ , мм			
$R_2$ , мм			
$K$ , мм			

Продовження табл. 2.6

№ ва-ріан-ту	Рисунок	Підваріант		
		1	2	3
10.		сталь 30 штучна мірна із дротика 40 35 27 32×2,5-6g 22 15 28 8 100 10 20 60 20 5 1,5×45 5×45	сталь 40X штучна мірна із дротика 36 32 21 26×1,5-6g 18 14 22 10 80 8 25 59 15 4 2×45 4×45	АЛ19 штучна мірна із дротика 32 27 18 22×1,75-6g 14 9 18 6 90 8 17 55 18 3 1,25×45 4×45
	Параметри Матеріал Заготовка  $D_{зар}$ , мм $D_1$ , мм $D_2$ , мм $M$ , мм $D_3$ , мм $D_4$ , мм $D_5$ , мм $d$ , мм $L$ , мм $L_1$ , мм $L_2$ , мм $L_3$ , мм $L_4$ , мм $K$ , мм $C_1 \times \alpha_1$ , мм×гр $C_2 \times \alpha_2$ , мм×гр			

## 2.5. Зміст звіту

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

## 2.6. Контрольні запитання

1. Технологічні можливості та призначення токарно-револьверного верстата мод. 1В340Ф30 з ОС ЧПУ Електроника НЦ-31.
2. Ціна імпульсу при переміщенні револьверного супорта в поздовжньому та поперечному напрямках.
3. Програмування швидкості головного руху.

4. Програмування швидкості поздовжньої та поперечної подачі.
5. Програмування одноінструментальної обробки.
6. Однопрохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки без скосу.
7. Однопрохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки зі скосом.
8. Однопрохідний автоматичний цикл поперечної обробки без скосу.
9. Однопрохідний автоматичний цикл поперечної обробки зі скосом.
10. Багатопохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки без скосу.
11. Багатопохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки зі скосом.
12. Багатопохідний автоматичний цикл поперечної обробки без скосу.
13. Багатопохідний автоматичний цикл поперечної обробки без скосу.
14. Особливості програмування обробки конічних поверхонь.
15. Програмування зняття фасок під кутом  $45^\circ$ .
16. Програмування обробки сферичних поверхонь, що охоплюють повну чверть кола.
17. Програмування обробки сферичних поверхонь, що охоплюють менше чверті кола.
18. Багатопохідний цикл проточування торцевих канавок.
19. Програмування проточування широких торцевих канавок вузьким канавочним різцем.
20. Багатопохідний автоматичний цикл проточування канавок на циліндричній поверхні.
21. Програмування проточування широких радіальних канавок вузьким різцем.
22. Автоматичний цикл глибокого свердлування.
23. Програмування повторення кадрів УП.
24. Безумовний перехід.
25. Програмування однопрохідного нарізування різьб на зовнішніх циліндричних поверхнях різцем.
26. Програмування багатопохідного нарізування різьб на зовнішніх поверхнях різцем.
27. Програмування нарізування різьб мітчиком та плашкою.

**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 • над станиною • над супортом - довжина	мм	500 220 1000
2.	Найбільша довжина обробки	мм	905

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Значення
3.	Кількість позицій револьверної головки (поворотного різцетримача)		6*
4.	Найбільше поперечне переміщення револьверного супорта	мм	275
5.	Діапазони безступеневого регулювання частот обертання шпинделя: - I - II - III	хв <sup>1</sup>	20-285 60-830 175- 2500
6.	Діапазони 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 2Р22

Пристрій ОПУ 2Р22 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 пульту 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
<b>A</b>	Припуск під чистову обробку
<b>B</b>	Повторення кадру
<b>C</b>	Збіг різьби, фаска під кутом 45 °
<b>D</b>	Витримка часу
<b>E</b>	Подача на прискореному ході
<b>F</b>	Подача робоча або крок різьби
<b>G</b>	Підготовча функція
<b>H</b>	Кількість повторів
<b>L</b>	Автоматичний постійний цикл
<b>M</b>	Допоміжна функція
<b>N</b>	Номер кадру
<b>P</b>	Глибина різання або ширина різця
<b>S</b>	Частота обертання шпинделя
<b>t</b>	Позиція револьверної головки з ріжучим інструментом
<b>X, Z</b>	Переміщення осями X, Z в абсолютних значеннях
<b>U, W</b>	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 слідуючим 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**.



Таблиця 3.4

Позначення	Назва в режимі "діалог"	Зміст	Структура	Параметри структури циклу в режимі "діалог"
<b>L01</b>	РІЗЬБА	Цикл нарізання циліндричних та конічних різьб з автоматичним розподілом припуску на проходи	<b>L01 F W X A P C</b>	<b>F</b> ~ крок різьби, мм; <b>W</b> ~ довжина різьби, мм; <b>X</b> ~ внутрішній діаметр різьби, мм <b>A</b> - нахил різьби, для конічних різьб дорівнює Прирошенню діаметрів торцевих поверхонь, мм; 0 - для циліндричних різьб; <b>P</b> - максимальна глибина різання за один прохід, мм (розмір по раді-усу); <b>C = i</b> - збіг різьби відсутній; <b>0</b> - збіг різьби дорівнює кроку різьби, мм;
<b>L02</b>	КАНАВКА	Цикл прорізання канавок з автоматичним розподілом на проходи	<b>L02 D X A P</b>	<b>D</b> - витримка часу в кінцевому положенні різального інструменту (діаметр канавки X), с; <b>X</b> ~ внутрішній діаметр канавки, мм; <b>A</b> ~ ширина канавки, мм; <b>P</b> - ширина канавочного різця, мм

ініиимв..in и ietimi..... «ш\*.

Позначення	Назва в режимі "діалог"	Зміст	Структура	Параметри структури циклу в режимі "діалог"
<b>L03</b>	Н ПЕТЛЯ	Цикл однопрохідного зовнішнього точіння по координаті Z з автоматичним відскоком на 1 мм та поверненням на швидкому ході в початкову точку	<b>L03 W</b>	<b>W</b> - довжина петлі (з урахуванням знаку в прийнятій системі координат), мм;
<b>L04</b>	В ПЕТЛЯ	Цикл однопрохідного внутрішнього точіння (по координаті Z) з автоматичним відскоком на 1 мм та поверненням на швидкому ході в початкову точку	<b>L04 W</b>	<b>W</b> - див. <b>W</b> для <b>L03</b>
<b>L05</b>	Т ПЕТЛЯ	Цикл однопрохідного торцевого точіння (по координаті X) з автоматичним відскоком на 1 мм та повертанням на швидкому ході в початкову точку	<b>L05 X</b>	<b>X</b> - 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	$\text{P} \text{ \& } \text{W}$	<b>P</b> - максимальна глибина свердлування за один робочий хід, мм; <b>W</b> - загальна довжина свердлування (з урахуванням знаку в прийнятій системі координат), мм;
L07	РІЗЬБА	Цикл нарізання різьби мітчиком або плашкою	L07 F W	<b>F</b> - крок різьби, мм; <b>W</b> - довжина робочого ходу інструменту з урахуванням величин врізання та перебігу, мм;
L08	Ц ОБРОБКА	Цикл багатопрохідної обробки циліндричних заготовок з автоматичним розподілом припуску на проходи	L08 AP	<b>A</b> ~ припуск під чистову обробку, мм, якщо обробка кінцева, тобто без чистового робочого ходу, то <b>A</b> = 0; <b>P</b> - максимальна глибина різання по радіусу за один прохід, мм;
L09	П ОБРОБКА	Цикл багатопрохідної обробки поковок з автоматичним розподілом на проходи	L09 AP	<b>A, P</b> ~ див. для циклу <b>L08</b>
L10	Ч ОБРОБКА	Цикл чистової обробки по контуру із заданого номера кадру	<b>CH B</b>	<b>B</b> - номер кадру початку (повторення) опису контуру деталі; ознакою кінця опису контуру є функція <b>MI 7</b> ;
L11	ПОВТО- РЕННЯ	Цикл повторення за даної ділянки програми	L11 NB	<b>N</b> - кількість повторень однакових елементів; <b>B</b> - номер кадру початку повторення.

Таблиця 3.5

Позначення та призначення допоміжних технологічних функцій

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

Таблиця 3.6

Позначення та призначення підготовчих функцій

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

### 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<sup>-1</sup> 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 задання 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\*.**

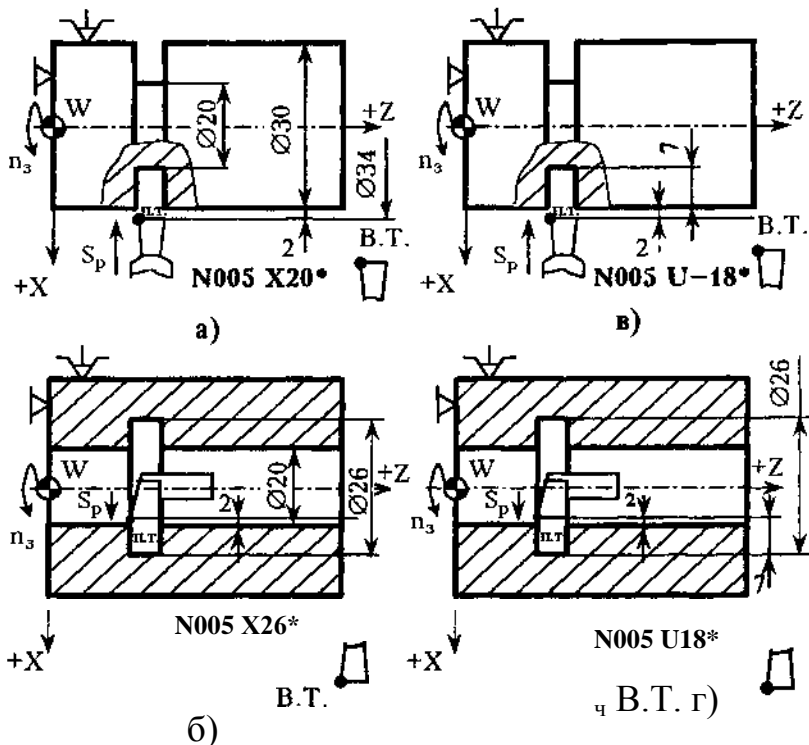


Рис. 3.1. Приклад програмування лінійних переміщень по осі X: а, б - в абсолютній системі; в, г - у відносній системі.

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°.**

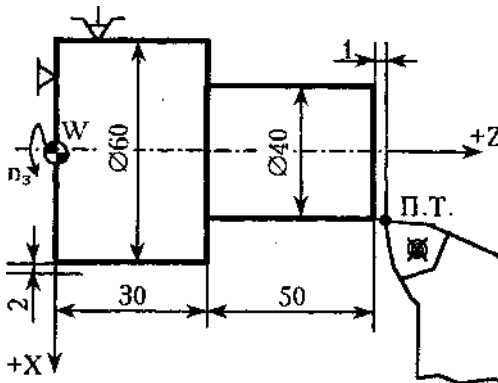


Рис. 3.2. Ескіз валика для ілюстрації програмування лінійних переміщень по осі Z в абсолютній і відносній системах

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<sup>-1</sup> (рис. 3.3), приведена нижче:

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

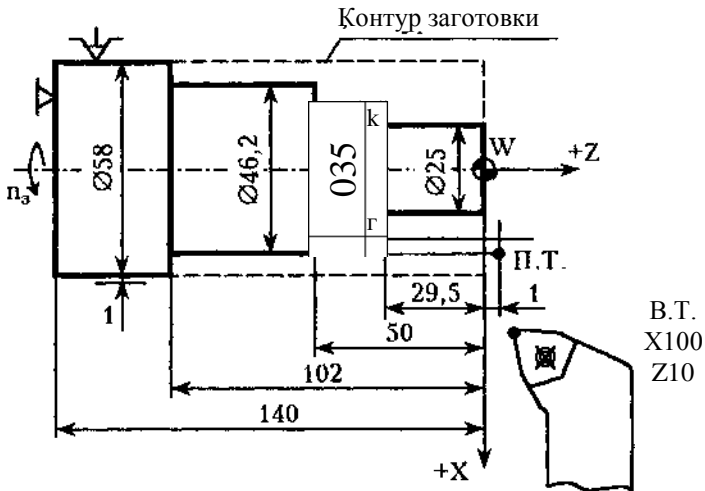


Рис. 3.3. Ескіз валика з нанесенням розмірів для програмування обробки в абсолютній системі

$S = 0,3$  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-й 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<sup>-1</sup> (рис. 3.4) у відносній системі має такий вигляд:

Контур заготовки / —<sub>q</sub>

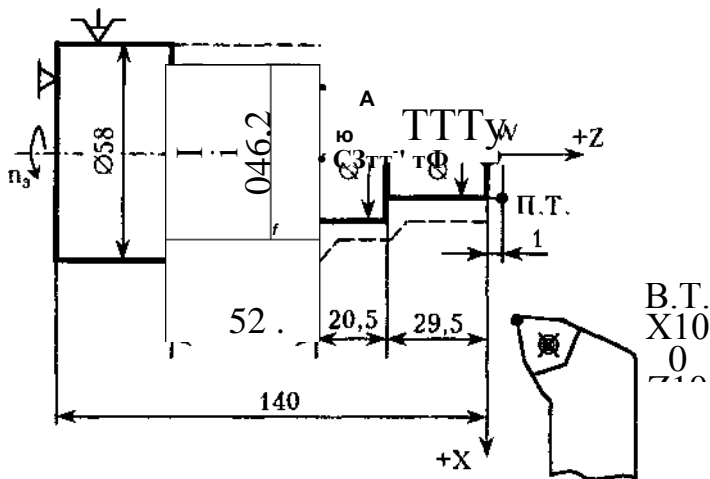


Рис. 3.4. Ескіз валика з нанесенням розмірів для програмування обробки в відносній системі

—~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 Uli,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 хв<sup>1</sup>, 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 виконується 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.

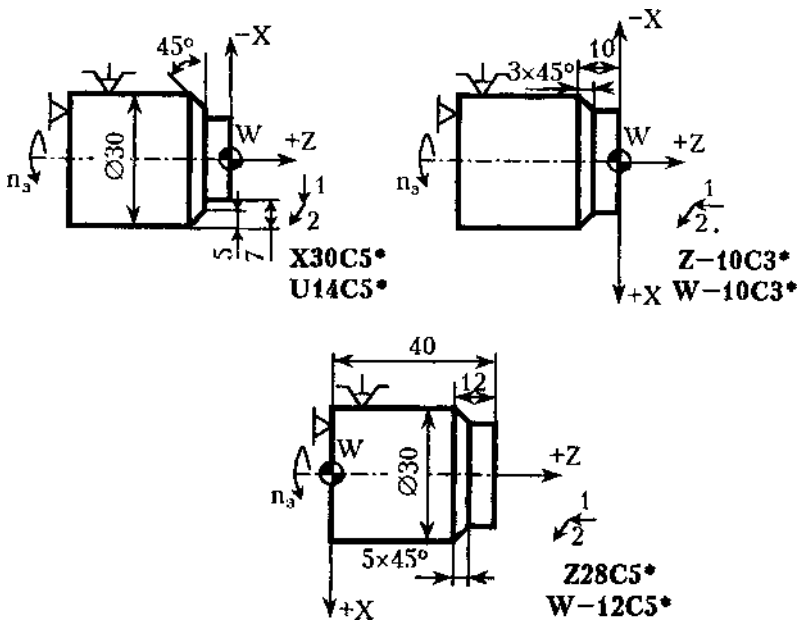


Рис. 3.5. Приклад запису в кадрах УП обробки фасок при зовнішньому точінні:

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

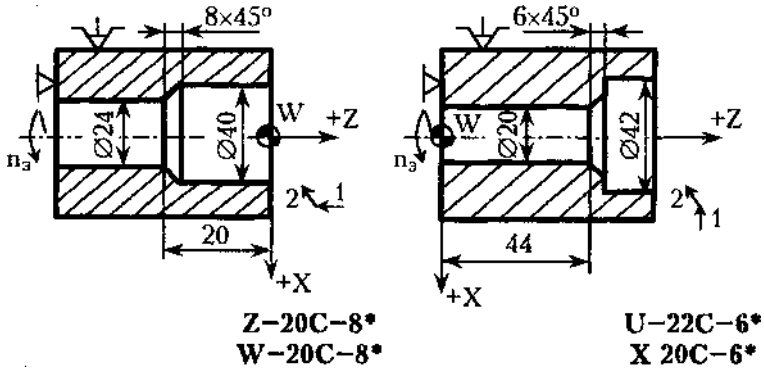


Рис. 3.6. Приклади запису в кадрах УПІ розточування фасок:

- 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.

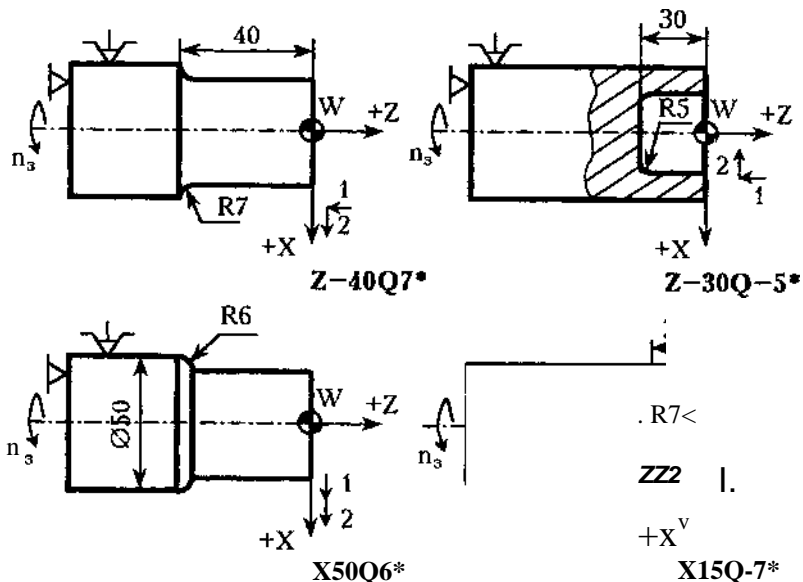


Рис. 3.7. Приклади запису в кадрах УП обробки галтелей і скруглення:

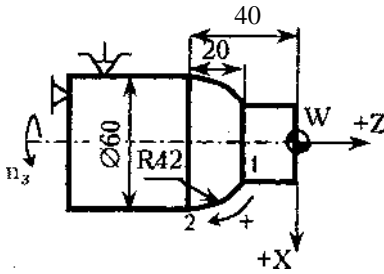
- 1 - напрямок руху до галтелі або скруглення;
- 2 - напрямок галтелі або скруглення по осі X

Кадр УП, яким програмують обробку дуг, містить:

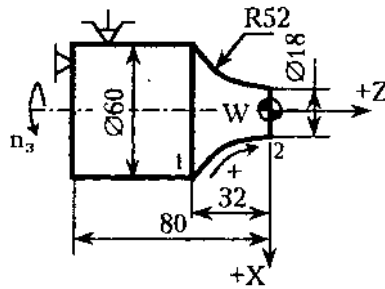
- позначку координат кінцевої точки дуги (X і Z);
- числові значення координат кінцевої точки дуги в абсолютній або у відносній системах;
- адресу R;
- числове значення радіуса дуги зі знаком "плюс" при обробці за годинниковою стрілкою, "мінус" ~ проти годинникової стрілки.

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

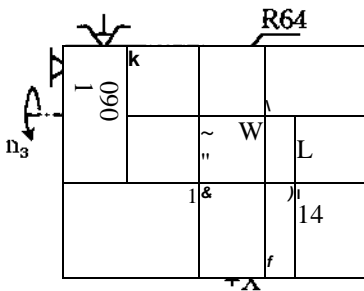




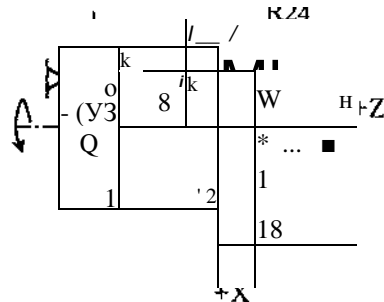
**X60W-20R42\***  
або **X60Z-40R42\***



**X18Z0R52\* або U-42W32R42\***

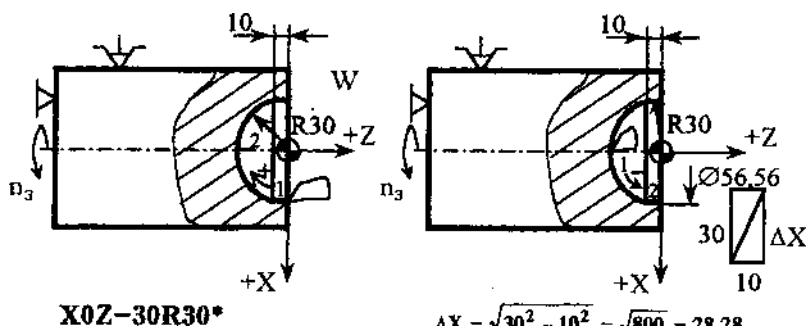


**U—28W26R64\***  
або **X32Z0R64\***



**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°)



на — JUV — IV — >WV — *лиць*  
 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°)

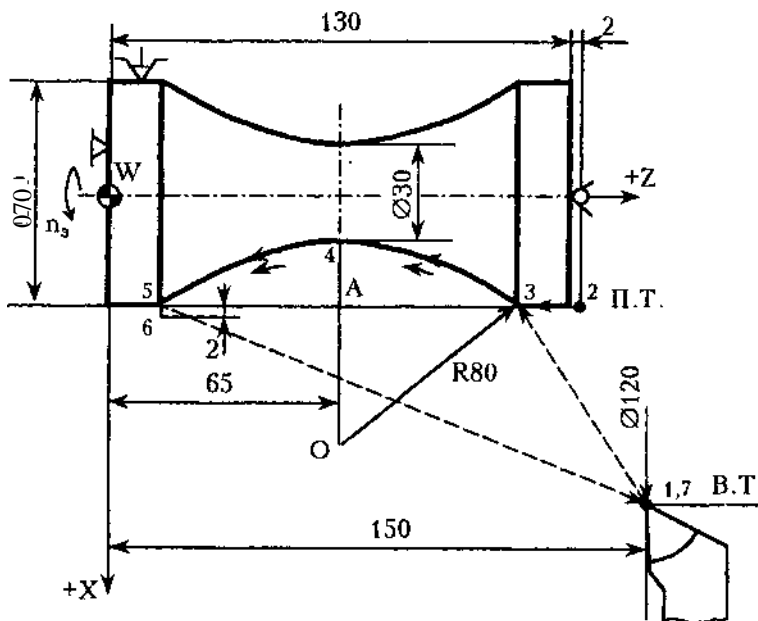


Рис. 3.10. Ескіз деталі і циклограма руху інструменту при обробці фасонної (радіусної) поверхні  
 УП чистової обробки фасонної поверхні деталі (рис. 3.10)

контурним різцем наведена в абсолютній системі. Частота обертання шпинделя складає  $372 \text{ хв}^{-1}$ , 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  $AO_3JK$  (рис. 3.11, б) знаходять

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

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

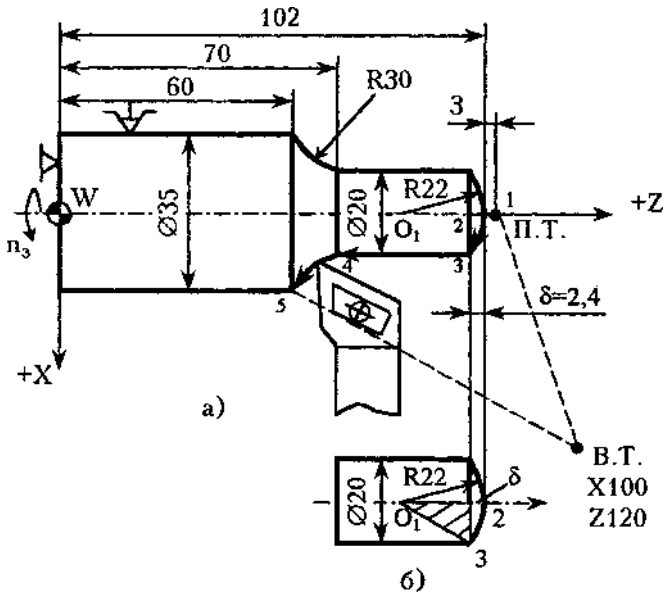


Рис. 3.11. Ескіз деталі і циклограмма руху інструменту при обробці деталі з двома сферичними поверхнями\*, а - схема деталі;  
б -- геометрична побудова для визначення розміру  $\delta$

Запис УП наведений нижче:

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

**N013 X36 M0в\***

**N014 L01 F1,5 W-52 X34,08 A0 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  $\text{мм}$ , **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** =  $2 \text{ мм}$ .

### 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,  $\text{мм}$  ;

**A** - ширина канавки,  $\text{мм}$  ;

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



	на швидкому ході.
<b>N011 X52*</b>	Встановлення різця в п. т. циклюю
<b>N012 L02 D2 X30 A19 P5*</b>	Проточування канавки з внутрішнім Ø 30 мм, шириною 10 мм, різцем з шириною кромки 6 мм, витримка часу в кінці робочого ходу - 2 с.
<b>N013 M02*</b>	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.

**N004 M02\***

Зупинка шпинделя, кінець програми,  
повернення в п. т.

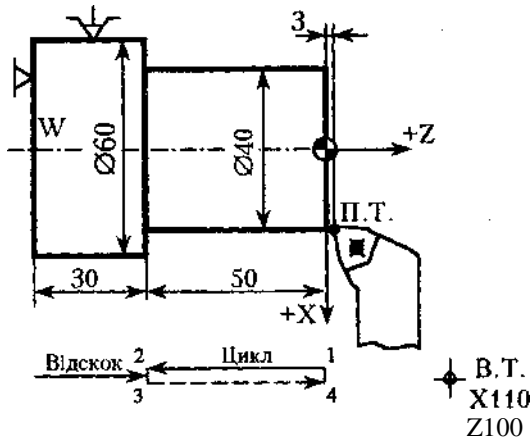


Рис. 3.13. Схема деталі для ілюстрації програмування  
зовнішнього точіння деталі (цикл **L03**)

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.

**N004 M02\***

Кінець програми, повернення в п. т.

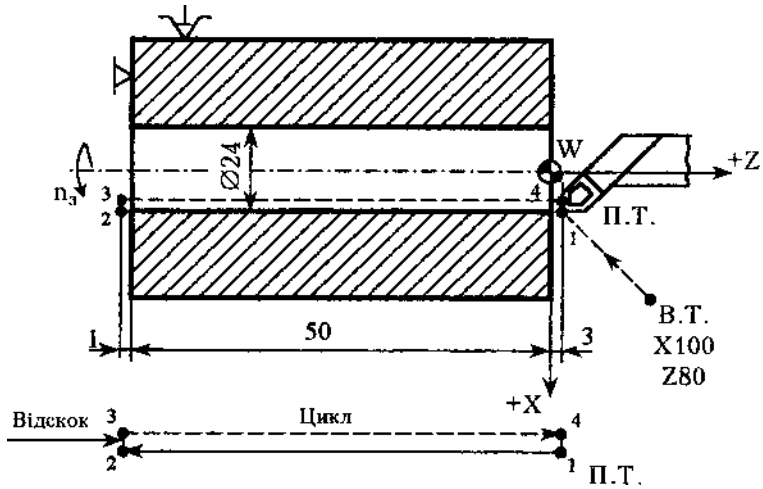


Рис. 3.14. Схема для ілюстрації програмування розточування деталі (цикл L04)

### 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.

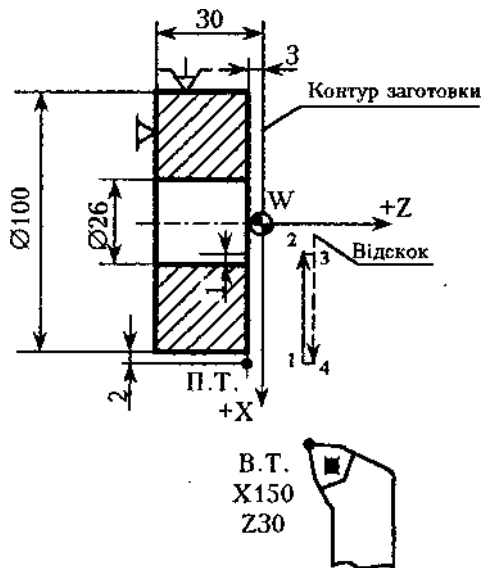


Рис. 3.15. Схема деталі для ілюстрації програмування торцевої обробки деталі (цикл LOS)

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

**N001 S3 700 F0,25 Ti\***

Третій діапазон,  $n = 700$

$kv^{n1}$ ,

$S = 0,25$  мм/об.

**N002 XI04 Z-3 E\***

Підхід до п. т. циклу 1.

**N003 G10\***

Задання постійної швидкості різання.

**N004 L05 X24\***

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).

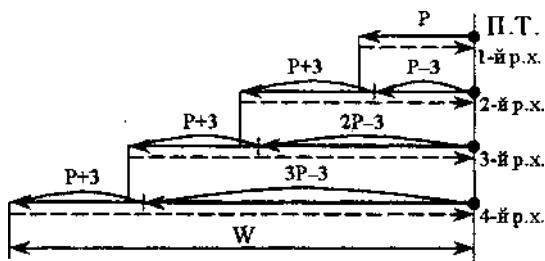


Рис. 3.16. Схема автоматичного циклу глибокого свердлування **L06**  
Фрагмент УП для глибокого свердлування наведений нижче:

**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 проходжу 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, покових, 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.

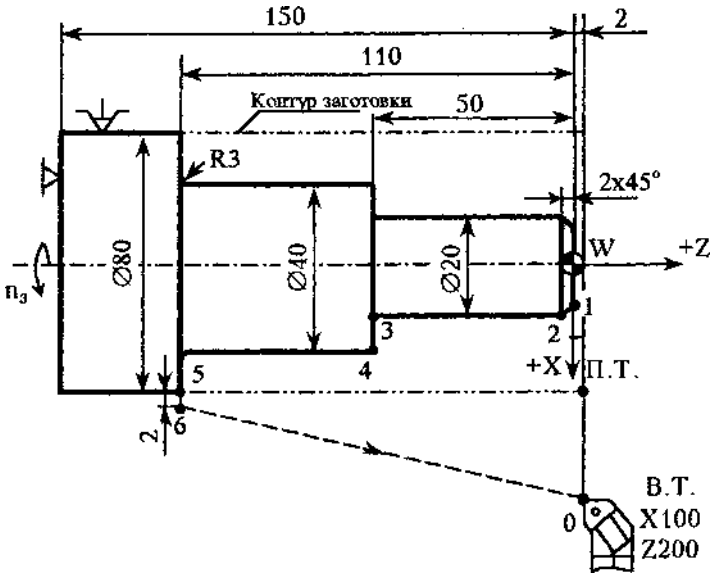


Рис. 3.17. Схема, що ілюструє чорнове і чистове точіння за циклами **L08, L10**

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 Zп.Т. ~ як  $C_{УМ}$  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.  $^c$  сума діаметру правого торця і припуску на діаметру, а координатою Zп.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.

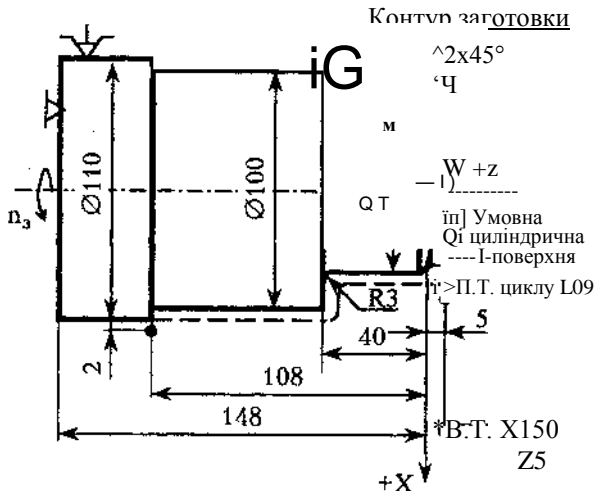


Рис. 3.18. Схема до програмування зовнішнього точіння канавки (цикл L09)

Якщо кінцевий контур деталі починається з фаски, галтелі або конуса, необхідно програмувати перед циклом L09 умовний циліндричний східць 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 A0 P3\***

**N005 X56\* N006 Z0\***

**N007 X60 C2\***

**N008 Z—40 Q3\***

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 східць.

Програмування фаски 2x45°.

Обробка 060 мм і галтелі R3 мм.



<b>N009 X100*</b>	Підрізання виступа до 0100 мм.
<b>N010 Z—108*</b>	Обробка 0100 мм.
<b>N011 X114 M17*</b>	Підрізання виступа до 0114 мм, кінець опису деталі.
<b>N012 Z0 E*</b>	Відхід по осі <b>Z</b> на координату <b>Z = 0</b> (швидкий хід).
<b>N013 X62 E*</b>	Підведення по осі <b>X</b> на координату <b>X62</b> (швидкий хід).
<b>N014 X0 F0.25*</b>	Підрізання торця.
<b>N015 ZI E M09*</b>	Відхід на координату <b>Z = 1</b> , вимкнення подачі ЗОР.
<b>N016 M02*</b>	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 S2 500 F0,3 Ti\***

**N002 X80 Z2 E\***

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

Задання чистової обробки з кадру  
**N005.**

**N014 M02\***

**N003 Z0\***

**N004 L08 A1 P5\***

Задання чергової 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\***

Кінець частини УП, який повто-

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

**N011 L11 H2 B7\***

Цикл L11: число повторень - 2, початок повторення з кадру 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 задания 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. 16K20ФЗРМ132.
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. 16K20ФЗРМ132.
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.
19. Цикл повторення заданої ділянки УП.

**Лабораторна робота № 4**  
**НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ**  
**РОБОТИЗОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО**  
**КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ**  
**мод. ПМР 0,5-254 КПВ І ПМР 0,5-200 КВ**

**Мета роботи:** ~ отримати навички програмування та налагодження промислових роботів та РТК вціло- му.

#### 4.1. Теоретичні відомості

##### 4.1.1. Призначення та технологічні характеристики ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ

Промисловий робот (ПР) - автоматична машина, стаціонарна або рухома, що складається із виконавчого пристрою у вигляді маніпулятора, що має декілька ступенів рухомості, та пристрою програмного управління, що може перепрограмува- тись, для виконання у виробничому процесі функцій рухів та управління. Тобто ПР є переналагоджувальною автоматичною машиною для виконання різних маніпуляційних дій у виробничому процесі.

Під налагодженням розуміють програмування та технологічне переналагоджуваний робота (роботів), під маніпуляційними діями - переміщення та орієнтування в просторі об'єктів маніпулювання, що називаються об'єктами роботизації.

Промисловий мініробот мод. ПМР 0,5-254 КПВ призначено для виконання складальних та завантажувально-розвантажувальних операцій, захвату заготовок, транспортування в зону складання (обробки) та/або видалення із зони складання (обробки) готових складальних одиниць (деталей).

План-схема роботи ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ в складі РТК представлена на рис. 4.1, а його технологічні характеристики - в табл. 4.1.

Рис. 4.1. План-схема роботи РТК на базі роботів:  
1 - ПМР 0,5-254 КВІГ;  
2 - ПМР 0,5-200 КП



Таблиця 4.1

## Технологічні характеристики ПР мод. ПМР 0,5~254 КПВ

№ з/п	Параметри характеристик:		
	найменування	одиниці вимірювання	значення
1.	Вага вантажу, що переміщується	кг	0,5
2.	Кількість ступенів рухомості без схвату	-	5
3.	Похибка позиціонування	мм	0,3
4.	Параметри переміщення: - вздовж плеча: - <b>ХЦД</b> - середня швидкість - кисті: “ хід - середня швидкість - повороту навколо вертикальної осі: - величина - середня швидкість	мм мм/с мм мм/с град, рад/с (град/с)	254 200 35 ' 200 180 1,57 (90)
5.	Дискретність позиціонування	мм	16
6.	Система управління	електронна, циклова	
7.	Тип приводу	пневматичний	
8.	Тиск повітря	МПа (кгс/ см <sup>2</sup> )	0,4 (4)
9.	Встановлена потужність	кВт	0,1

#### 4.1.2. Побудова та принцип роботи ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ

ПМР складається з двограничного та багатограничного пневмоциліндрів та модуля підйому, змонтованого на модулі повороту. Пристрій управління ЦМ-663 разом з блоком комутації монтується окремо та з'єднується з ПМР кабелями. На пневмоциліндрі двограничному монтується кисть. Для експлуатації ПМР на кисті встановлюється захватний пристрій (кліщовий, вакуумний, електромагнітний і т.д.).



Двограничний пневмоциліндр ПД-126 дозволяє переміщувати кисть маніпулятора в горизонтальній площині та має два кінцевих положення. Довжина ходу двограничного пневмоциліндра визначається положенням граничних гайок на шпильці, що кріпиться на рухомій частині пневмоциліндра. Гайки взаємодіють з демпфером в кінці ходу. Максимальна довжина ходу штока - 126 мм.

Пневмоциліндр багатограничний ПБ-128 складається з пневмоциліндру та 6 поршнів. Кожен із поршнів забезпечує хід штока відповідно на:

$$\begin{array}{ll} 1\text{-ий} - 2^1 = 2 \text{ мм}; & 2\text{-ий} - 2^2 = 4 \text{ мм}; 3\text{-ий} - 2^3 = 8 \text{ мм}; \\ 4\text{-ий} - 2^4 = 16 \text{ мм}; & 5\text{-ий} - 2^5 = 32 \text{ мм}; 6\text{-ий} - 2^6 = 64 \text{ мм}. \end{array}$$

Сумарна довжина ходу штока ПБ-128 дорівнює:

$$2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 = 128 \text{ мм}.$$

До пневмоциліндру кріпиться блок із 16 герконів (герметизованих контактів), що являють собою датчики положення. До електросхеми ввімкнено 8 (через один) герконів з кроком 16 мм. Шток зв'язаний з двограничним пневмоциліндром ГІД<sup>®</sup> 126, що забезпечує загальне переміщення схвата маніпулятора в горизонтальному напрямку на 254 мм.

Таким чином, конструкція пневмоциліндрів двограничного і багатограничного дозволяє програмувати зупинку схвата робота в 8 точках в кожному крайньому положенні ГІД—126 робочої зони робота.

У вихідному стані всі поршні постійно знаходяться в крайньому лівому положенні. Після надходження повітря під один або декілька поршнів шток переміщується вправо, так як площа, на яку діє стиснуте повітря, у поршнів приблизно в два рази більша площі, на яку діє повітря в штоковій порожнині (тобто з правої сторони від поршня).

Модуль повороту В<sup>®</sup>240 складається з корпусу, в якому навколо вертикальної осі обертається на підшипниках вал-шестерня. Вал-шестерня приводиться в рух рейкою-штоком рейкового пневмоциліндра.

Модуль підйому включає в себе стійку, в якій може переміщуватись вгору-вниз гільза. Підйом гільзи виконується за рахунок подачі стисненого повітря, а опускання ~ під дією власної ваги гільзи і ваги маніпулятора ПМР.

Безударна зупинка при переміщенні робота забезпечується за рахунок взаємодії відповідно верхнього і нижнього упорів зі штоками відповідних демпферів. Всі демпфери в даному ПР гідравлічні.

Кисть К-25 складається з рухомого та нерухомого корпусів і кріпиться нерухомим корпусом до двограничного пневмоциліндра. В корпусі виконані верхній та нижній вертикальні пази. В нижній паз при установці кисті на ПМР входить ексцентрик, який дозволяє повертати

кисть навколо горизонтальної осі двограничного пневмоциліндру і точно її встановлювати.

При підготовці ПМР до роботи необхідно налагодити початкове положення величини переміщень і послідовність спрацювання модулів при виконанні конкретного технологічного процесу, що виконується роботом.

#### **4.1.3. Програмування роботи ПР мод. ПМР 0,5-254 КПП із системою управління УЦМ-663**

ПМР 0,5—254 КПП вкомплектовано системою управління УЦМ-663. Символи в даному позначенні означають наступне:

У - уніфікована;

Ц - циклова (може бути: П - позиційна; К - контурна); М - модульна;

6 - максимальна кількість управляючих координат, тобто шестикоординатна

6 - можливе управління усіма шістьма координатами одночасно;

3 - цифра, що вказує на вихід на привод цифрового пристрою, тобто даний пристрій призначений для управління маніпуляторами з позиціонуванням за упорами і відповідним технічним обладнанням (якщо остання цифра 2 - вихід на замкнуту систему приводу з двигунами постійного струму; якщо в кінці цифра 1 - значить пристрій призначений для управління розімкненим кроковим приводом).

Основні органи управління пристроєм УЦМ-663 і елементи індикації показані на рис. 4.2.

Для установки режиму роботи приладу передбачений кно- п очний перемикач **РЕЖИМ РАБОТИ**. Режим роботи (**АВТОМАТ, ЦИКЛ, КАДР, КОМАНДА, РУЧНОЙ, НАЛАДКА**) встановлюється натиском відповідного перемикача при увімкненому перемикачі **ЗАДАНИЕ ПРОГРАММЫ**. В режимі **АВТОМАТ** прилад забезпечує багаторазове відтворення

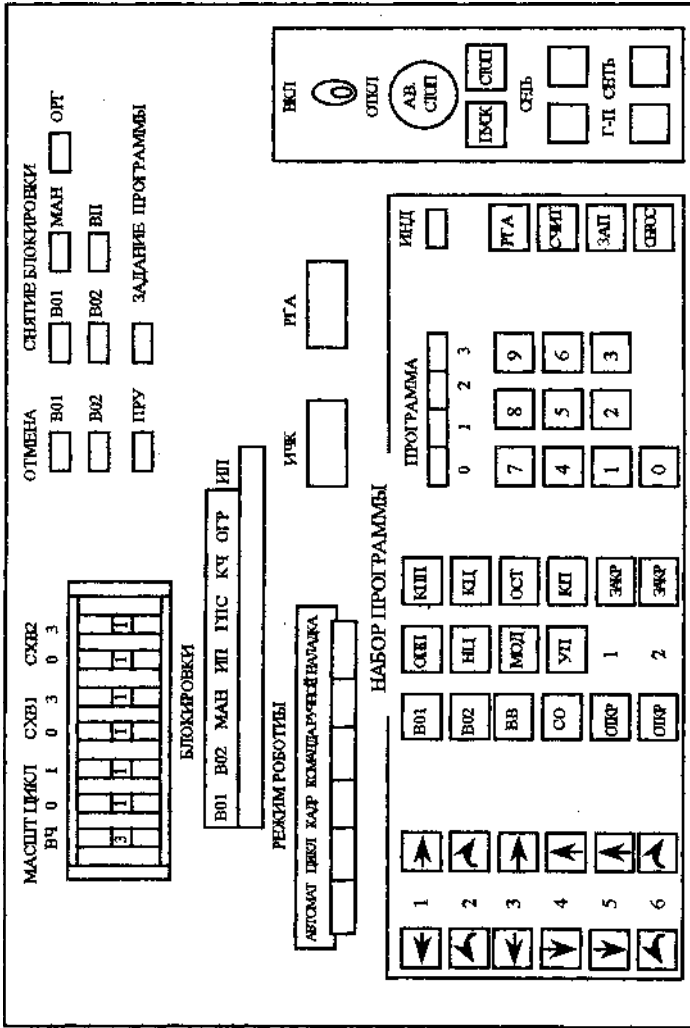


Рис. 4.2. Пульт управління УЦМ-663

програми робота, в режимі ЦИКЛ - одноразове відтворення програми робота впродовж циклу, в режимі КАДР - покадрове відпрацювання програми, в режимі КОМАНДА - окреме відпрацювання команд кадру.

Режим **РУЧНОЙ** використовується для управління схватом маніпулятора з пульта оператора до заданої точки, режим **НАЛАДКА**- для управління схватом маніпулятора з гідро- або електроприводом із зупинкою в довільних точках траєкторії.

Запис програми в пам'ять пристрою та її контроль здійснюється в

режимі **ЗАДАНИЕ ПРОГРАММЫ** при увімкненні відповідного перемикача і при увімкненому перемикачі **РЕЖИМ РАБОТИ**.

Для задання команд програми слугують групи кнопок на, пульта оператора **НАБОР ПРОГРАММЫ**.

Для задання операції руху схвату ПР, що виконуються в двох протилежних напрямках, призначені пари кнопок з, відповідними мнемонічними позначеннями ланок ПМР (див. табл. 4.2).

Для задання кадрів операцій команд зовнішнього обладнання першої групи ВО1, зовнішнього обладнання другої групи ВО2, витримки часу ВВ, кінця програми КП, управління схватами маніпулятора при їх відкритті ОТКР або закритті ЗАКР та інших команд призначені 16 кнопок.

Для набору інформаційної частини команди або адреси команди при програмуванні використовують десяткову клавіатуру. Код, набраний на клавіатурі, з'являється на індикаційному табло. Для встановлення адрес команд при роботі УП використовується кнопка РГА. Для запису команд в пам'ять пристрою використовують кнопку **ЗАП**. Зчитування команди з запису приладу по раніш підготовленій адресі виконуються кнопкою **счит**.

Для обнулення цифрової десяткової індикації і скидання коду операції використовують кнопку **СБРОС**.

В пристрої за допомогою перемикача **ПРОГРАММА** може бути записано чотири підпрограми, що позначаються як **0, 1, 2, 3**.

Для запуску пристрою слугує кнопка ПУСК, а для зупинки пристрою за програмою без відключення живлення - кнопка СТОП.

Таблиця 4.2

Мнемонічні позначення рухів ланок маніпулятора ПР мод.  
ПМР 0,5-254 КПВ

Номери кнопок та коди переходів за рис. 4.2	Назва ланки, що відпрацьовується	Рекомендовані позначення (коди) при розробці УП
1	пневмоциліндр багатограничний: - рух вліво - рух вправо	М
2  У	пневмоциліндр з вертикальною ротацією схвату: - проти годинникової стрілки - за годинниковою стрілкою	Р
3	пневмоциліндр двограничний: - рух вліво - рух вправо	Д
4  і к.....	кість: - вниз - вверх	К  і 1
5  1	пневмоциліндр модуля підйому гільзи: - вверх - вниз	В  1 . 1
6  >	пневмоциліндр модуля повороту: - за годинниковою стрілкою - проти годинникової стрілки	П

Запис програми в пам'ять в режимі **ЗАДАНИЕ ПРОГРАММЫ** виконується наступним чином:

1. натиснути кнопку режиму **ЗАДАНИЕ ПРОГРАММЫ**;
2. натиснути кнопку **СБРОС**;
3. набрати на десятковій клавіатурі адресу початку програми, послідовно натискаючи відповідні кнопки з цифрами зі старшого розряду; набране число з'являється на табло;
4. натиснути кнопку РГА, набране число з'являється на табло;

5. натиснути кнопку СБРОС, при цьому обнуляється табло десятикового набору;
6. натиснути відповідну команді кнопку коду операції, після натиску ця кнопка підсвічується;
7. набрати на десятиковій клавіатурі інформаційну частину команди, якщо ця команда має місце; число висвітлюється на табло;
8. натиснути кнопку **ЗАП**. Сформована команда при цьому записується в пам'ять, а код на табло індикації адреси збільшується на одиницю. Якщо програма має послідовну зміну адрес на одиницю, то подальший запис програми виконується починаючи з п. 5.

В кінці програми робота обов'язково програмується команда **КП**. Кінець програми вона забезпечує зацикловання та переривання пристрою за програмою в режимі **цикл**. В інформаційній частині команди записується номер програми.

При виконанні цієї команди в реєстр адреси заноситься адреса початку відповідної програми або підпрограми. Адреси початку 0-ої, 1-ої, 2-ої, 3-ої підпрограм записуються в 224-у, 225-у, 226-у, 227-у чарунку пам'яті відповідно.

Таким чином, запис програми а пам'ять в режимі **ЗАДАНИЕ ПРОГРАММЫ** можна представити у вигляді наступної структури запису:

<**ЗАДАНИЕ ПРОГРАММЫ**> <**СБРОС**> <адреса початку програми> <**РГА**> <**СБРОС**> <код операції> інформаційна частина команди (якщо вона є)> <**ЗАП**> <**СБРОС**> <**КП**>

Це означає, що запис програми роботи ПМР заноситься в програму покадрово. Запис кожного кадру в даному випадку представляється наступним структурним записом:

<код операції> інформаційна частина (якщо вона є)> <**ЗАП**> <**СБРОС**>.

Тут і в подальшому в символах < > заголовними літерами позначені назви нанесених на пульті управління кнопок, прописними літерами - позначення конкретних інформаційних значень, отриманих за результатами програмування.

При цьому під кадром розуміють мінімальний елемент програми, що складається з певної групи команд і адрес, за якими виконуються

команди і забезпечується перевірка їх використання.

Контроль записаної в пам'ять інформації в режимі **ЗАДАНИЕ ПРОГРАММЫ** виконується наступними діями:

1. натиснути кнопку режиму **ЗАДАНИЕ ПРОГРАММЫ**,
2. натиснути на десятковій клавіатурі код адреси команд, що зчитується;
3. натиснути кнопку **РГА**;
4. натиснути кнопку **СБРОС**;
5. натиснути кнопку **СЧИТ**. При цьому виводиться з пам'яті на індикацію відповідна команда. Підсвічується кнопка коду операції, на табло десяткової індикації висвічується код інформаційної частини команди, код на табло індикації адреси збільшується на одиницю. При зчитуванні програми з послідовною зміною адрес на 1 необхідно після виконання пп. 1 - 5 просто натиснути кнопку **СЧИТ**.

Таким чином, при контролі внесеної в пристрій УЦМ-663 інформації в режимі **ЗАДАНИЕ ПРОГРАММЫ** структурний запис дій, що виконуються оператором, має наступний вид:

**ОАДАНИЕ ПРОГРАММЫ**> <код адреси команди, що зчитується> <РГА> <СБРОС> <СЧИТ> ...

Структурний запис дій, що виконуються, для інших режимів роботи ПМР наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Дії при різних режимах роботи з УЦМ-663

Режим роботи	Структурний запис дій, що виконуються	Примітка
<b>РУЧНОЙ</b>	<РУЧНОЙ> <СБРОС> <код операції> <інформаційна частина команди (якщо вона є)> <ПУСК>	За табл. 4.2.  Після відпрацювання загоряється кнопка <b>СТОП</b>

Продовження табл. 4.3

Режим робота	Структурний запис дій, що виконуються	Примітка
<b>АВТОМАТ</b>	■ «необхідний номер Програми» <СБРОС>            <АВТОМАТ> <ПУСК>	Багаторазове відпрацювання УП до натискання кнопки <b>СТОП</b>
<b>ЦИКЛ</b>	- «необхідний номер програми» <цикл> <СБРОС> <ПУСК>	Після одноразового відпрацювання програми загоряється кнопка <b>СТОП</b>
<b>КАДР</b>	<КАДР> <СБРОС> ■ «адреса початку команди» <РГА> <ПУСК>	Адреса висвічується на табло індикації. Після відпрацювання кадру загоряється кнопка <b>СТОП</b>
<b>КОМАНДА</b>	<КОМАНДА> <СБРОС> ■ «адреса команди» <РГА> <СБРОС> <ПУСК>	Виконувана команда виводиться на індикацію пульта. Після відпрацювання команди загоряється кнопка <b>СТОП</b>



Закінчення табл. 4.с

Режим роботи	Структурний запис дій, що виконуються	Примітка
<b>НАЛАДКА</b>	<НАЛАДКА> <СБРОС> <код операції> «інформаційна частина команди (якщо вона є)> <ПУСК>	Рух ланки маніпулятора до заданої точки буде продовжуватися поки не- тиснута кнопка <b>ПУСК</b> . При відпусканні кнопки рух припиняється

#### 4.1.4. Призначення та технологічні характеристики ПР мод. ПМР 0,5—200 КВ

ПМР 0,5~200 КВ призначений для автоматизації технологічних операцій завантаження та розвантаження обладнання різноманітного технологічного призначення.

Технологічні характеристики ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ приведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

#### Технологічні характеристики ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ

№ з/п	Параметри характеристик:		
	найменування	одиниці вимірювання	значення
1.	Вага вантажу, що переміщується	кг	0,5
2.	Кількість ступенів рухомості		3
3.	Похибка позиціонування	мм	0,25

Закінчення табл. 4.4

№ з/п	Параметри характеристик:		
	найменування	одиниці вимірювання	значення
4.	Параметри переміщення: - вздовж плеча:		
	- хід	мм	200
	- середня швидкість - кисті:	мм/с	200
	- хід	мм	35
	- середня швидкість	мм/с	200
	- повороту навколо вертикальної осі:		
- величина кута	град.	180	
- середня швидкість	рад/с (град/с)	1,57 (90)	
5.	Система управління	циклова	*
6.	Тип приводу	пневматичний	
8.	Тиск повітря	МПа (кгс/СМ <sup>2</sup> )	0,39-0,48 (4-5)

ПМР складається з модуля повороту, стійки, пневмоциліндра двограничного і кисті. Робота складових частин ПМР 0,5“200 КВ аналогічна роботі відповідних частин робота мод. ПМР 0,5-254 КПВ.

#### 4.1.5. Програмування робота мод. ПМР 0,5-200КВ з системою управління ЕЦПУ-6030

ПМР 0,5-200 КВ управляється системою ЕЦПУ-6030. Він може працювати в чотирьох режимах: **АВТОМАТ**, **ЦИКЛ**, **КОМАНДА** і **РУЧНОЙ**.

Режим **РУЧНОЙ** призначений для настройки ПМР і ліквідації відмов (відказів), режим **КОМАНДА** - для перевірки правильності кожної набраної команди програми управління роботом.

Основний режим роботи - **АВТОМАТ**, який забезпечує багаторазове відпрацювання роботом заданої програми. Режим **ЦИКЛ** забезпечує одноразове відпрацювання роботом заданої програми впродовж циклу роботи РТК.

Управляюча програма складається із кадрів. Максимальна кількість кадрів УП ~ 30. Програмоносій складається з двох наборів полів ~

верхнього і нижнього, що містять по 30 багато- позиційних десяткових перемикачів. Перемикачі верхнього і нижнього полів, що мають однакові порядкові номери, утворюють кадр програми - запам'ятовуючу чарунку, в якій записується код команди. Один кадр програми складається з одного або двох одночасно виконуваних кодів. Всі кадри в програмі розташовуються послідовно один за одним, починаючи з нульового.

Програмування системи управління ЕЦПУ-6030 передбачає використання 27 команд, що розбиваються на 4 групи (табл. 4.5).

Перша група команд (1...12) - команди управління ланками маніпулятора.

Якщо в кадрі при програмуванні відповідна команда набирається на верхньому (нижньому) полі програмоносія, а на нижньому (верхньому) полі встановлюється цифра 0, то даний кадр складається з однієї команди. Тобто, наявність 0 на одному з набірних полів програмоносія вказує на відпрацювання кадру із однієї команди.

Кадр спільного відпрацювання двох кадрів обробки автоматично формується з двох команд, що набираються на верхньому і нижньому полях при відсутності в кадрах команд нулів - 0. При цьому перехід до наступного кадру відбувається тільки після відпрацювання обох команд.

Друга група команд (13... 18) - команди управління технологічним обладнанням. При наборі цих технологічних команд на верхньому полі набирається цифра 9, а на нижньому ~ номер команди

Третя група команд (19...23) - команди опитування датчиків і команда **ВИДЕРЖКА ВРЕМЕНИ**. Команди опитування можуть бути використані для перевірки блокуючих сигналів зі спеціальних датчиків, розташованих на маніпуляторі або технологічному обладнанні, наприклад, для перевірки наявності деталі в захваті маніпулятора або для перевірки стану певної одиниці технологічного обладнання.

Команда **ВИДЕРЖКА ВРЕМЕНИ** слугує для введення технологічної затримки між кадрами і програмами.

Четверта група (24...27) - команди управління пристроєм управління.

Таблиця 4.5

## Команди ЕЦПУ 6030

Команда:				
група	№ з/п	назва	коди:	
			верх, поле	ниж. поле
1	1	Ланка 1-1 - поворот праворуч	1	0
	2	Ланка 1-2 - поворот ліворуч	2	0
	3	Ланка 2-1 ~ ПД назад	3	0
	4	Ланка 2-2 ~ ПД вперед	4	0
	5	Ланка 3-1 ~ кисть вгору	0	2
	6	Ланка 3-2 ~ кисть вниз	0	1
	7	Ланка 4-1 - резерв	0	3
	8	Ланка 4-2 - резерв	0	4
	9	Ланка 5-1 — ПЗВ закр.	5	0
	10	Ланка 5-2 - ПЗВ відкр.	6	0
	11	Ланка 6-1 - ПЗК	0	5
	12	Ланка 6-2 - ПЗК	0	6
2	13	Техкоманда 1	9	1
	14	Техкоманда 2	9	2
	15	Техкоманда 3	9	3
	16	Техкоманда 4	9	4
	17	Техкоманда 5	9	5
	18	Техкоманда 6	9	6
3	19	Опитування 1	7	0
	20	Опитування 2	8	0
	21	Опитування 3	0	7
	22	Опитування 4	0	8
	23	Витримка часу	0	9
4	24	Пропуск	9	7
	25	Перехід	9	8
	26	Зупинка	9	9
	27	Кінець програми	0	0
Примітка: ПД - пневмоциліндр двограничний; ПЗВ ~ пристрій захватний вакуумний; ПЗК ~ пристрій захватний кліщовий.				

Команда **ПРОПУСК** (команда 24 - **97**) слугує для організації пропуску одного кадру програми при невиконанні зовнішньої умови **УСЛОВНИЙ ПЕРЕХОД** (команда 25 - **98**). Якщо на вхід пристрою **УСЛОВНИЙ ПЕРЕХОД** не приходить сигнал з датчика, що встановлений на зовнішньому обладнанні або на маніпуляторі, пристрій переходить до виконання команд г+2 кадру (в і-му кадрі запрограмована команда **ПРОПУСК**). При виконанні зовнішньої умови, тобто на виході **УСЛОВНИЙ ПЕРЕХОД**, присутній сигнал - 24 В, пропуск кадру не відбувається. Команда **ПЕРЕХОД** призначена для організації умовного переходу до фіксованого 20 номеру кадру з довільного місця програми. Тобто, в даній системі управління при не виконанні певних попередніх умов з 20 кадру починається виконання програми, що передбачена для таких випадків.

Команда **ОСТАНОВ** призначена для зупинки відпрацювання пристроєм УП, а КП - для “зациклювання” програми роботи робота.

Програма набирається на програмоносії і перевіряється в режимах **КОМАНДА**, **ЦИКЛ** та **АВТОМАТ**. Для цього встановлюється відповідний режим роботи, натискається кнопка **СБРОС**, а потім **ПУСК**.

#### **4.1.6. Особливості програмування ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ в складі РТК**

Роботизований технологічний комплекс (РТК) (див рис. 4.1) на базі роботів ПМР може бути використаний на складальних операціях, на операціях завантаження- розвантаження технологічного обладнання, для сортування деталей тощо.

Послідовність роботи промислових роботів в складі РТК за-ключається в наступному. Робот ПМР 0,5~200КВ здійснює захват деталей і передає їх в робочу зону робота ПМР 0,5- 254 КПВ. Останній поштучно захвачує деталі і розкладає в визначених позиціях по заданій програмі, що можна розглядати як процес сортування деталей. Можлива інша послідовність взаємодій роботів.

Таким чином, обидва ПР в РТК повинні працювати в певній послідовності. Після відпрацювання рухів одним роботом до роботи приступає другий. Для цього в пристрої управління УЦМ-663 існують команди ВО1 (зовнішнє обладнання 1) і

**ВО2** (зовнішнє обладнання 2), які використовуються для управління відповідними пристроями. Кожна з команд забезпечує видачу 6 управляючих сигналів на технологічне обладнання (інформаційна частина команд). Будь-яка з технологічних команд першої групи може одночасно оброблюватись з будь-якою командою із другої групи.

Команда **ВВ** (витримка часу) використовується для формування програмної затримки між кадрами або для організації часового чи комбінованого принципів відпрацювання команд.

В інформаційній частині команди часовий принцип відпрацювання команд реалізується набором чисел від 1 до 15, що відповідає витримкам часу від 0,1 до 1,5 с при положенні перемикача **МАСШТ. ВВ** ~ в **0**. Останній дає можливість збільшувати витримки часу в 2... 10 раз.

Команда **СО** (спільна обробка) використовується для організації одночасної обробки декількох команд управління ланками маніпулятора або технологічного обладнання. В інформаційній частині записується число одночасно оброблюваних команд (до 7). На початку кадру програмується команда **СО**, а за нею — одночасно оброблювані команди. В кадрі спільної обробки **СО** можуть бути записані команди руху **ВО1, ВО2** і **ВВ**.

У випадку, якщо команда **ВВ** записана в середині кадру, пристрій забезпечує комбінований принцип відпрацювання, при якому команди кадру, що записані після **ВВ**, починають відпрацьовуватись після закінчення витримки часу. У випадку, якщо команда **ВВ** записана в кінці кадру, перехід до наступного кадру відбувається в часі.

Наприклад, для відпрацювання двох кадрів (**СО2**) використовуються наступні команди:

**СО2** - спільне відпрацювання 2-х кадрів;

**ВО1-2** - видача сигналу на включення зовнішнього обладнання;

**ВВ 3** ” витримка часу 0,3 с;

**ВО 1—3** - очікування сигналу із зовнішнього обладнання після закінчення його роботи.

Для раціонального використання пам'яті систем управління роботами, що входять до складу даного РТК, доцільно організувати реалізацію розробленого програмного забезпечення з використанням підпрограм. Для цього розроблені програми в строгій послідовності виконання окремих програмних команд

записують в стовпець і в них виділяють частини, що повторюються впродовж підпрацювання циклу роботи РТК. Ці частини змістовно і є підпрограмами.

Пристрій УЦМ-663 забезпечує звертання до однієї з чотирьох можливих підпрограм. Для цього передбачені команди **ОПП** (відпрацювання підпрограми) і **КІШ** (кінець підпрограми). Підпрограмам присвоюється інформаційна частина - **ОПП-0, ОПП-1, ОПП-2, ОПП-3**. Підпрограми записуються в реєстри (чарунки) пам'яті 128-233, а адреси початку підпрограми - в одному із реєстрів з номерами 228-231 у відповідності з номером підпрограми. Звернення із однієї підпрограми до другої не допускається.

Підпрограма **0 (ОПП-0)** є фактично головною програмою. В ній команди відпрацювання відповідних підпрограм організовуються через відповідні адреси реєстрів пам'яті, в яких записані тексти цих підпрограм.

#### 4.1.7. Визначення тривалості циклу роботи РТК

Під тривалістю циклу роботи РТК в даному випадку розуміють тривалість упорядкованого відпрацювання промисловими роботами управляючих програм по виконанню маніпуляційних дій з об'єктами виробництва згідно вимог технології (вихідних даних варіантів індивідуальних завдань).

Таким чином, розрахункове значення тривалості циклу роботи РТК  $T_{цр}$  визначається за формулою:

$$T_{цр} = T_{ц254} + T_{ц200}, \quad (4.1)$$

де  $T_{ц254}$  ~ розрахункова тривалість частини циклу роботи РТК, що визначена тривалістю роботи ПР мод. ПІРР 0,5-254 КПВ:

$$T_{ц254} = \sum_{i_{г254}=1}^{n_{г254}} t_{i_{г254}} + \sum_{i_{с254}=1}^{n_{с254}} t_{i_{с254}} + \sum_{i_{кр254}=1}^{n_{кр254}} t_{i_{кр254}} + \sum_{i_{з254}=1}^{n_{з254}} t_{i_{з254}} + \sum_{i_{пБ254}=1}^{n_{пБ254}} t_{i_{пБ254}} \quad (4.2)$$

де  $\overset{n_{254}}{I_{\text{ЧШ}}}$  - тривалість відпрацювання кадрів УП лінійними модулями (степенями рухомості) ПР мод. ПМР 0,5~254 КВП;

- тривалість відпрацювання кадрів УП обертовими модулями (степенями рухомості) ПР мод. ПМР 0,5-254 КВП;  $\overset{I_{\text{Л}}}{I_{\text{Л}}254}$  /  $\overset{I_{\text{Л}}}{I_{\text{Л}}254}$  тривалість відпрацювання елементарного ЛІНІЙНОГО (  $I_{\text{О}}254$  -ГО обертОВО- го) руху схвата ПР мод. ПМР 0,5- 254 КВП;

$\overset{V}{V} \overset{I_{\text{СХ}}}{I_{\text{СХ}}254} \sim$  тривалість часу на розкриття та закриття схвата ПР мод. ПМР 0,5-254 КВП;  $\overset{I_{\text{Л}}}{I_{\text{Л}}254}$  ~ загальна кількість елементарних лінійних

РТК, що визначена тривалістю роботи ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ:

$$11200 = \overset{E_{\text{ЧЖ}}}{E_{\text{ЧЖ}}} + \overset{D_{\text{Ааю}}}{D_{\text{Ааю}}} + \overset{m}{Z_{\text{У}} \overset{I_{\text{СХ}}}{I_{\text{СХ}}200} + Z_{\text{У}} \overset{I_{\text{Л}}}{I_{\text{Л}}200}} \quad (4.3)$$

де  $I_{\text{ЧЖ}}$  - тривалість відпрацювання кадрів УП

- ( тривалість відпрацювання кадрів УП обертовими модулями (степенями рухомості) ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ;

$\overset{Z_{\text{У}} \overset{I_{\text{СХ}}}{I_{\text{СХ}}200}}{Z_{\text{У}} \overset{I_{\text{СХ}}}{I_{\text{СХ}}200}}$  рухів за УП при »робо- ті ПР мод. ПМР 0,5-254 КВП;  $\overset{I_{\text{СХ}}}{I_{\text{СХ}}254}$  «кількість спрацювань схвата ПР мод. ПМР 0,5-254 КВП;

$T_{\text{ЦГО}}$  \* « розрахункова тривалість частини циклу роботи - тривалість часу на закриття та розкриття схвата ПР мод. ПМР



0,5~200 КВ;

\*лііоо Јо2оо) “”тривалість відпрацювання елементарного ]л200’<sup>тo</sup>  
лінійного (јo200<sup>с<sup>тo</sup></sup> обертового) руху схвата ПР мод.  
ПМР 0,5~200 КВ;

$t_{л200}(n>0200) \sim$  загальна кількість елементарних лінійних (обертових) рухів за УП при роботі ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ;

$\text{Ш}_{сх300} \sim$  кількість спрацювань схвата ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ;

$n_{254}, \text{Ш}_{200} \sim$  загальна кількість кадрів УП при роботі ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ та мод. ПМР 0,5-200 КВ:

$$n_{254} = n_{л254} + n_{о254} + n_{сх254} i$$

$$t_{200} = t_{л200} + t_{о200} + \text{Ш}_{сх200} \cdot c$$

$$i_{л254} \cdot i_{200}$$

визначаються з урахуванням технічних характеристик

- час затримки виконання кожної елементарної команди УП, що характеризує “інерційність” пристроїв управління:

$$= 3 \cdot c > 2^c;$$

$$i_{л254} \cdot i_{о254} \cdot i_{12M} \cdot i_{X>2B0}$$

(швидкостей лінійних та обертових переміщень окремих степенів рухомості) промислових робіт (табл. 4.1, 4.2), геометричних параметрів взаємного розташування ПР та точок позиціонування їх схватів;

сумарна тривалість простою ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ, що зумовлена наявністю в УП затримки часу **ВВ**;

тривалість  $i_{ВВ254} \sim$  кадру затримки часу в УП робота мод. ПМР 0,5-254 КПВ;

кількість кадрів в УП робота мод. ПМР 0,5-254 КПВ, що містять команду **ВВ**.

$$\sum_{i_{ВВ254}=1}^{i_{ВВ254}} t_{i_{ВВ254}}$$

$$i_{ВВ254}$$

#### 4.2. Обладнання та інструменти

$$i_{ВВ254} \sim$$

1. Промисловий робот мод. ПМР 0,5~254 КПВ з пристроєм управління

УЦМ-663.

2. Промисловий робот мод. ПМР 0,5-200 КВ з пристроєм управління ЭЦПУ-6030.

3. Секундомір.

4. Штангенциркуль 0-500 мм.
5. Транспортир.

#### 4.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з конструкціями промислових роботів мод. ПМР 0,5-254 КПВ та ПМР 0,5-200 КВ.
2. Вивчити основи програмування пристроїв управління УЦМ-663 та ЭЦПУ-6030.
3. Ознайомитись з плануванням РТК на базі згаданих ПР та виконати геометричні заміри їх взаємного розташування.
4. Замалювати план-схему роботи РТК із зображенням робочих зон роботів та геометричних параметрів їх взаємного розташування (аналогічно рис. 4.1).
5. Ознайомитись із змістом індивідуальних завдань (п. 4.4).
6. Скласти УП роботи промислових роботів у відповідності з варіантом індивідуального завдання. Результати представити у вигляді табл. 4.6 та 4.7.

Таблиця 4.6

Програма роботи ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ з системою управління  
ЭЦПУ-6030

Команда:			
№ з/п	опорні точки за інд. завданням	код	інформаційна частина
1	1-2-2'	32	вперед, опускання
2	2'-2'	06	відкриття схвату
'200	00	00	кінець програми

Таблиця 4.7

Програма роботи ПР мод. ПМР 0,5~254 КПВ з системою управління  
УЦМ-663

Команда:				
№ з/п	опорні точки за інд. завданням	№ адреси кадру	мнемонічні позначення	інформаційна частина

7. Організувати розроблені програми з використанням підпрограм.
8. Запрограмувати пристрої управління УЦМ-663 та ЭЦПУ-6030 відповідно складеним УП.
9. Відлагодити складені УП (для робота ПМР 0,5-254 КПВ в режимі **КОМАНДА**)
10. Виконати запуск РТК в режимі **ЦИКЛ** та **АВТОМАТ**.
11. Визначити фактичний час циклу роботи РТК Тцф хронометруванням .
12. Виконати заміри фактичного розташування опорних точок позиціонування схватів ПР за вихідними даними варіантів індивідуальних завдань.
13. Замалювати траєкторії переміщення схватів обох ПР за вихідними даними індивідуальних завдань.
14. За (4.1), (4.2) та (4.3) розрахувати час циклу роботи РТК Тцр Дані проміжкових розрахунків представити у вигляді табл. 4.8.

Таблиця 4.8

Розрахунок тривалості елементарних переміщень при визначенні часу  
ЦИКЛУ роботи РТК **Тцр**

Елементарні переміщення:							
№ з/п	опорні точки переміщень схватів ПР за УП згідно рис. 4.1 та індивідуального завдання:		величина:		швидкість:		три-валість, с
			ліній-ного, мм	куто-вого, град (рад)	ліній на, мм	куто-ва, град (рад)	
	ПМР 0,5-200 КВ	ПМР 0,5-254 КПВ					

15. Порівняти отримані значення **ТЦФ** та  $T_{цр} \bullet$
16. Скласти звіт по роботі.

#### 4.4. Варіанти індивідуальних завдань

Завдання: скласти УП роботи ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ та ПМР 0,5-200 КВ, що функціонують в складі РТК, за даними табл. 4.9.

Таблиця 4.9

Вихідні дані варіантів індивідуальних завдань

№ вар.	Зміст
1	<p>ПМР 0,5-200 КВ (цикл): 1-2-2'-закр-2-1-0-3-3'-відкр-3-0-1-301</p> <p>ПМР 0,5-254 КПВ: (цикл)-4-3-3'-закр-3-4-5-8-8'-відкр.8-5-4-(цикл)-3-3'-закр-3-4-5-6-6'-відкр-6-5-4-(цикл)-3-3'-закр-3-4-5-9-9'-відкр-9-5-4</p> <p>Прим.: ПМР 0,5-254 КПВ: т.3: Д-&gt;М-&gt;7  т.б: Д-&gt;М-&gt;4  т.8: Д-&gt;М-&gt;5  т.9: Д-&gt;М-&gt;6</p>
2	<p>ПМР 0,5-200 КВ (цикл): 1-2-2'-закр-2-1-0-3-3'-відкр-3-0-1-301</p> <p>ПМР 0,5-254 КПВ: (цикл)-4-3-3'-закр-3-4-5-9-9'-відкр-9-5-4-(цикл)-3-3'-закр-3-4-5-6-6'-відкр-6-5-4-(цикл)-3-3'-закр-3-4-5-8-8'-відкр-8-5-4</p> <p>Прим.: ПМР 0,5-254 КПВ: т.3: Д-&gt;М-&gt;7  т.б: Д-&gt;М-&gt;2  т.8: Д-&gt;М-&gt;5  т.9: Д-&gt;М-&gt;4</p>

Продовження табл. 4.9

№ вар.	Зміст
3	<p>ПМР 0,5-200 КВ (цикл): 1 -0-3-3'-закр-3-0-1 -2-2'-відкр-2-1-301</p> <p>ПМР 0,5-254 КПВ: 4-5-7-7'-закр-7-5-4-3-3'-відкр-3-4-(цикл) -5-9-9'-закр-9-5-4-3-3'-ві дкр-3-4- (цикл) -5-8-8'-закр-8-5-4-3-3'-відкр-3-4-(цикл)</p> <p>Прим.: ПМР 0,5-254 КПВ: т.3: Д-&gt;М-&gt;7  т.7: Д-&gt;М-&gt;1  т.8: Д-&gt;М-&gt;4  т.9: Д-&gt;М-&gt;5</p>
4	<p>ПМР 0,5-200 КВ (цикл): 1-0-3-3'-закр-3-0-1-2-2'-відкр-2-1-301</p> <p>ПМР 0,5-254 КПВ: 4-5-8-8'-закр-8-5-4-3-3'-відкр-3-4-(цикл) -5-7-7'-закр-7-5-4-3-3'-ві дкр-3-4- (цикл) -5-9-9'-закр-9-5-4-3-3'-відкр-3-4-(цикл)</p> <p>Прим.: ПМР 0,5-254 КПВ: т.3: Д-&gt;М-&gt;7  т.7: Д-&gt;М-&gt;4  т.8: Д-&gt;М-&gt;6  т.9: Д-&gt;М-&gt;2</p>
5	<p>ПМР 0,5-200 КВ (цикл): 1-2-2'-закр-2-1-0-3-3'-відкр-3-0-1-301</p> <p>ПМР 0,5-254 КПВ: (цикл)-4-3-3'-закр-3-4-5-8-8'-відкр-8-5-4-(цикл)-3-3'-закр-3-4-5-9-9'-відкр-9-5-4-(цикл)-3-3'-закр-3-4-5-6-6'-відкр-6-5-4</p> <p>Прим.: ПМР 0,5-254 КПВ: т.3: Д-&gt;М-&gt;7  т.6: Д-&gt;  т.8: Д-&gt;М-&gt;3  т.9: Д-&gt;М-&gt;6</p>

№ вар.	Зміст
6	<p>ПМР 0,5-200 КВ (цикл): 1-0-3-3'-закр-3-0-1-2-2'-відкр-2- 1-301  ПМР 0,5—254 КПВ: 4-5-7-7'-закр-7-5-4-3-3'-відкр-3-4-(цикл) -5-6-6'-закр-6-5-4-3-3'-відкр-3-4-(цикл)- 5-8-8'-закр-8-5-4-3-3'-відкр-3-4-(цикл)</p> <p>Прим.: ПМР 0,5-254 КПВ: т.3: Д-&gt;М-&gt;7  т.6: Д-&gt;  т.7: Д-&gt;М-&gt;3  т.8: Д-&gt;М-&gt;6</p>
7	<p>ПМР 0,5-200 КВ (цикл): 1-2-2'-закр-2-1-0-3-3'-відкр-3-0- 1-301  ПМР 0,5—254 КПВ: (цикл)-4-3-3'-закр-3-4-5-8-8'-відкр<sup>1</sup>8-5-4-(цикл)-4-3-3'-закр-3-4-5-6-6'-відкр-6-5-4-(цикл)-4-3-3'-закр-3-4-5-9-9'-відкр-9-5-4</p> <p>Прим.: ПМР 0,5-254 КПВ: т.3: Д—&gt;М-&gt;7  т.6: Д-&gt;М-&gt;1  т.8: Д-&gt;М-&gt;4  т.9: Д-&gt;М-&gt;6</p>
8	<p>ПМР 0,5—200 КВ (цикл): 1-2-2'-закр-2-1-0-3-3'-відкр-3-0-1-301  ПМР 0,5-254 КПВ: (іщкл)-4-3-3'-закр-3-4-5-5'-відкр-5-4- (цикл)-3-3'-закр-3-4-5-7-7'-відкр-7-5-4- (цикл)-3-3'-закр-3-4-5-8-8'-відкр-8-5-4</p> <p>Прим.: ПМР 0,5-254 КПВ: т.3: Д-&gt;М-&gt;7  т.7: Д-&gt;М—&gt;3  т.8: Д-&gt;М-&gt;5</p>





5. Зміст і варіант індивідуального завдання.
6. Повні тексти УП роботів.
7. Програми роботи роботів з підпрограмами.
8. Циклограма роботи комплексу.
9. Розрахунок часу циклу роботи комплексу та його порівняння з фактичним.
10. Короткі висновки по роботі.

#### **4.6. Контрольні запитання**

1. Конструкція і основні вузли ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ.
2. Кінематична схема ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ з позначенням видів та величин переміщення його ланок.
3. Конструкція і основні вузли ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ.
4. Кінематична схема ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ з позначенням видів та величин переміщення його ланок.
5. Особливості програмування ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ.
6. Особливості програмування ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ.
7. Розкрити поняття “геометрична сумісність роботів”, що входять до РТК.
8. Розрахунок частини циклу роботи РТК, зумовленої роботою ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ.
9. Розрахунок частини циклу роботи РТК, зумовленої роботою ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ.
10. Розрахунок тривалості циклу роботи РТК для умов даної роботи.

## Лабораторна робота № 5

### НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА мод. М10П.62.01 В СКЛАДІ ГНУЧКОГО ВИРОБНИЧОГО МОДУЛЯ НА БАЗІ ВЕРСТАТА мод. 16К20ФЗРМ132

**Мета роботи:** ~ ознайомитися з технологічними можливостями ПР мод. М10П.62.01;  
- отримати навички розробки УП та налагодження ПР мод. М10П.62.01, що входить до складу гнучкого виробничого модулю (ГВМ) на базі верстата мод. 16К20ФЗРМ132.

#### 5.1. Теоретичні відомості

Промисловий робот мод. М10П.62.01 призначений для роботи в складі гнучких виробничих модулів (ГВМ) і встановлюється безпосередньо на станині верстата з ЧПУ для автоматизації завантаження металообробного обладнання заготовками та розвантаження його після закінчення процесу обробки.

ПР комплектується трьома типами схватів: -тип Т ~ призначений для роботи з металорізальними верстатами, має 3 затискні елементи, маніпулює заготовками вагою до 10 кг;

-тип М - для роботи з верстатами свердлувальної та фрезерної груп, має 3 затискні елементи, працює із заготовками вагою до 10 кг;

-тип Д - для роботи із верстатами з ЧПУ, має подвійний захват кожен з двома затискними елементами, може маніпулювати одночасно двома заготовками по 5 кг кожна.

##### 5.1.1. Технологічні можливості робота

Технологічні можливості ПР мод. М10П.62.01 визначаються параметрами його технічних характеристик, що наведені в табл. 5.1. Схема переміщень робочих органів ПР представлена на рис. 5.1.

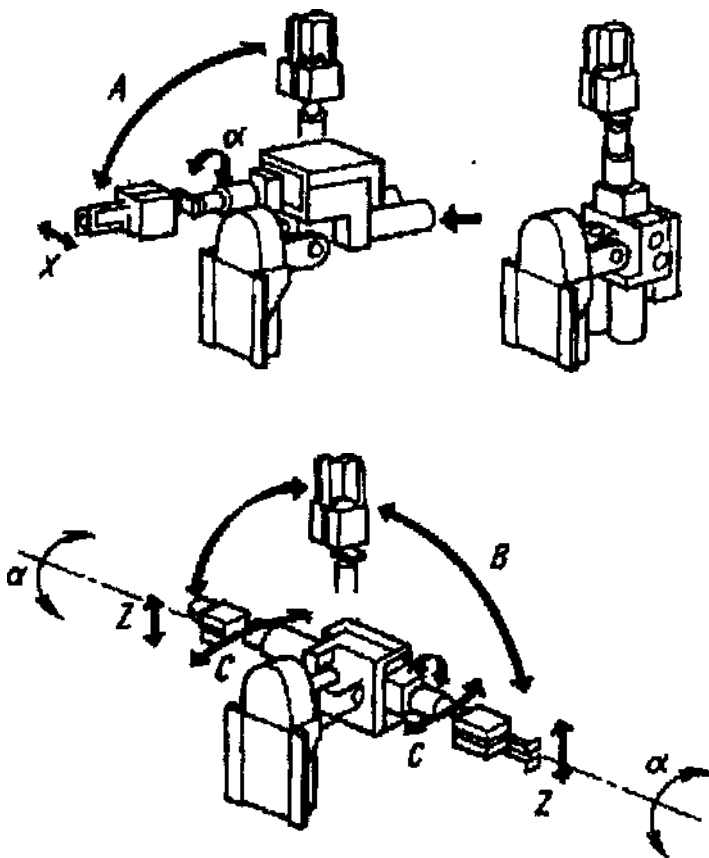


Рис. 5.1. Схема переміщень робочих органів ПР мод. М10П.62.01

Таблиця 5.1

## Технічні характеристики ПР

№ з/п	Параметри характеристик		
	найменування	одиниці вимірювання	значення
1.	Число степенів рухомості		4
2.	Максимальна вантаже-під'ємність	кг	10
3.	Система координат		циліндрична
4.	Система управління: - тип управління  - ємність пам'яті	  шт. точок	  позиційна, РБ242Б 300
5.	Найбільший виліт руки	мм	630
6.	Лінійні переміщення схвату: - по осі X: - величина - швидкість - по осі Z: - величина - швидкість	  мм м/с  мм м/с	  150 0,008-0,5  150 0,008-0,5
7.	Кутові переміщення: - кут повороту А: - величина - швидкість - кут повороту В: - величина - швидкість - кут повороту С: - величина - швидкість - кут повороту а: - величина - швидкість	  град град/с  град град/с  град град/с  град град/с	  90 1,36-120  180 1,36-120  120 1,36-120  - 90, 0, 90, 180 90

**5.1.2. Режими роботи**

ПР мод. М10П.62.01 оснащений пристроєм програмного управління РБ242Б. Управляючий пристрій працює в 4-х основних режимах:

- навчання і редагування,
- відтворювання,
- діагностика,
- робота із зовнішнім запам'ятовуючим пристроєм (ЗЗП).

Кожен із зазначених режимів зв'язаний з певним етапом кінцевого настроювання і нормальної роботи ГВМ.

Після початкового включення система встановлюється в режимі "Діагностика". Рекомендується проводити попереднє нулювання робота. За допомогою ручного руху кожна з ланок доводять до положення, близького до нульового, попередньо запустивши функцію "Встановлення в нульовій позиції" кнопкою "СТАРТ".

Перехід до режимів "Навчання і редагування" і "Відтворювання" без нулювання робота неможливий.

В режимі "Навчання і редагування" виконуються наступні функції:

- запис, корекція, перейменування і стирання програм;
- запис, корекція і стирання кроків;
- запис, корекція і стирання точок;
- ручний хід робота;
- виконання однієї команди;
- запам'ятовування, корекція і стирання таблиць штабелювання.

В режимі "Відтворення" реалізуються наступні функції:

- запуск і зупинка технологічної програми;
- підключення до управління і відключення від управління зовнішнього обладнання;
- відкриття та закриття захисного щита верстата;
- покрокове відпрацювання програми;
- виконання G-команд програми;
- виконання M-команд програми;
- діагностичні функції;
- вибір програми і номера команди.

Режим "Діагностика" передбачає виконання наступних функцій:

- встановлення робота в нульовій позиції;

- читання та корекція параметрів настройки;
- скидання аварійної помилки;
- ручне переміщення;
- виведення робота з зони крайнього вимикача.

В режимі “Робота з ЗЗП” виконуються такі функції як:

- форматування магнітного диску;
- запис файла на магнітному диску; -читання файла з магнітного диску;
- порівняння файла магнітного диску з файлом пам'яті.

### 5.1.3. Програмування системи управління РБ242

В пам'ять системи можна записати до 99 різних програм. Програма являє собою послідовність команд і підпрограм. Послідовність розташування програм в пам'яті визначається послідовністю їх введення. Кожна програма викликається для виконання за допомогою свого номера, під яким вона була введена.

Кожна програма може звертатися до іншої програми як до підпрограми за допомогою команди М93. Звичайно для виконання одного технологічного циклу записується одна головна програма, яка використовує інші програми в якості підпрограм. Бажано ,щоб головна програма закінчувалася однією з команд М02 (зупинка з поверненням на початок програми), М97 (безумовний перехід на початок програми) або М92 (безумовний перехід на мітку). Кожна підпрограма обов'язково повинна завершуватися командою М95 (кінець підпрограми). Для більш універсального використання підпрограм передбачена команда **.G91** (присвоєння точки точці). Таким чином підпрограма може працювати з “формальними” точками, тобто точками, які використовуються в підпрограмі і яким необхідно присвоїти конкретні значення перед зверненням головної програми до цієї підпрограми. Це означає, що одна й та ж підпрограма може виконувати одні й ті ж дії в різних геометричних місцях робочого простору робота.

#### 5.1.3.1. Види команд та типи змінних

В залежності від свого призначення команди поділяються на наступні групи:

- команди руху робота;
- команди управління зовнішнім технологічним обладнанням;
- команди управління захватами;
- команди управління головним ходом.

Змінними є:

- точки;
- швидкість переміщення схвату в процентах від максимальної;
- час затримки;
- таблиці штабелювання;
- внутрішні регістри;
- вхідні сигнали;
- вихідні сигнали;
- лічильники циклів;
- мітки.

Команди мови програмування ПР мод. М10П.62.01. наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Команди мови програмування

Команди	Значення	Формат	Число операцій	Операнди	Примітка
<b>G00</b>	Рух до точки	<b>G00P...</b>	1	<b>P</b>	<b>I<sup>P</sup>300</b>
<b>G01</b>	Задання швидкості	<b>G01U...</b>	1	<b>U</b>	<b>1&lt;;i&lt;loo</b>
<b>G04</b>	Час затримки	<b>G04T...</b>	1	<b>T</b>	<b>1 &lt;TsS999; 1T=0,1c</b>
<b>G67</b>	Штабелювання	<b>G67C...</b>	1	<b>C</b>	<b>1<sup>C</sup>5</b>
<b>G77</b>	Дештабелювання	<b>G77C...</b>	1	<b>C</b>	<b>1<sup>C</sup>5</b>
<b>G90</b>	Зміна поточних лічильників	<b>G90C, п3, п4</b>	4	<b>C, Ч, i=3, 4</b>	<b>1 £C£5; 1 &lt;;Ni&lt;s251</b>

Продовження табл. 5.2

Команди	Значення	Формат	Число операцій	Операнди	Примітка
<b>G91</b>	Присвоєння точки точці	<b>G91P1, P2</b>	2	<b>P1, P2</b>	<b><math>I \wedge P1; P2 \wedge 300;</math> <b><math>P1 = P2</math></b></b>
<b>G92</b>	Присвоєння реєстра реєстру	<b>G92F1, F2</b>	2	<b>F1, F2</b>	<b><math>1 &lt; F1; F2 \leq 16;</math> <b><math>F1 = F2</math></b></b>
<b>MOO</b>	Програмна зупинка	<b>MOO</b>	0		
<b>MOI</b>	Аварійна зупинка з виведенням помилки	<b>MOI</b>	0		
<b>M02</b>	Зупинка з поверненням на початок програми	<b>M02</b>	0		
<b>M58</b>	Встановлення внутрішнього реєстру	<b>M58F, B</b>	2	<b>F, B</b>	<b><math>1 \wedge F \wedge 16; F = B</math></b>
<b>M59</b>	Зменшення внутрішнього реєстру	<b>M59F</b>	1	<b>F</b>	<b><math>1 &lt; F &lt; 16</math></b>
<b>M60</b>	Видача імпульсного сигналу із службового виходу	<b>M60R</b>	1	<b>R</b>	<b><math>1 \wedge R &lt; 13</math></b>
<b>M61</b>	Видача сигналів в "1"; (службовий вихід)	<b>M61R</b>	1	<b>R</b>	<b><math>!sR &lt; 13</math></b>



Продовження табл. 5.2

Команди	Значення	Формат	Число операцій	Операнди	Примітка
<b>M62</b>	Видача сигналів в "0"; (службовий вихід)	<b>M62R</b>	1	<b>R</b>	$1 < R < 13$
<b>M63</b>	Очікування "0" (службовий вхід)	<b>M63S</b>	1	<b>S</b>	$1 \wedge S \wedge 13$
<b>M64</b>	Очікування "1" (службовий вхід)	<b>M64S</b>	1	<b>S</b>	$1 \wedge S < 13$
<b>M66</b>	Закриття захвату 1 з перевіркою повного закриття	<b>M66L</b>	1	<b>L</b>	$1 \wedge L < 99$
<b>M67</b>	Відкриття захвату 1 з перевіркою повного відкриття	<b>M67L</b>	1	<b>L</b>	$i \wedge L s 99$
<b>M68</b>	Закриття захвату 1	<b>M68</b>	0		
<b>M69</b>	Відкриття захвату 1	<b>M69</b>	0		
<b>M70</b>	Умовний перехід по "0" (службові входи)	<b>M70L, S</b>	2	<b>S</b>	$1 < L \wedge 99; 1 \wedge S < 13$
<b>M71</b>	Умовний перехід по "i" (службові входи)	<b>M71L, S</b>	2	<b>S</b>	$1 < L \wedge 99; 1 \wedge S \wedge 13$

Продовження табл. 5.2

Команди	Значення	Формат	Число операцій	Операнди	Примітка
<b>M76</b>	Закриття захвату 2 з перевіркою повного закриття	<b>M76L</b>	1	<b>L</b>	<b>1&lt;L^99</b>
<b>M77</b>	Відкриття захвату 2 з перевіркою повного відкриття	<b>M77L</b>	1	<b>L</b>	<b>1&lt;L&lt;99</b>
<b>M78</b>	Закриття захвату 2	<b>M78</b>	0		
<b>M79</b>	Відкриття захвату 2	<b>M79</b>	0		
<b>M80</b>	Видача імпульсних сигналів	<b>M80 01... ...0N</b>	1- 16	<b>0i, i=1- 16</b>	Типу 200МС; <b>0i=0, 1, 0</b>
<b>M81</b>	Видача сигналів в "1" <sup>w</sup>	<b>M81 01... ...0N</b>	1- 16	<b>0i, i=1- 16</b>	<b>0j=1</b>
<b>M82</b>	Видача сигналів в "0"	<b>M82 01... ...0N</b>	1- 16	<b>0i, i=1- 16</b>	<b>0j=0</b>
<b>M83</b>	Очікування входних сигналів в "0"	<b>M83 J1... ..JM</b>	1- 16	<b>Ji, i=1- 16</b>	<b>J1AJ2- -J<sup>2</sup>M=0</b>
<b>M84</b>	Очікування входних сигналів в "1"	<b>M84 J1... ..JM</b>	1- 16	<b>Ji, i=1- 16</b>	<b>J1AJ2- -J<sup>2</sup>M=0</b>

<b>M85</b>	Читання управляючого коду 3 машини	<b>M85</b>	0		
------------	--	------------	---	--	--

Закінчення табл. 5.2

Команди	Значення	Формат	Число операндов	Операнди	Примітка
<b>M89</b>	Умовний перехід по внутрішньому регістру	<b>M89L, F</b>	2	<b>L, F</b>	<b>1&amp;F^16; 1SL&lt;99</b>
<b>M90</b>	Умовний перехід при вхідних сигналах "0"	<b>M90L, J1..JN</b>	2-17	<b>L, Ji, i=1-16</b>	<b>J1AJ2- -J<sup>2</sup>N=0; 1^L^99</b>
<b>M91</b>	Умовний перехід при вхідних сигналах "1"	<b>M91L, J1..JN</b>	2-17	<b>L, Ji i=1—16</b>	<b>J1AJ2- -J<sup>2</sup>N=1'</b>
<b>M92</b>	Безумовний перехід	<b>M92L...</b>	1	<b>L</b>	<b>1 &lt;=L&lt;S99</b>
<b>M93</b>	Перехід до підпрограми	<b>M93L...</b>	1	<b>L</b>	<b>1SLS99</b>
<b>M94</b>	Початок циклу	<b>M94B...</b>	1	<b>B</b>	<b>1^B^255</b>
<b>M95</b>	Повернення з підпрограми	<b>M95</b>	0		
<b>M96</b>	Кінець циклу	<b>M96</b>	0		
<b>M97</b>	Безумовний перехід на початок програми	<b>M97</b>	0		
<b>M98</b>	Безумовний перехід до програми	<b>M98L...</b>	1	<b>L</b>	<b>1^L^99</b>
<b>M99</b>	Задання мітки	<b>M99L...</b>	1	<b>L</b>	<b>1^L^99</b>

### 5Л.3<2. Команди управління рухами робота

- **G00** - рух до точки.

Формат: **G00PX**.

При знаходженні цієї команди в програмі робот виконує рух з даної позиції до позиції, яка записана як координати зчленувань ланок в точці "X". Послідовність руху за осями: **X/Z, A/C, B** і а. Якщо поточне положення будь-якого зчленування співпадає з положенням, що записане в точці "X", то рух по цьому зчленуванні не відбувається. Виконання наступної команди починається після досягнення усіма зчленуваннями заданих позицій.

- **G01** - задания швидкості руху.

Формат: **G01UX**.

Ця команда задає швидкість руху робота в процентах "X" від максимального значення швидкості переміщення за осями.

- **G04** ~ затримка часу.

Формат: **G04TXXX**.

Команда визначає зупинку виконання програми на час, який визначається операндом "X". Розмірність **1X=0,1 с**.

- **G67 (G77)** - штабелювання (дештабелювання) деталей.

Формат: **G67CX (G77CX)**.

Тут X - це номер таблиці штабелювання. В програмній пам'яті можна записати до 5 таких таблиць. Кожна з них описує одну палету в просторі і спосіб роботи з нею. Пошук таблиць в пам'яті здійснюється як пошук точок з номерами ЗОІ - 305. Тобто ці точки фізично являють собою чарунки пам'яті по зберіганню вихідних даних таблиць штабелювання та дештабелювання. На рис. 5.2 представлено приклад таких точок:

-**P1** - підхід до стовпця;

-**P2** - початок пам'яті;

-**P3** - точка, яка визначає висоту деталей (крок по осі Z);

-**P4** - точка, що визначає відстань між стовпцями (крок по осі C);

-**п1, п2** - число деталей за осями **Z** і **C**;

~**п3, п4** - поточні індекси при упорядкуванні деталей за осями **Z** і **C**;

-**U** - швидкість руху з **P1<sub>п3</sub>** в **P2<sub>п3, п4</sub>** і назад, в % від максимальної;

-**A1** - послідовність упорядкування деталей, як послідовність по осям (**0 - Z, C; 1 - C, Z**);

-**A2** - схват, що використовується;

параметр **A2** може приймати наступні значення: 0 - схват

- 1 (захват по зовнішньому діаметру);
  - 1 ~ схват 1 (захват по внутрішньому діаметру);
  - 2 - схват 2 (захват по зовнішньому діаметру);
  - 3 - схват 2 (захват по внутрішньому діаметру);
- L - мітка переходу в програмі при заповненні пам'яті.

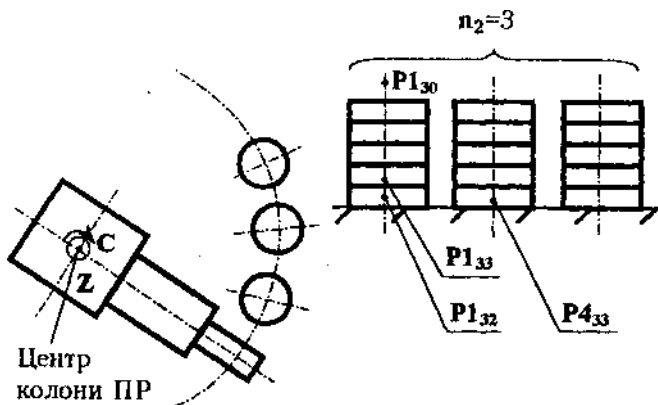


Рис. 5.2. Схема, що пояснює штабелювання та депітабелювання деталей

На рис. 5.2 точки **P3** і **P4** визначають розміщення деталей відповідно по осях **Z** і **C**. Послідовність виконання команд **G67 (G77)** наступна:

а) перехід з поточної позиції робота до точки  $P1_{n4}$  з попередньо заданою в програмі швидкістю. Кисть встановлюється в положенні, що задане координатами точки  $P1_{n<}$ , після чого до закінчення штабелювання не змінюється;

б) відкривається (або закривається) вибраний захват в залежності від необхідності виконуваної дії (параметр **A2**). Якщо схват уже відкритий (закритий), то дія не виконується;

в) виконується рух 3 ТОЧКИ **P1<sub>n4</sub>** ДО ТОЧКИ **P2<sub>n3>n4</sub>** з швидкістю, яка задана в таблиці;

г) відкривається (закривається) вибраний захват для того, щоб залишити (взяти) деталь;

д) змінюється стан поточних лічильників, які враховують положення наступної деталі в палеті. Послідовність їх збільшення (зменшення) задається параметром **A1** ;

е) виконується рух з точки  $P_{2,п3}$ , до точки  $P_{1,п4}$  з швидкістю, яка вказана в таблиці;

ж) перевіряється чи повна (пуста) палета. У випадку виконання роботи програма продовжується з мітки, що задана в таблиці. При закінченні упорядкування палети виконується наступна команда програми.

Приклад складання таблиці дештабелювання за рис. 5.2 наведено нижче.

Очевидно, що в основній програмі для дештабелювання відтворена дією взяття деталей і задається командою **G77C1**.

Таблиця записується як точка **PЗор**

**P1** ~ 30 - точка підходу до палети;

**P2** - 31 - початок палети;

**P3** “ 32 - висота однієї деталі;

**P4** “ 33 - початок наступного стовпця;

**п1** ~ 5 ~ число деталей в стовпці;

**п2** “ 3 “ число стовпців;

**п3** ~ 1 ~ поточний індекс деталі в стовпці;

**п4** “ 1 ~ поточний індекс стовпця;

**U** - 15 - швидкість переміщення при роботі з палетами, 15% від максимальної;

**A1** “ 0 ~ послідовність дештабелювання. Спочатку беруться деталі з першого стовпця (вісь **Z**), потім виконується перехід до наступного стовпця (вісь **C**), звідкіля забираються всі деталі і т. д.;

**A2** “ 0 ~ захват деталей по зовнішньому діаметру схватом 1;

**L** - 40 - мітка переходу до наступного кадру (після виконання дештабелювання).

### 5.1 <3.3. Команди управління програмним ходом

• **M00** “ програмна зупинка.

**MOI** “ програмна зупинка з видачею аварійної помилки.

**M02** ~ програмна зупинка з поверненням на початок програми.

Формат: **MOO, MOI, M02**.

При наявності цих команд виконання програми припиняється. Для

продовження роботи системи необхідно натиснути кнопку "СТАРТ" (для **M00** і **M02**).

При:

- **m00**- виконання програми буде продовжено з наступної команди;
- **MOI** - на дисплеї індикуються помилка **E70** і система встановлюється в режим “ Діагностика”;
- **M02** - з початку програми.
- **M92, M97, M98** - безумовні переходи.

Формат: **M92LX, M97, M98LX**.

Управління передається при наявності команд:

- M92** - команді з міткою **LX**,
- M97** - на початок УП;
- M98** - програмі з номером **X**.
- **M99** - задания мітки.

Формат: **M99LX**.

Ця команда визначає місце мітки X в тілі програми. Звертання до неї приводить до виконання послідовності команд, які йдуть слідом безпосередньо за командою M99.

- **M94, M96** ~ організація циклу.

Формат: **M94BK, M96**.

За допомогою цих команд організується неодноразове виконання групи команд програми. Початок циклу задається командою M94BK, де K визначає число повторювань групи команд. Командою M96 виконується перевірка кінця циклу. Якщо цикл закінчено, виконання програми продовжується з команди, яка йде слідом за командою M96.

#### **5.1.3.4. Команди управління верстатом та технологічним обладнанням**

- **M80, M81, M82** - подача управляючих сигналів верстату.
- Формат: **M80 01, 02, 0N** (аналогічно для **M81** та **M82**).

Команда M80 видає імпульсний сигнал тривалістю 200 мс на всі виходи з номерами **01**, **0N**, що задані як операнди команди.



Команда M81 видає потенціальний сигнал логічної “1” на всі виходи, що задані як операнди.

Аналогічно команда M82 видає потенціальний сигнал логічного “0” на всі виходи, що задані як операнди.

- M83, M84 - очікування встановлення вхідних сигналів. Формат: M83 J1, JN (аналогічно для M84).

При наявності цих команд виконання програми припиняється до встановлення останнього вхідного сигналу J1 на рівні “0” для M83 і на рівні “Г” для M84. Після виконання цієї умови нормальний хід програми відновлюється наступною по порядку командою.

- M90, M91 - умовні переходи за вхідними сигналами.

Формат: M90LX, J1, JN (аналогічно для M91).

Ця команда перевіряє моментний стан вхідних сигналів. Якщо всі J1, JN на рівні “0” для M90 або на рівні “P” для M91, то виконання програми продовжується з мітки X. Якщо один або більше сигналів не відповідає заданому рівню, то виконується наступна по порядку команда.

- M85 - читання управляючих кодів верстата.

Формат: M85.

Управляючі коди подаються із верстата на пристрій ЧПУ за допомогою вхідних сигналів RSR1, RSR3 і RSR4. Інформація з них сприймається як десяткове число від 1 до 8. Команда M8S передає управління програмній мітці 9X, де X - десятковий код, прочитаний з вищевказаних входів.

Команда M85 дає можливість верстату передати ПР інформацію відносно програми продовження роботи в залежності від деталі, яку потрібно обробити в даний момент.

- M68, M69, M78, M79 - команди відкриття і закриття схватів.

Формат: M68 (аналогічно для інших).

M68 і M69 відносяться до схвату 1, а M78 і M79 - до схвату 2. M68 і M69 - закривають схвати, а M69 і M79 - відкривають.

• M66, M67, M76, M77 ~ команди відкриття і закриття схватів з слідуванням за їх повним закриттям або відкриттям.

Формат: M66LX (аналогічно для інших).

M66 і M67 відносяться до схвату 1: відповідно закриття - M66 і відкриття - M67, а M76 і M77 - до схвату 2. Дія цих команд аналогічна попереднім з тією різницею, що перевіряється сигнал повністю відкритого або закритого схвату. Якщо він не поданий, то управління передається наступному кадру програми, а в протилежному випадку ~ мітці X.

• M60, M61, M62 — подача управляючих сигналів на службові виходи.

Формат: M60RX (аналогічно для інших).

Команда M60 видає імпульс тривалістю 200 мс на X. Команди M61 і M62 видають потенціальні сигнали на виходи, записані як оператори. M61 видає логічну “Т, а M62 - логічний “О”.

- M63, M64 ~ очікування встановлення службових вхідних сигналів.

Формат: M63SX (аналогічно для M64).

При зустрічі цих команд виконання програми припиняється до встановлення вхідного сигналу X в “0” для M63 і в “1” для M64. Після виконання цієї умови відновлюється нормальний хід програми наступною по порядку командою.

- M70, M71 - умовні переходи за службовими вихідними сигналами.

Формат: M70LX SY (аналогічно для M71).

Ці команди перевіряють моментний стан вхідних сигналів. Якщо вхід “Y” є “0” для M70 або “1” для M71, то виконання програми продовжується з мітки X. В протилежному випадку виконується наступна за порядком команда.

## 5.2. Обладнання та інструменти

1. Промисловий робот мод. M10П.62.01 з ЧПУ РБ242.
2. Токарно-гвинторізний верстат мод. 16К20ФЗРМ132 з ПЧПУ 2Р22.
3. Стіл тактовий ТС150.

## 5.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з призначенням та технологічними можливостями ПР мод. M10П.62.01.
2. Вивчити інструкцію і принципи програмування ПР.
3. Ознайомитись з прикладом розробки УП ПР згідно додатку Д.5.
4. Ознайомитись із змістом варіантів індивідуальних завдань за табл. 5.3.
5. Скласти програму роботи робота мод. M10П.62.01 у відповідності з варіантом індивідуального завдання п. 5.4.
6. Запрограмувати пристрій управління робота.
7. Провести відлагодження УП.
8. Здійснити запуск ПР і відпрацювати його УП разом з УП токарного верстата мод. 16К20ФЗРМ132.
9. Скласти звіт по роботі.

### 5Л. Варіанти індивідуальних завдань

Завдання: скласти УП роботи ПР мод. М10П.62.01 за даними табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Вихідні дані варіантів індивідуальних завдань (схема розташування обладнання за рис. 5.3)

№ вар.	Послідовність циклового обслуговування ПР робочих позицій	Кількість заготовок в стовпцях	Розмірність вихідної позиції для деталей	Кількість деталей до зміни інструменту
1.	К-В-П	4	3x5	50
2.	К-В-ТС	5	4	70
3.	ТС-В-ТС	18x2	18x2	36
4.	К-В-П	7	4x4	30
5.	ТС-В-К	20x2	6	40
6.	ТС-В-К	22x1	6	44
7.	П-В-К	3x5	4	42
8.	К-В-ТС	6	22x1	36
9.	П-В-К	3x6	5	54
10.	ТС-В-ТС	25x1	25x1	25
Тут позначено: К - : конвеєр; Р - металорізальний верстат; П - палета (автономна); ТС - тактовий стіл з палетами.				

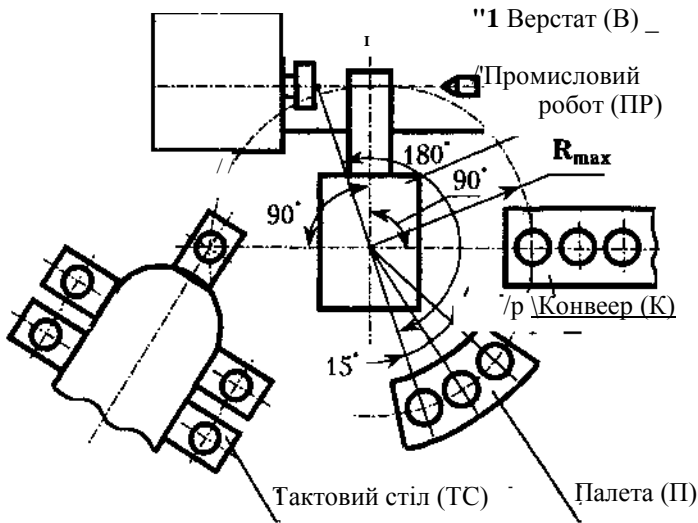


Рис. 5.3. Узагальнена план-схема роботи ІР для складання УП

### 5.5. Зміст звіту

1. Назва і мета роботи.
2. Коротка характеристика ІР мод. М10П.62.01.
3. План-схема роботи робота у відповідності з варіантом індивідуального завдання.
4. Блок-схема програми.
5. Програма роботи робота з вхідними і вихідними сигналами.
6. Короткі висновки по роботі.

### 5.6. Контрольні запитання

1. Задання положення робочих органів ІР в просторі.
2. Організація зв'язку системи управління ІР із зовнішнім технологічним обладнанням.
3. Зміст та формат команди задання руху робочих органів робота, послідовність виконання.
4. Перелік та формат команд штабелювання та дештабелювання деталей.
5. Призначення таблиць штабелювання деталей, їх запис в пам'ять системи управління.
6. Задання величини швидкості руху робочих органів ІР.

7. Використання та організація роботи з підпрограмами.
8. Команди, що використовуються для управління затискними пристроями робота.

## ДОДАТКИ

### Додаток Д.1. Приклад розробки УП для верстата мод. 2P135Ф2 з ПЧПУ Координата С—70

Креслення деталі "Фланець" наведений на рис. Д.1.1. Матеріал деталі - чавун сірий НВ = 1900 МПа. Заготовка попередньо оброблена на токарному верстаті. На операції свердлування базування по торцю 0160 та отвору 026Н7 (на оправці). Кріплення заготовки - за допомогою двох прижимних планок висотою 20 мм.

1. Послідовність і зміст операції
  - 1.1. Центрувати: ~ отвори 1, 2, 3, 4 з утворенням фаски  $3 \times 45^\circ$ ;  
“ отвори 5, 6, 7, 8 на глибину 6 мм, з утворенням фаски  $1,5 \times 45^\circ$ ;  
~ отвори 9, 10 (інструмент Т0І).
  - 1.2. Свердлувати: - отвори 5, 6, 7, 8 016 мм на глибину 20 мм (інструмент Т02).
  - 1.3. Цекувати отвори: - 8, 7, 6, 5 022 мм на глибину 5 мм (інструмент Т03).
  - 1.4. Свердлувати отвори: - 1, 2, 3, 4 07,8 мм на глибину 30 мм (інструмент Т04).
  - 1.5. Свердлувати отвори: - 9, 10 08,5 мм на глибину 20 мм (інструмент Т05).
  - 1.6. Нарізати різьбу: - М10х1,5 в отворах 10, 9 (інструмент Т06).
  - 1.7. Розвернути отвори: - 3, 2, 1, 4 08Н8 на глибину 30 мм (інструмент Т07, ручна заміна інструменту).
2. Величини переміщень всіх інструментів  
Величини недобігу **ІВР** та перебігу **h** приймаємо по 2 мм.
  - 2.1. Для центровочного отвору 020 мм  $Z90^\circ$  (Т0І):
    - для точок 1,2,3,4 з утворенням фаски на глибину 3 мм  
 $L_{рх} = 2 + 0,5d + 3 = 2 + 0,5 * 8 + 3 = 9$  мм;
    - для точок 5, 6, 7, 8:  
 $L_{рх} = 2 + 6 = 8$  мм;
    - для точок 9, 10 з утворенням фаски на глибину 1,5 мм:  
 $L_{рх} = 2 + 0,5d + 1,5 = 2 + 0,5 * 8,5 + 1,5 = 7,75$  мм;

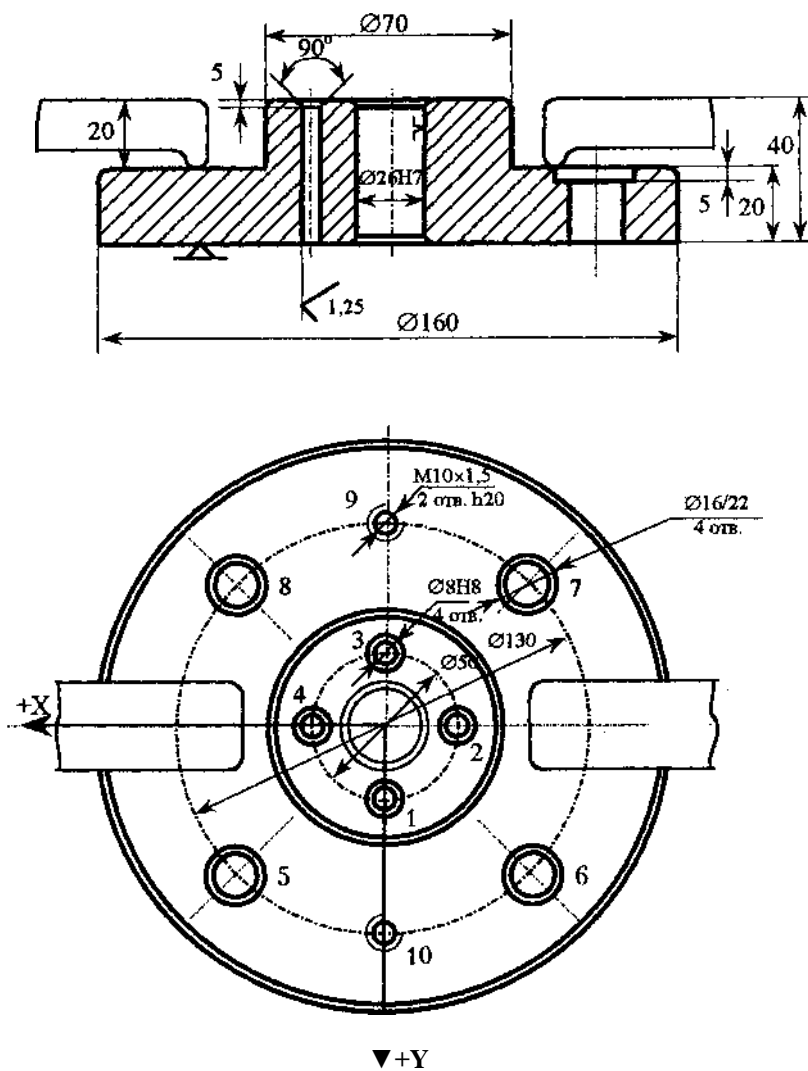


Рис. Д.1.1. Креслення обробленої деталі

- 2.2. Для свердла 016 мм (**T02**):  
довжина заборного конуса при  $2\alpha = 120^\circ$ :  
 $c = c \cdot d - 0,8 \cdot 16 = 5$  мм;  
 $L_{px} = 2 \cdot 4 - 20 \cdot 4 - 2 + 5 = 29$  мм.
- 2.3. Для цеківки 022 мм (**T03**):  
 $L_{px} = 2 \cdot 4 - 5 = 7$  мм.
- 2.4. Для свердла 07,8 мм (**T04**):  
 $c = 0,3 \cdot 7,8 = 3$  мм;  
 $L_{px} = 2 \cdot 4 - 30 \cdot 4 - 2 \cdot 4 - 3 = 37$  мм.
- 2.5. Для свердла 08,5 мм (**T04**):  
 $c = 0,3 \cdot 8,5 = 3$  мм;  
 $L_{px} = 2 \cdot 4 - 20 \cdot 4 - 24 - 3 = 27$  мм.
- 2.6. Для мітчика M10x1,5 (**T06**):  
довжина заборного конуса:  
 $c = 3 \cdot r = 3 \cdot 1,5 = 4,5$  мм;  
 $L_{px} = 2 \cdot 4 - 20 \cdot 4 - 2 \cdot 4 - 4,5 = 28,5$  мм.
- 2.7. Для розвертки 08H8 (T07): довжина заборного конуса:  
 $c = 5$  мм;  
 $L_{px} = 2 \cdot 4 - 30 \cdot 4 - 24 - 5 = 39$  мм.

3. Представлення креслення деталі з координатами центрів отворів (точок) від однієї бази - центра симетрії деталі (рис. Д.1.2)

Числові значення координат точок 5, 6, 7 8 визначені як

$$X = Y = 130 \cdot \sin 45^\circ = 65 \cdot 0,707 = 46 \text{ мм.}$$

4. Зведення координат всіх точок до табл. Д.1.1

5. Розрахунок режимів різання за рекомендаціями п. 1.1.2. Наприклад, визначення режимів різання для свердла 016 мм, оснащеного пластиною твердого сплаву ВК8.

Табличне значення обертової подачі  $S_{OT} = 0,54$  мм/об при визначенні  $L/D = 20/16 = 1,25 < 3$  [9, С. 129, карта 46, поз. 5, інд. а];



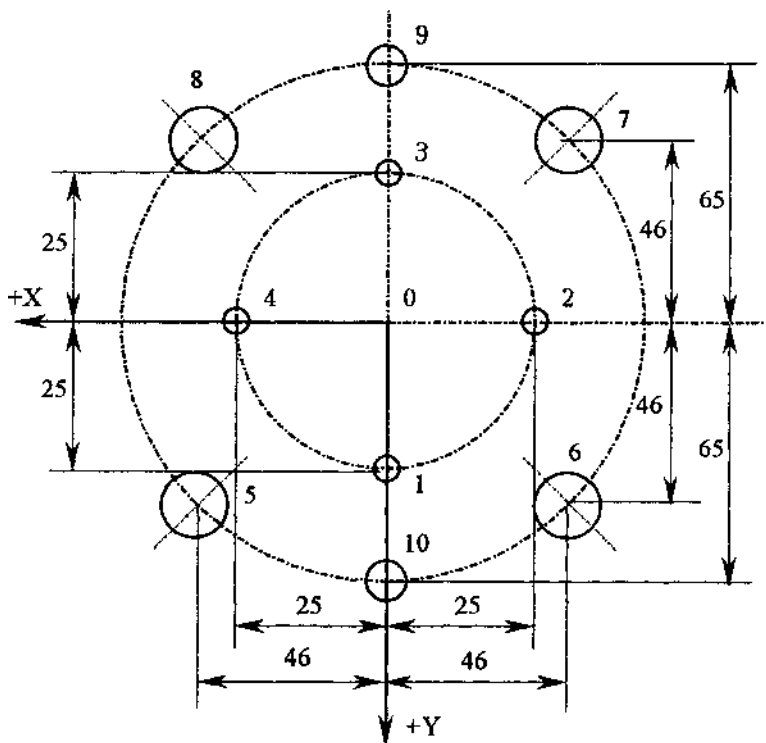


Рис. Д.1.2. Креслення деталі з прив'язкою до системи координат

Таблиця Д.1.1

Координати точок осей отворів

Точка	X, мм	Y, мм	X, імп	Y, імп
1	0	+25	0	+2500
2	-25	0	-2500	0
3	0	-25	0	-2500
4	+25	0	+2500	0
5	+46	+46	+4600	+4600
6	-46	+46	-4600	+4600
7	-46	-46	-4600	-4600
8	+46	-46	+4600	-4600
9	0	-65	0	-6500
10	0	+65	0	+6500





7. Складання рукопису управляючої програми за даними табл. Д.1.1 та Д.1.2.

Точка	Текст УП	Пояснення
1	<b>N001 T01 S07 F09 M04 L01 PP</b>	Центрування чоти-
	<b>N002 X+00000 Y+02500 PC</b>	рьох отворів 08 мм з
	<b>N003 G82 R+020000 Z+20900 PC</b>	отриманням фаски 3x45° (отв. 1-4)
2	<b>N004 X-002500 Y+00000 PC</b>	
	<b>N005 R+020000 Z+20900 PC</b>	
3	<b>N006 X+000000 Y-02500 PC</b>	
	<b>N007 R+020000 Z+20900 PC</b>	
4	<b>N008 X+002500 Y+00000 PC</b>	
	<b>N009 R+020000 Z+20900 PC</b>	
5	<b>N010 X+004600 Y+04600 PC</b>	<b>N011</b> Центрування чотирьох
	<b>G82 R+021000 Z+21800</b>	<b>N012 X—</b> отворів 016 мм на
6	<b>004600 Y+04600 PC</b>	глибину 6 мм з
	<b>N013 R+021000 Z+21800 PC</b>	<b>N014 G62 R+017500 PC</b> "перескоком"
	<b>N015 G60 X—004600 Y-04600 PC</b>	прижимної планки (h =
7	<b>N016 R+021000 Z+21800 PC</b>	<b>N017</b> 20 мм) між точками 6 та
	<b>X+004600 Y-04600 PC</b>	7 (отв. 5-8)
8	<b>N018 R+021000 Z+21800 PC</b>	
	<b>9 N019 X+000000 Y—06500 PC</b>	Центрування двох отво-
	<b>N020 C82 R+021000 Z+21775 PC</b>	рів під різьбу M10x1,5 з
	<b>N021 C62 R+018500 PC</b>	отриманням фаски 1,5x45°
10	<b>N022 C60 X+000000 Y+06500 PC</b>	та перескоком пе-
	<b>R+021000 Z+21775 PC</b>	<b>N023 C92</b>
		решкоди (h= 10 мм)
		(отв. 9 ~ 10)
5	<b>N024 T02 S11 F18 M04 L02 PC</b>	Свердлування чоти-
	<b>N025 X+004600 Y+04600 PC</b>	рьох отворів 016 мм з <b>N026 G81</b>
	<b>R+021000 Z+23900 PC</b>	"перескоком" прижи-
6	<b>N027 X—004600 Y+04600 PC</b>	мної планки між точка-
	<b>N028 R+021000 Z+23900 PC</b>	ми 6 та 7 (отв. 5-8)
7	<b>N029 G62 R+017500 PC</b>	
	<b>N030 G60 X-004600 Y-04600 PC</b>	
	<b>N031 R+021000 Z+23900 PC</b>	
8	<b>N032 X+004600 Y-04600 PC</b>	
	<b>N033 C91 R+021000 Z+23900 PC</b>	
8	<b>N034 T03 S07 G12 M04 L03 PC</b>	Цекування чотирьох
	<b>N035 G82 R+021000 Z+21700 PC</b>	отворів 022 мм з "пе-

7	<b>N036 X—004600 Y+04600 ПС N037 R+021000 Z+21700 ПС N038 G62 R+017500 ПС</b>	рескоком” прижимної планки між точками 7 та 6 (отв. 5-8)
6	<b>N039 C60 X—004600 Y+04600 ПС</b>	
	<b>N040 R+021000 Z+21700 ПС</b>	
	<b>N041 X+004600 Y+04600 ПС</b>	
	<b>N042 C92 R+021000 Z+21700 ПС</b>	
7	<b>N043 T04 S10 F11 M04 L04 ПС</b>	Свердлування чоти-
	<b>N044 X+000000 Y+02500 ПС</b>	рьох отворів 07,8 мм
	<b>N045 G81 R+020000 Z+23700 ПС</b>	(отв. 1 - 4)
2	<b>N046 X—002500 Y+00000 ПС</b>	
	<b>N047 R+020000 Z+23700 ПС</b>	
3	<b>N048 X+000000 Y-02500 ПС</b>	
	<b>N049 R+020000 Z+23700 ПС</b>	
4	<b>N050 X+002500 Y+00000 ПС</b>	
	<b>N051 G91 R+020000 Z+23700 ПС</b>	
9	<b>N052 T05 S10 F11 M04 L05 ПС</b>	Свердлування двох от-
	<b>N053 X+000000 Y—05200 ПС</b>	ворів 08,5 мм з “пере-
	<b>N054 G81 R+021000 Z+23700 ПС</b>	скоком” перешкод (h=
	<b>N055 G62 R+018500 ПС</b>	10 мм) між точками 9
10	<b>N056 G60 X+000000 Y+06500 ПС</b>	та 10 (отв. 9 - 10)
	<b>N057 G91 R+021000 Z+23700 ПС</b>	
10	<b>N058 T06 S06 F06 M04 L06 ПС</b>	Нарізання різьби <b>N059 G84 R+021000 Z+23850 ПС</b>
	<b>N060 G62 R+185000 ПС</b>	М10х1,5 в двох отво-рах з “перескоком”
9	<b>N061 G60 X+000000 Y-06500 ПС</b>	перешкод між точками
	<b>N062 G94 R+021000 Z+23850 ПС</b>	10 та 9 (отв. 9 - 10)
3	<b>N063 M06 ПС</b>	Ручна зміна інстру-
	<b>N064 TOI S07 F13 M04 L07 ПС</b>	менту в позиції <b>TOI</b> <b>N065 X+000000 Y-02500 ПС</b>
	<b>N066 G81 R+020000 Z+23900 ПС</b>	Розвертання чотирьох отворів 08Н8
2	<b>N067 X+002500 Y+00000 ПС</b>	(отв. 1 - 4)
	<b>N068 R+020000 Z+23900 ПС</b>	
1	<b>N069 X+000000 Y+02500 ПС</b>	
	<b>N070 R+020000 Z+23900 ПС</b>	
4	<b>N071 X+02500 Y+00000 ПС</b>	
	<b>N072 G91 R+020000 Z+23900 ПС</b>	
	<b>N073 M06 ПС</b>	Ручна зміна інстру-менту в позиції <b>TOI</b>
	<b>N074 X+000000 Y+00000 ПС</b>	Повернення в 0в Кінець програми
	<b>N075 M02 ПС</b>	

**Додаток Д.2. Приклад розробки УП для верстата мод. ІВ340Ф30 з ОС ЧПУ Електроника НЦ—31**

Необхідно обробити заготовку деталі, креслення якої наведено на рис. Д.2.1.

Матеріал - сталь 45,  $\sigma_{\text{т}} = 750$  мПа, заготовка - прокат 070 звичайної точності, L - 140 мм. Припуск на підрізання торцю ~ 3 мм. Заготовка кріпиться в трикулачковому самоцентрівному патроні з упором в уступ розточених кулачків на верстаті мод. ІВ340Ф30.

1. Прийнято початок системи координат деталі (т. W) на лівому її торці (рис. Д.2.1.). Тут же позначено:

- контур заготовки;
- чорновий контур деталі;
- чистовий контур деталі (згідно її креслення).

План обробки деталі фактично відповідає послідовності зняття попередньо позначених зон припусків і є наступним:

- 1.2 - конус з 030 на 040;
- 1.3 - поверхню 040;

2. Призначення технологічного маршруту токарної обробки:

Перехід: 1 ~ обточити: 1.1 - поверхню 024; "

1.4- радіусні поверхні R6, R3

начорно із врахуванням припуску на подальшу чистову обробку (залишено 1 мм зона на радіус); (3)

2 - підрізати торець начорно в розмір зона ф;

5.2 - конус з 030 на 040;

5.3 - 040; у

5.4 - радіусні поверхні R6, 113 мм - R3;

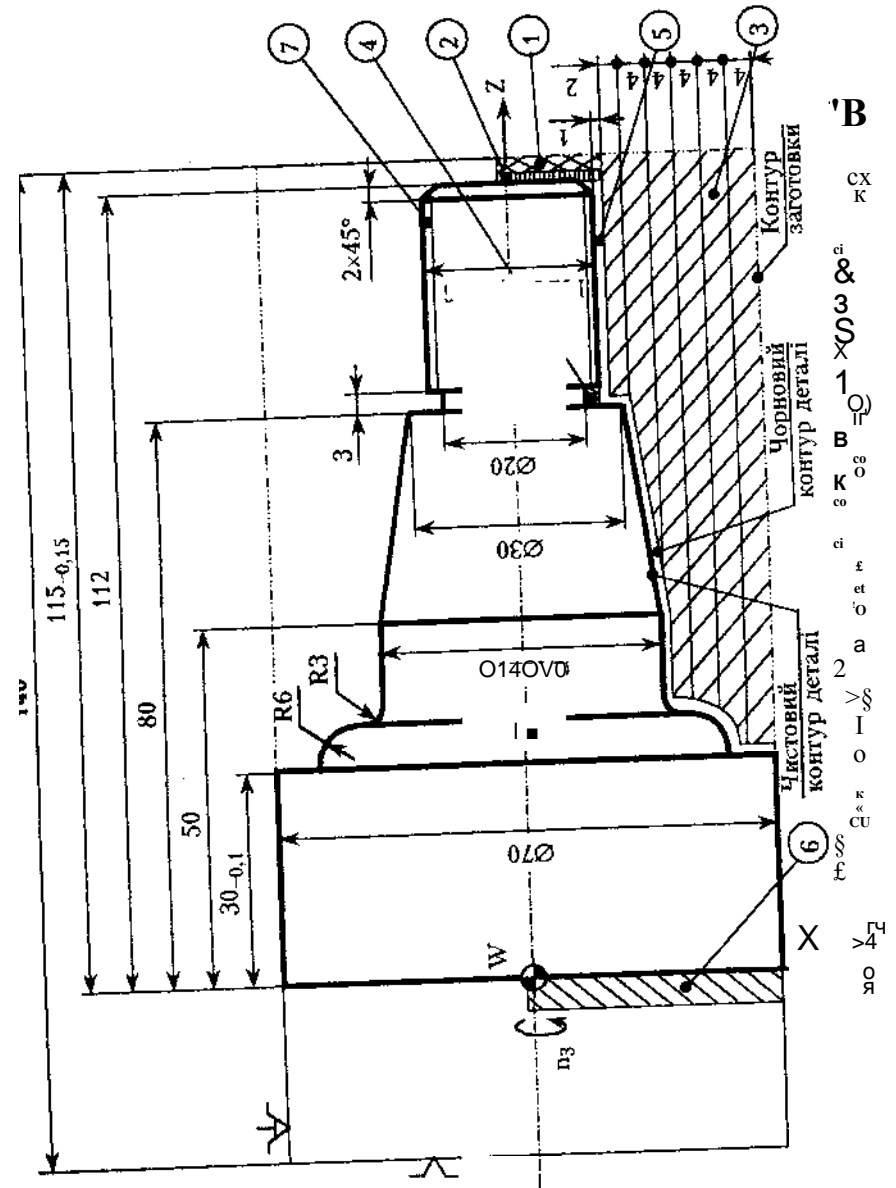
3 - підрізати торець начисто в розмір 112 мм - зона ф;

4 - обточити фаску 2x45°;

5 - обточити: 5.1 - поверхню 024;

5.5 - торець 070 зона

начисто;





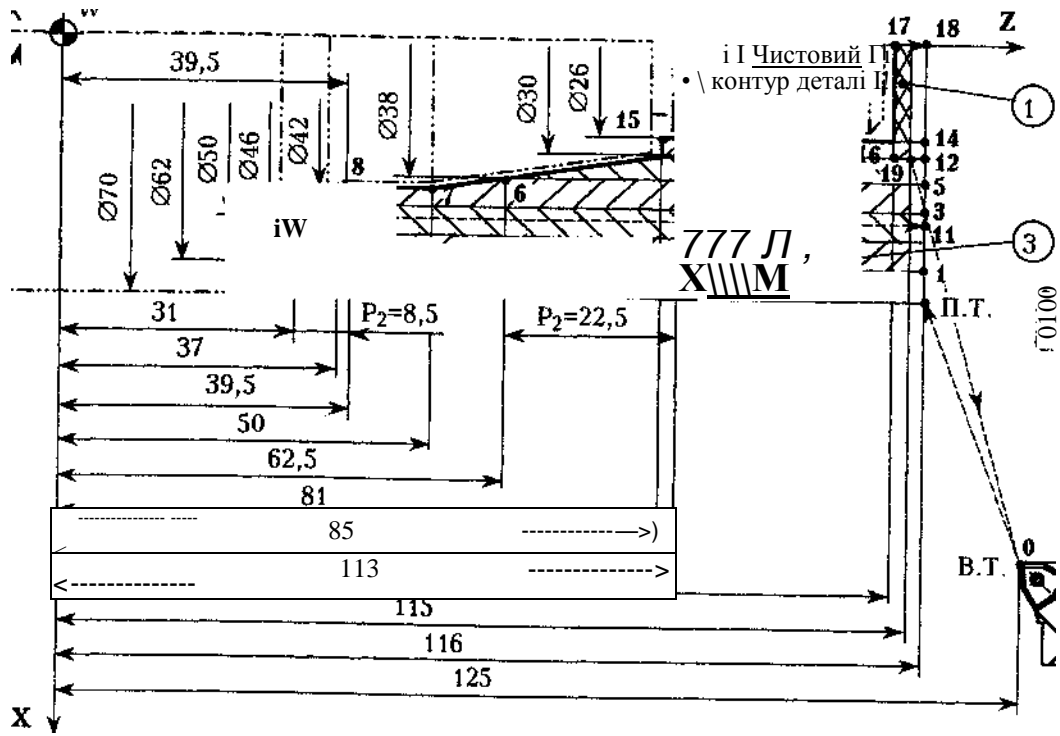


Рис. Д.2.2. Циклограма переміщень чорнового прохідного упорного різця ПТ

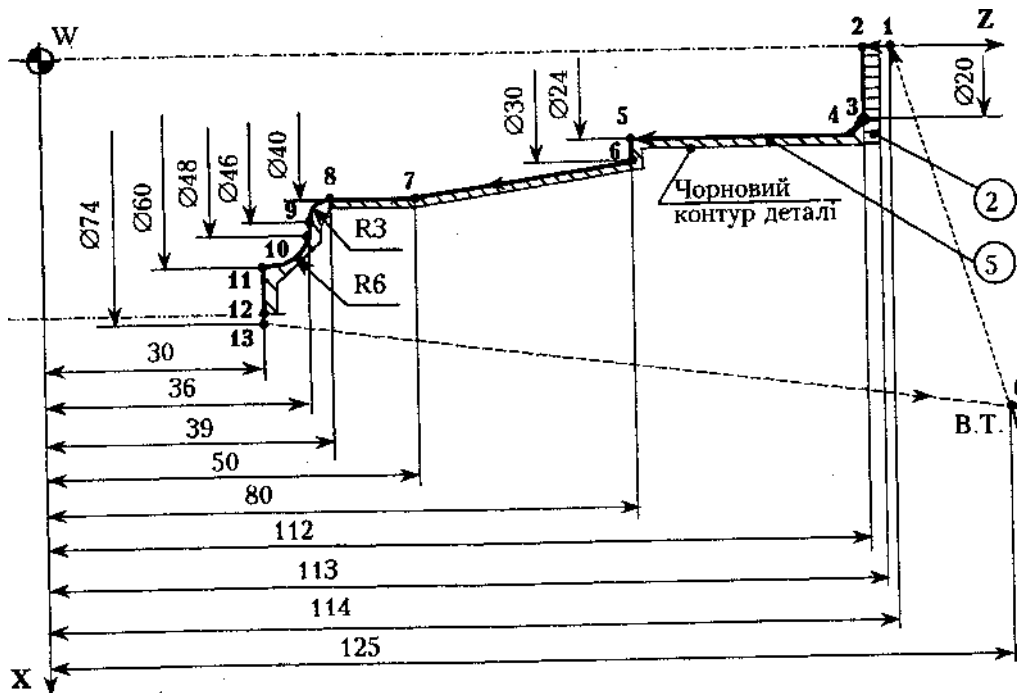


Рис. Д.2.3. Циклограма переміщень чистового прохідного різця Т2



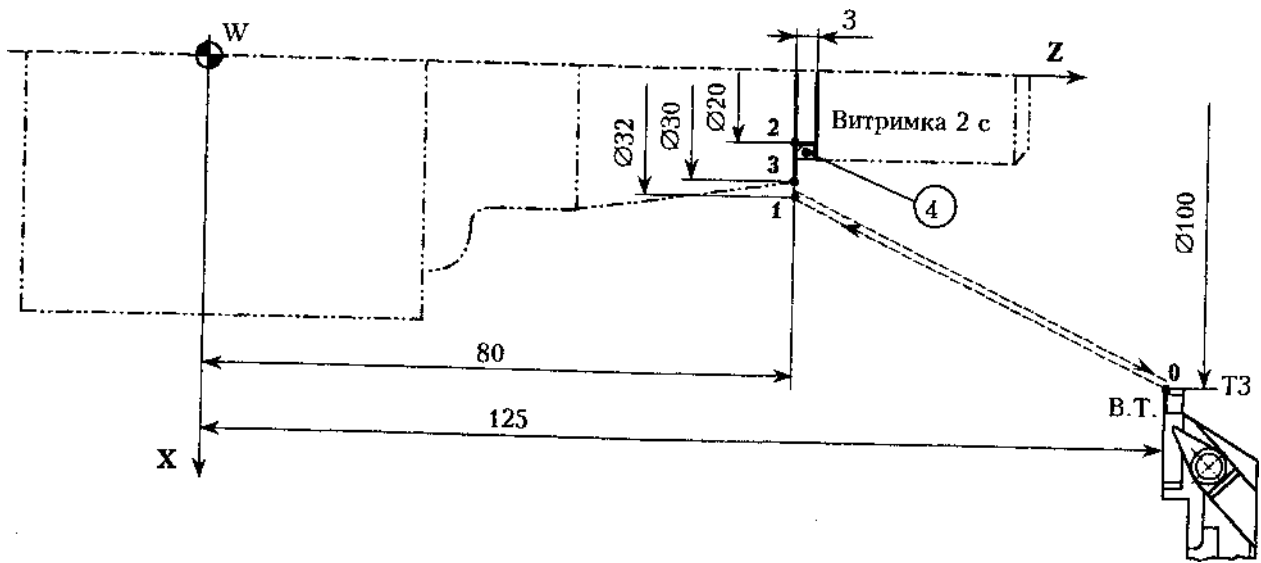


Рис. Д.2.4. Циклограма переміщень канавочного різця 13

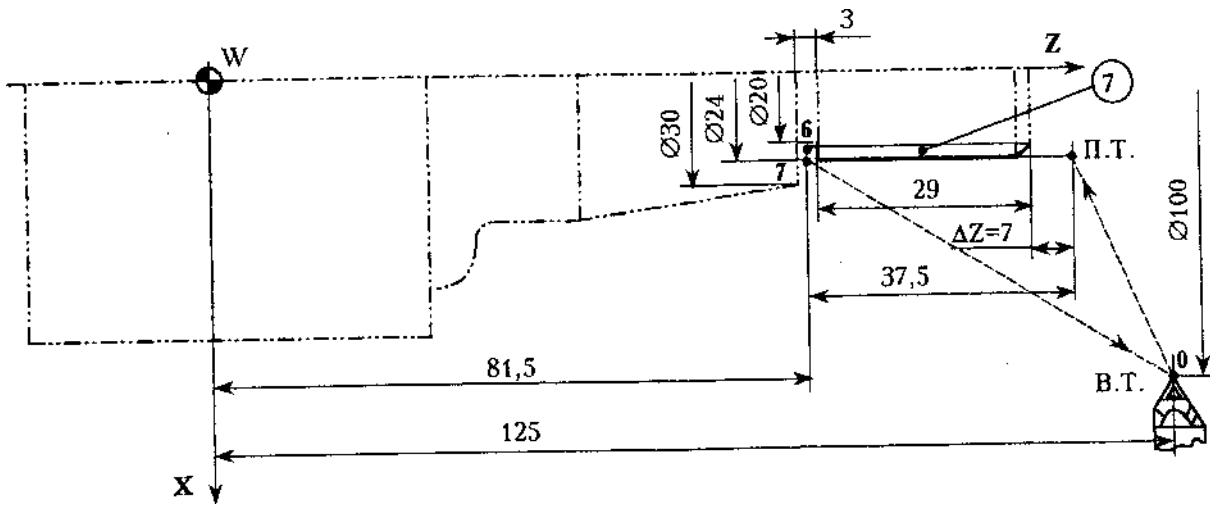


Рис. Д.2.5. Циклограма переміщень різбового різця Т4\*. а - загальна схема

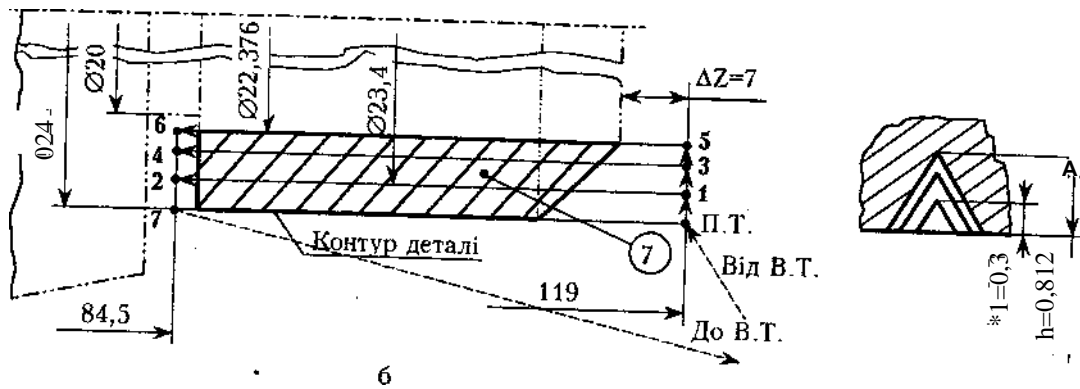


Рис. Д.2.5, (закінчення) Циклограма переміщень різьбового різця **T4**:  
 б - схема розчленування припуску на робочі ходи в  
 схема розподілу глибин різання

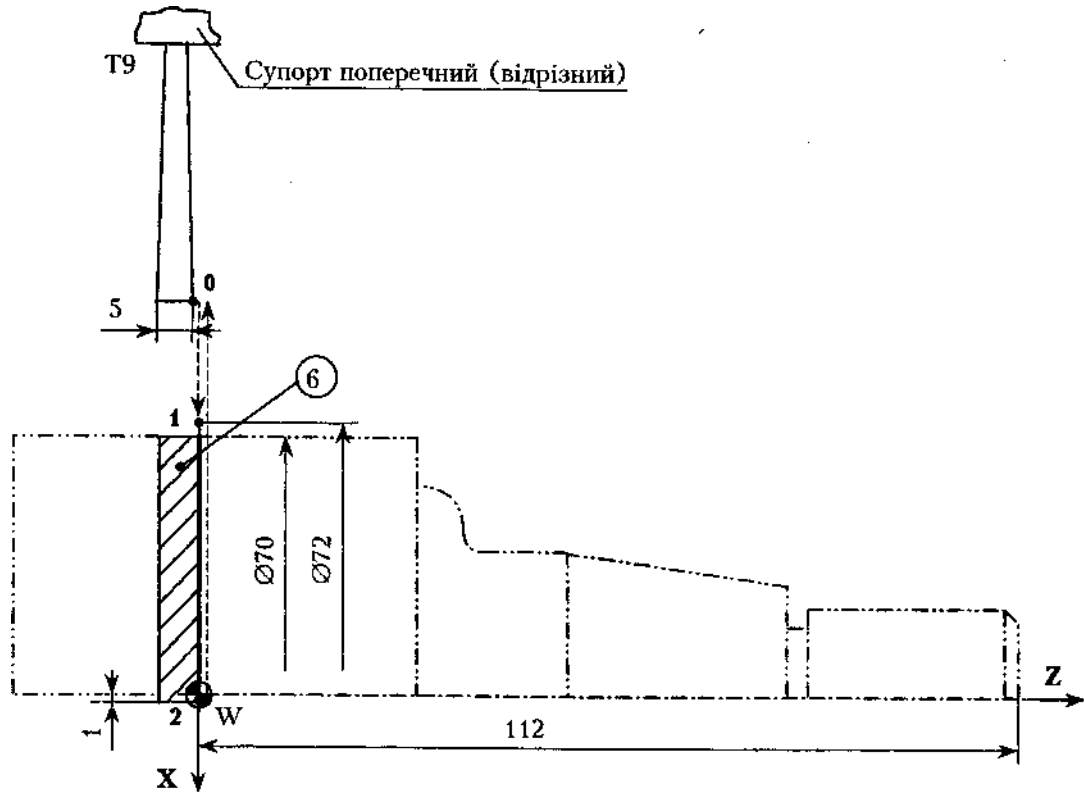


Рис. Д.2.6. Циклограма переміщення різця відрізного **T9**



6 - проточити канавку шириною  $B = 3$  мм до 020 мм в розмір 80 мм від лівого торця - зона

7 - нарізати різьбу M24x1,5~h6 на довжині 29 мм від правого торця - зона ©;

8 “ відрізати деталь, витримуючи розмір 112 мм - зона ®.

3. Вибір різальних інструментів (3, додаток Д.2.].

Для переходів: 1,2 — різець упорний прохідний з тригранною пластиною неправильної форми, T15K6;

3, 4, 5 - різець контурний упорний з паралелограмною пластиною

T15K6;

6 - різець прорізний, T15K6,  $B = 3$  мм;

7 “ різець різбовий, T15K6;

8 - різець відрізний, T15K6,  $B = 5$  мм. Більш повна

інформація по вибору різальних інструментів представлена в [11].

4. Призначення режимів різання.

4.1. Визначення глибини різання.

Перехід: 1 (зона®, рис. Д.2.1.):

~ припуск розподілено на:

- 5 ділянок з глибиною різання  $t = 4$  мм;

- 1 ділянку з глибиною різання  $t = 2$  мм;

- схема руху вершини різця - “петля”;

2 (зона ф):

-  $t = 2$  мм;

~ схема руху вершини різця - “спуск”;

3 (зона @):

-  $t = 1$  мм;

4, 5 (зона (5))  $i = 1$  мм;

6 (зона @)  $t = 2$  мм;

7 (зона ©)  $t = \frac{22 \cdot 376}{1000} = 0,812$  мм;

8 (зона ®)  $t = 36$  мм.

4.2. Вибір подач.

При обробці конструктивних сталей при глибині  $t = 4$  мм ( $< 5$  мм) для переходів 1, 2, 4 табличне значення обертової подачі [3, карта 2.3, лист 1, поз. 3, інд. в] дорівнює:

$$S^{2,4} = 0,35 \text{ мм/об.}$$

Поправкові коефіцієнти на подачу  $S^{2,4}h$

$K_{Si} = 0,95$  [3, карта 2.3, лист 1, поз. 3] - коефіцієнт, що враховує марку інструментального матеріалу, в нашому випадку Т15К6;

$K_{gp} = 1,00$  [3, карта 2.3, лист 1, поз. 3] - коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення різальної пластини, в нашому випадку - з використанням коливального елемента;

$K_{SD} = 1,00$  [3, карта 2.5, лист 1, поз. 1] - коефіцієнт, що враховує найбільший діаметр встановлення виробу над станиною, в нашому випадку - 400 мм з перерізом державки різця 25x25 мм;

$K_{Sh} = 1,00$  [3, карта 2.5, лист 1, поз. 2] - коефіцієнт, що враховує міцність різальної пластини, зумовленої способом її кріплення та товщиною, в даному випадку  $h = 6$  мм;

$K_{SM} = 1,05$  [3, карта 2.5, лист 2, поз. 3] - коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу, в нашому випадку НВ 1900 МПа;

$K_{sy} = 1,00$  [3, карта 2.5, лист 2, поз. 4] - коефіцієнт, що враховує схему установки заготовки та відношення  $L/D$ , в нашому випадку  $L/D = 115/70 = 1,6 < 5$ ;

$K_{sn} = 1,00$  [3, карта 2.5, лист 3, поз. 5] - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки - без кірки;

$K_{8\phi} = 0,95$  [3, карта 2.5, лист 3, поз. 6] - коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластини та геометричні параметри різця, в даному випадку для механічного кріплення тригранної (переходи 1, 2) та паралельної пластини (перехід 4), з  $\alpha = 90^\circ$  та  $\epsilon = 55^\circ$ ;

$K_{Sj} = 0,75$  [3, карта 2.5, лист 4, поз. 7] - коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата,  $D_{3Ar \text{ тах}} < 320$  мм;

Кінцеве значення подачі для переходів 1, 2, 4 вираховується за формулою:

$$S^{2,4} = S^{2,4} \cdot K_{Si} \cdot K_{SP} \cdot K_{SD} \cdot K_{Sk} \cdot K_{SM} \cdot K_{sn} \cdot K_{S(\phi)} \cdot K_{Sj} = 0,35 \cdot 0,95 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,05 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,95 \cdot 0,75 = 0,25 \text{ мм/об.}$$

Для переходів 3, 5 [3, карта 2.6, лист 1, поз. 4, інд. в]:  
в, 28 мм/об.

Поправкові коефіцієнти на подачу  $sg^4$ :

$K_{SM} = 1,05$  [3, карта 2.8, лист 1, поз. 1] - коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу

(конструкційна вуулецева сталь 45,  $t < 1$  мм, діаметр обробки до 180 мм);

$K_{sy} = 1,20$  [3, карта 2.8, лист 1, поз. 2] — коефіцієнт, що враховує схему установки заготовки, в даному випадку в трикулачковому патроні з  $L/D = 115/70 \ll 1,6 < 5$ ;

$K_{sr} \sim i > 00$  [3, карта 2.8, лист 2, поз. 3] - коефіцієнт, що враховує величину радіуса вершини різця,  $\Gamma = 1$  мм;

$K_{sf} \sim 1,00$  [3, карта 2.8, лист 2, поз. 4] - коефіцієнт, що враховує квалітет оброблюваної деталі - **040БЮ**;

$K_{s<pk} = 0,75$  [3, карта 2.8, лист 2, поз. 5] - коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані при обробці фасонних поверхонь, вираховується при умовному поділі останніх на окремі ділянки з кроком  $10^\circ$ , прийнято  $\alpha_{pk} = 50^\circ$  (детальний розрахунок  $\Phi_k$  див. [9, С. 14, С. 20-21]).

Кінцеве значення подачі для переходів 3, 5 вираховується за формулою:

$$sg^{(3)} = sg^{\wedge} \cdot K_{SM} \cdot K_{sy} \cdot K_{sr} \cdot K_{SK} \cdot K_{S(pk)} = 0,22 \cdot 1,05 \cdot 1,20 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,75 = 0,21 \text{ мм/об.}$$

Для переходу 6:

$$S_{OT}^{(6)} \text{ мм/об [3, карта 2.27, поз. 1, інд. б].}$$

Поправкові коефіцієнти на S&:

$$K_{si} = 0,90 \text{ [3, карта 2.27, поз. 1];}$$

$$K_{sp} = 1,05 \text{ [3, карта 2.27, поз. 1];}$$

$$1,05 \text{ [3, карта 2.29, лист 1, поз. 1];}$$

$$K_{sy} = 1,20 \text{ [3, карта 2.29, лист 2, поз. 2];}$$

$$K_{sm} = 1,00 \text{ [3, карта 2.29, лист 2, поз. 3];}$$

$$K_{sd} \sim 1,00 \text{ [3, карта 2.29, лист 2, поз. 4];}$$

$$K_{so} = 1,00 \text{ [3, карта 2.29, лист 2, поз. 5].}$$

Розрахункове значення подачі для переходу 6

$$S_{O}^{(6)} = S_{OT}^{(6)} \cdot K_{si} \cdot K_{sp} \cdot K_{SM} \cdot K_{sy} \cdot K_{SM} \cdot K_{sa} \cdot K_{SO} = 0,09 \cdot 0,90 \cdot 1,05 \cdot 1,05 \cdot 1,20 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,11 \text{ мм/об.}$$

Для переходу 7:

$$S_{ol}^1 \sim \text{різьби} = 1 > 5 \text{ мм/об.}$$

Для переходу 8:

мм/об [3, карта 2.28, поз. 2].

Поправкові коефіцієнти на :

$K_{SP} = 1,00$  [3, карта 2.28, поз. 2];

$K_{SM} = 1,05$  [3, карта 2.29, лист 1, поз. 1];

$K_{Sy} = 1,20$  [3, карта 2.29, лист 2, поз. 2];

$K_{8ш} = 1,00$  [3, карта 2.29, лист 2, поз. 3];

$K_{Sd} = 0,80$  [3, карта 2.29, лист 2, поз. 4];

$K_{so} = 1,00$  [3, карта 2.29, лист 2, поз. 5].

Розрахункове значення подачі для переходу 8:

#### 4.3. Визначення швидкостей різання.

Для переходів 1, 2, 4:

$V^{(1,2,4)} = 181$  м/хв [3, карта 2.21, лист 1, поз. 2].

Поправкові коефіцієнти на швидкість різання  $v_j^{2,4}$  :

$K_{\gamma} = 1,05$  [3, карта 2.21, лист 1, поз. 2] — коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу - Т15К6,

$K_{\text{ус}} = 1,00$  [3, карта 2.23, лист 1, поз. 1] - коефіцієнт, що враховує групу оброблюваності матеріалу, в нашому випадку конструкційна вуглецева сталь 45;

$K_{\text{УО}} = 1,00$  [3, карта 2.23, лист 1, поз. 2] - коефіцієнт, що враховує вид обробки при співвідношенні  $\frac{\text{ОБР}}{\text{ОЗДГ}} = \frac{24}{70} = 0,34$ ;

$K_{Vj} = 1,00$  [3, карта 2.23, лист 2, поз. 3; табл. Д.3.14] - коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата;

$K_{\text{ум}} = \text{ІДО}$  [3, карта 2.23, лист 2, поз. 4] - коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{\text{УФ}} = 0,95$  [3, карта 2.23, лист 3, поз. 5] - коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\beta = 55^\circ$ ;

$K_{\text{УТ}} = 1,00$  [3, карта 2.23, лист 3, поз. 6] - коефіцієнт, що враховує період стійкості різальної частини різця, вибираємо  $T = 30$  хв при механічному закріпленні пластини із твердого сплаву;

$K_{\text{Ур}} = 1,00$  [3, карта 2.23, лист 3, поз. 7] - коефіцієнт, що враховує наявність охолодження.

Кінцеве розрахункове значення лінійної швидкості  $v_f^{1,2,4}$ :

$$\begin{aligned} V_P^{(1,2,4)} &= V_T^{(1,2,4)} \cdot K_{V1} \cdot K_{VC} \cdot K_{VO} \cdot K_{Vj} \cdot K_{VM} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VT} \cdot K_{VP} = \\ &= 181 \cdot 1,05 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,10 \cdot 0,95 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 198 \text{ м/хв.} \end{aligned}$$

Табличне значення швидкості для переходів 3, 5:

$V^{(3,5)} = 265$  м/хв [3, карта 2.22, поз. 3].

Поправкові коефіцієнти на швидкість різання  $v_j^{*5}$  :

**$K_{yc} = 1,00$ ;**

$$K_{y0} = 1,00;$$

$$K_{vj} = 1,00; \text{ по аналогії з відповідними коефіцієнтами по розрахунку}$$

$$K_{um} = 1 > 10; \quad v_j^{*2,4}$$

$$K_{y\phi} = 0,95;$$

$$K_{yt} = 1,00;$$

$K_{yp} = 1,00$ .

Розрахункове значення лінійної швидкості  $V^{*5}$ :

**ур-**

$$= 265 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,10 \cdot 0,95 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 280 \text{ м/хв.}$$

Табличне значення швидкості для переходу 6:

$= 146$  [3, карта 2.30, лист 1, поз. 1, інд. в]. Поправкові коефіцієнти на швидкість :  $K_{vi} = 1/0$  [3, карта 2.30, лист 1, поз. 1];  $K_{yp} = 1,20$  [3, карта 2.30, лист 1, поз. 1];  $K_{um} = 1/0$  [3, карта 2.31, лист 1, поз. 1];  $K_{yp} = 1,00$  [3, карта 2.31, лист 2, поз. 2];  $K_{yp} = 1,00$  [3, карта 2.31, лист 2, поз. 3];  $K_{yc} = 1,00$  [3, карта 2.31, лист 3, поз. 4];  $K_{y0} = 1,00$  [3, карта 2.31, лист 3, поз. 5]. Розрахункове значення лінійної швидкості :

$$V|P = v|^{(6)} \cdot K_{vi} \cdot K_{yp} \cdot K_{um} \cdot K_{yp} \cdot K_{yc} \cdot K_{y0} -$$

$$= 146 \cdot 1,00 \cdot 1,20 \cdot 1,10 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 212 \text{ м/хв.}$$

Табличне значення лінійної швидкості для переходу 7:  $v|^{(7)} = 139$  м/хв [3, карта 2.34].



Поправкові коефіцієнти на швидкість

$K_{v1} \sim 1,00$  [3, карта 2.36, поз. 1];  $K_{vR} = 1,00$  [3, карта 2.36, поз. 2];  $K_{vN} = 0,75$  [3, карта 2.36, поз. 3];  $K_{uv} = 1,00$  [3, карта 2.36, поз. 4);  $K_{ум} = 1,30$  [3, карта 2.38].

Розрахункове значення лінійної швидкості

$$V_P^{(?)}$$

$$V_P^{(7)} = V_T^{(7)} \cdot K_{Vi} \cdot K_{VR} \cdot K_{VN} \cdot K_{VB} \cdot K_{VM}$$

$$= 139 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,75 \cdot 1,00 \cdot 1,30 = 136 \text{ м/хв.}$$

Табличне значення лінійної швидкості для переходу 8:  $v^{(8)} = 158 \text{ м/хв}$  [3, карта 2.30, лист 1, поз. 9, інд. в].\*

Поправкові коефіцієнти на швидкість  $V_T^{(8)}$

$K_{ур} = 1,20$  [3, карта 2.30, лист 1, поз. 9];

$K_{ум} = 1,10$  [3, карта 2.31, лист 1, поз. 1];  $K_{ур} = 1,00$  [3, карта 2.31, лист 2, поз. 2];

$K_{ус} = 1,00$  [3, карта 2.31, лист 2, поз. 3];

$K_{уо} = 1,00$  [3, карта 2.31, лист 3, поз. 4];

$K_{уо} = 1,20$  [3, карта 2.31, лист 3, поз. 5].

Розрахункове значення лінійної швидкості  $V_P^{(8)}$ :

$$V_P^{(8)} = V_T^{(8)} \cdot K_{ур} \cdot K_{ум} \cdot K_{ут} \cdot K_{ур} \cdot K_{ус} \cdot K_{уо}$$

$$= 158 \cdot 1,20 \cdot 1,10 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,20 = 250 \text{ м/хв.}$$

4.4. Визначення частот обертання шпинделя.

Для переходу 1:

$$n_P^{(1.1)} = \frac{1000 \cdot V_P^{(1.1)}}{\pi \cdot D^{(1.1)}} = \frac{1000 \cdot 149}{\pi \cdot (24 + 2 \cdot 1)} = 1825 \text{ хв}$$

$$\text{Пр } \frac{1000 \cdot V^{<1>}}{it \cdot D^{(L2)}} = \frac{1000-198}{7t} = 1704 \text{ хм}^1;$$

$$\frac{1000-198}{(40+2 \cdot 1)} v = 150 \text{ IXB} \setminus n \cdot$$

$$\text{Пр } \frac{1000 \cdot v^{<2>}}{it \cdot D^{(L2)}} = \frac{1000-181}{7t} = 1201 \text{ хв } 1.$$

Для переходу 2:

$$1_2) \frac{1000 \cdot V^{&}}{it \cdot D^{(L2)}} = 7 \text{ TW} = \frac{10 \cdot 2^2 \cdot 1}{it \cdot 26} = 2425 \text{ х } 3-1.$$

$$0) \frac{1000 \cdot V^{<3>}}{it \cdot D^{(L2)}} = 3430 >, \text{ и } it - 26$$

$$\text{Пр } \frac{1000 \cdot V^{<4>}}{it \cdot D^{(L2)}} = \frac{10^0 \cdot \text{ЭД}}{ТГ-24} = 3627 \text{ х}, 4$$



$ng^{(2)} = 1704 \text{ XB}^{-1} \rightarrow nj^{(2)} = 1400 \text{ XB}^{-1} \rightarrow \mathbf{S11}$ ;  $ng^{(3)} = 1501 \text{ XB}^H \rightarrow$   
 $\blacktriangleright \text{пф}^{(3)} = 1400 \text{ XB}^{n1} \rightarrow \mathbf{S11}$ ;  $ng^{(4)} = 1201 \text{ XB}^{n1} \rightarrow nj^{(4)} = 1000 \text{ XB}^{-1} \rightarrow$   
 $\mathbf{S10}$ ;  $ng = 2425 \text{ XB}^{n1} \rightarrow nJ = 2000 \text{ XB}^{n1} \mathbf{S12}$ ;  $ng = 3430 \text{ XB}^{n1} nJ =$   
 $2000 \text{ XB}^{n1} \rightarrow \mathbf{S12}$ ;  $ng = 2627 \text{ XB}^{n1} \rightarrow nJ = 2000 \text{ XB}^{n1} \mathbf{S12}$ ;  $ng^{(a)} =$   
 $3715 \text{ XB}^{n1} \rightarrow \mathbf{nj} = 2000 \text{ XB}^{n1} \rightarrow \mathbf{S12}$ ;  $ng^{(2)} = 2547 \text{ XB}^{*1} \rightarrow nJ^{(2)} =$   
 $2000 \text{ XB}^H \rightarrow \mathbf{S12}$ ;  $ng^{(3)} = 2229 \text{ XB}^{-1} \rightarrow nJ^{(3)} = 2000 \text{ XB}^{n1} \rightarrow \mathbf{S12}$ ;   
 $ng^{(4)} = 1938 \text{ XB}^{n1} \rightarrow nj^{(4)} = 2000 \text{ XB}^{n1} \rightarrow \mathbf{S12}$ ;   
 $ng^{(5)} = 1462 \text{ XB}^{n1} \quad nJ^{(5)} = 1400 \text{ XB}^{n1} \quad \mathbf{S11}$ ;   
 $ng = 3376 \text{ XB}^{n1} \quad nJ = 2000 \text{ XB}^{n1} \rightarrow \mathbf{S12}$ ;   
 $ng = 1936 \text{ XB}^{-1} \quad \rightarrow nJ = 2000 \text{ XB}^{n1} \rightarrow \mathbf{S12}$ ;   
 $ng = 2275 \text{ XB}^{n1} \quad \rightarrow nJ = 2000 \text{ XB}^{-1} \rightarrow \mathbf{S12}$  .

4.6. Визначення фактичних значень лінійних швидкостей різання.

$$vg-D = \tau c \cdot P^{(1n)} \cdot \text{Пф}^{(n)} = \text{л} : -(24 + 2 \cdot 1) \cdot 1400 =_{114,3 \text{ м/хв}} \Phi \mathbf{1000} \mathbf{1000}$$

$$\Phi \quad \begin{matrix} (\cdot, 2) = \text{л} \cdot P^{(n)} \\ \Phi \end{matrix} \quad 142 = \frac{\bullet \cdot \text{fo} + M - ijwo}{\mathbf{1000}} = \frac{1000}{1000}$$

$$yM = \frac{\text{я} - P^{(n)} \cdot 3'}{\Phi} = \frac{\bullet \cdot (40 + 2 \cdot 1) \cdot 1400}{\mathbf{1000}} = \frac{1000}{1000} \quad \text{— j}$$



$$V_{\Phi} = \frac{\pi \cdot D^{(8)} \cdot n_{\Phi}^{(8)}}{1000} = \frac{22,376 \cdot 2000}{1000} = 140,5 \text{ м/го}$$

$$V_{\Phi}^{(8)} = \frac{\pi \cdot D^{(8)} \cdot n_{\Phi}^{(8)}}{1000} = \frac{\pi \cdot 35 \cdot 2000}{2000} = 219,8 \text{ м/хв};$$

4.7. Визначення потужностей різання.

Для переходу 1:

$$= 8,9 \text{ кВт.}$$

Поправковий коефіцієнт на потужність різання

$$K_{NM} = 0,95 \text{ [3, карта 2.24].}$$

Розрахункове значення  $N_j^P$ :

$$= 8,9 \cdot 0,85 = 7,57 \text{ кВт.}$$

Значення потужностей для інших переходів не визначаються у зв'язку з тим, що перехід 1 є найбільш енергомістким.

Таким чином,  $N^P = 7,57 \text{ кВт}$ , що є допустимим для верстата мод. 1В340Ф30, у якого  $N_B = 8,5 \text{ кВт}$  [2, С. 58].

Отримані в п. 4 дані представлені в табл. Д.2.1, де цикли **G77c** та **G70c** означають зняття відповідних припусків зі скосом (перехід 1, шар припуску (3)).





Таблиця Д.2.1

## Технологічні дані для розробки УП

Позначення шарів припусків в порядку їх знімання	№ переходу та його зміст	Цикли та робочі ходи	Функція G, M	Глибина різання t, мм	Позиція різального інструменту	Подача		Швидкість обертота		
						розрахункова, мм/об	код в УП	розрахункова, хв <sup>1</sup>	прийнята, хв <sup>1</sup>	код в УП
	1. Обточити начорно, залишивши припуск 1 мм на сторону	Цикл 1-з 070 на 062	<b>G70</b>	4	TI TI	0,25	<b>F25</b>	1825	1400	<b>S11</b>
		Цикл 2~з 062 на 054	<b>G77c</b>	4	TI TI	0,25	<b>F25</b>	1825	1400	<b>S11</b>
		- з 054 на 046		4	TI TI	0,25	<b>F25</b>	1825	1400	<b>S11</b>
		- з 046 на 038		4		0,25	<b>F25</b>	1825	1400	<b>S11</b>
		Цикл 3 - з 038 на 030	<b>G70c</b>	4		0,25	<b>F25</b>	1704	1400	<b>S11</b>
		Цикл 4-з 030 на 026	<b>G70</b>	2		0,25	<b>F25</b>	1704	1400	<b>S11</b>
ф	2. Підрізати торець начорно в розмір L - 113 мм	Цикл 5	<b>G71</b>	2	TI	0,25	<b>F25</b>	2425	2000	<b>S12</b>
©	3. Підрізати торець начисто в розмір L = 112 мм			1	T2	0,21	<b>F21</b>	3430	2000	<b>S12</b>

Продовження табл. Д.2.1

Позначення шарів припусків в порядку їх знімання	№ переходу та його зміст	Цикли та робочі ходи	Функція G, M	Глибина різання t, мм	Позиція різального інструменту	Подача		Швидкість обертота		
						розрахункова, мм/об	код в УП	розрахункова, хв <sup>1</sup>	прийнята, хв <sup>1</sup>	код в УП
ф	4. Обточити фаску 2x45°			1	T2	0,25	<b>F25</b>	2627	2000	<b>S12</b>
	5. Обточити поверхні начисто: - 024 - конус 040/30 - 040 ~ скруглення R6, R3 - торець 070 в розмір 30-0.1			1	T2	0,21	<b>F21</b>	3715 2547 2229 1938 1462	2000 2000 2000 2000 1400	<b>S12</b> <b>S12</b> <b>S12</b> <b>S12</b> <b>S11</b>

S « s .S , h & ш ш СігзкийСісіз	№ переходу та його зміст	Цикли та робочі ходи	ЕД '0 ІІІВІНІф	ВННВей ВНН9НЕJ	5 і ф , в н й ® ■ & s	Подача '   1		Швидкість		ЄЄЄ
						роз-раху-нкова, мм/об	код в УП	1 КJ ' 'Т-1 3 СQ & 'ТГО □ X2	код в УП	
	6. Проточити канавку Б = 3 мм до 020 мм в розмір 80 мм	В кінці робочого ходу витримка часу 2 с		Сч	тз	0	і F11	3376	2000	S12
	7. Нарізати різьбу М24х1,5~Б6 на довжину 29 мм	Цикл 6	G31	0,812	Т4	0 Т — λ	000S1J	1936	2000	ЄЄ
©	8. Відрізати деталь, витримуючи розмір 112 мм		ю чи S	36	Т5 1 *	0,12	F12	2275	2000	S12

4.8. Визначення координат опорних точок траєкторії переміщення інструментів за осями X та Z (табл. Д.2.2).

Таблиця Д.2.2

Координати опорних точок переміщень різальних інструментів

Інструмент	Опорні точки			Ілюстрація за рис.	Інструмент	Опорні точки			Ілюстрація за рис.		
	№ з/п	координати, мм				№ з/п	координати, мм				
		X	Z				X	Z			
Т1	0	100	125	Д.2.2.	Т2	4	24	110	Д.2.3.		
	П.Т.	70	1'16			5	24	80			
	1	62	116			6	30	80			
	2	62	31			7	40	50			
	3	46	116			8	40	39			
	4	46	39,5			9	46	36			
	5	38	117			10	48	36			
	6	38	62,5			11	60	30			
	7	42	50			12	70	30			
	8	42	39,5			13	74	30			
	9	46	37			Т3	0	100		125	Д.2.4.
	10	50	37				1	32		80	
	11	50	116				2	20		80	
	12	30	116		3	30	80	Д.2.5. 6.			
	13	30	85		Т4	П.Т.	24		119		
	14	26	116			0	100		125		
	15	26	81			1	23,4		119		
	16	26	113			2	23,4		81,5		
	17	-1	113			3	22,8		119		
18	-1	116	4	22,8		81,5					
19	30	115	5	22,376		119					
Т2	0	100	125	Д.2.3.	Т9*	6	22,376	81,5	Д.2.6.		
	1	0	114			7	24	81,5			
	2	0	112			0	-	-			
	3	20	112			1	72	0			
				2		-1	0				

Примітка: \* Координати опорних точок для інструменту Т9 (відрізний різець, B = 5 мм) забезпечуються при розмірній його настройці.

4.9. Побудова траєкторії переміщення різальних інструментів (рис. Д.2.2., Д.2.3., Д.2.4., Д.2.5., Д.2.6.).

4.10. Складання тексту управляючої програми.

Швидкість обертова  $n = 1400 \text{ хв}^{-1}$

<b>N1</b>	<b>S11</b>	Подача <b>S</b> = 0,25 мм/об
<b>N2</b>	<b>F25</b>	Ліве обертання шпинделя (проти годинникової
<b>N3</b>	<b>M4</b>	стрілки при погляді з додатного напрямку осі Z) Різець прохідний упорний Включення ЗОР
<b>N4</b>	<b>T1</b>	1 Швидке підведення різця T1 в початкову j точку
<b>N5</b>	<b>M8</b>	(П.Т.) із вказанням її координат
<b>N6</b>	<b>X700(БA)*</b>	Цикл однопрохідної поздовжньої обробки
<b>N7</b>	<b>Z11600**</b>	1 Параметри циклу G70 з координатами кінце- J вої
<b>N8</b>	<b>G70</b>	точки робочого ходу за осями X та Z
<b>N9</b>	<b>X6200*</b>	Швидке підведення T1 до т.1
<b>N10</b>	<b>Z3100</b>	Цикл багатопрохідної поздовжньої обробки
<b>N11</b>	<b>X6200**</b>	Двопрохідний цикл поздовжньої обробки з
<b>N12</b>	<b>G77*</b>	позначеними кінцевими координатами X та Z, P800 -
<b>N13</b>	<b>X4600*</b>	припуск (діаметральний) на перший робочий хід (800
<b>N14</b>	<b>Z3100*</b>	дискрет = 2 • 4 : 0,01); P850 - величина скосу (8,5 мм)
<b>N15</b>	<b>P800*</b>	по осі Z ' (див рис. Д.2.2.) j" Підведення різця T1 до
		т.5 (рис. Д.2.2.)
<b>N16</b>	<b>P850</b>	Координати прямолінійного робочого ходу
		інструмента (т.5 - т.6)
<b>N17</b>	<b>Z11600*v</b>	} Обробка скосу (конуса) т.6 ~ т.7
<b>N18</b>	<b>X3800vw</b>	Поздовжнє точіння, (т.7 ~ т.8)
<b>N19</b>	<b>Z6250*</b>	J Обробка конусу т.8 - т.9
		Робоче переміщення різця в т.10
<b>N20</b>	<b>X4200*</b>	
<b>N21</b>	<b>Z5000</b>	
<b>N22</b>	<b>Z3950</b>	
<b>N23</b>	<b>X4600*</b>	
<b>N24</b>	<b>Z3700</b>	
<b>N25</b>	<b>X5000</b>	

N26	Z11600'***	j-	Швидке переміщення різця в т.5
N27	X3800**		
N28	G70*		Однопрохідний цикл поздовжнього точіння із
N29	X3000*		скосом, де:
N30	Z6250*		- $X = 30$ мм; $Z = 62,5$ мм - координати закінчення прямолінійного робочого ходу різця (т. 12 - т.13);
N31	P400*		и $\overset{38}{\sim} \overset{30}{\underset{л}{}}$ <
		-	$P_1 = \frac{\quad}{\quad} = 4$ мм - величина скосу (на
N32	P2250		радіус) по осі X;
		-	$P_2 = 85 - 62,5 = 22,5$ мм - величина скосу по осі Z
N33	X3000'Л		Швидке переміщення в т.12
N34	Л» G70*	}	Однопрохідний цикл поздовжнього точіння (т.14 - т.15) з кінцевими координатами $X = 26$ мм та $Z = 81$ мм
N35	X2600*		
N36	Z8100 S12		
N37	Z11501M*		
N38	X3000'Л		Частота обертання шпинделя $n = 2000$ хв <sup>-1</sup>
N39	* G71* X-		I Швидке переміщення В Т.19
N40	100*		
N41	Z11300*		Однопрохідний поперечний цикл $t = 2$ мм (т. 16 “
N42	P200		т.17 на рис. Д.2.2.)
N43	X10000^		
N44	v		l Відхід різця ПІ у вихідну точку
N45	Z12500'***		J (рис. Д.2.2.) для зміни інструменту
N46	T2		Різець чистовий прохідний контурний (рис. Д.2.3.) Подача $S = 0,21$ мм/об
N47	F21		
N48	Z11400^*	•	Підведення вершини різця в т.1 з координа-
N49	XOvw		
N50	Z11200		
			J тами $X = 0$ ; $Z = 114$ мм
N51			Робоча глибина різання $11400 - 11200 = 200$
N52			імпульсів (2 мм) (т.1 - т.2)
N53			

Чистова підрізка торця (т.2 - т.3)

**X2800**

**X400—45°»**Фаска 2x45° (т.3 - т.4)

**Z8000** Поздовжнє точіння (т.4 - т.5)

	Поперечне точіння (т.5 - т.6)
<b>N54 X3000</b>	j- Точіння конусу (т.6 - т.7)
<b>N55 X4000*</b>	Поздовжнє точіння (т.7 - т.8)
<b>N56 Z5000</b>	Обробка ввігнутої сферичної поверхні повної
<b>N57 Z3900</b>	четверті кола (заокруглення, галтель) <b>R3</b>
<b>N58 G13*</b>	> (т.8 - т.9) з переміщенням різця проти го-
<b>N59 X4600*</b>	динникової стрілки з кінцевими координатами X
<b>N60 Z3600</b>	та Z
	Поперечне точіння (т.9 - т.10)
	} Обробка випуклої сферичної поверхні (повної
<b>N61 X4800</b>	чверті кола) R6 (т.10 - т.11) з переміщенням різця за
<b>N62 G12*</b>	годинниковою стрілкою із вказаними кінцевими
<b>N63 X6000*</b>	координатами X та Z Підрізка торця (т.11 - т.13)
<b>N64 Z3000</b>	j- Швидке відведення різця <b>T2</b> у В.Т.
<b>N65 Z7400</b>	Різець канавочний B = 3 мм
<b>N66 X10000^v</b>	Поперечна робоча подача S = 0,11 мм/об
<b>N67 Z1250(hM-</b>	Прискорений підхід до П.Т. (т.1) із вказаними
<b>N68 T3</b>	координатами
<b>N69 F11</b>	Проточування канавки до 020 мм
<b>N70 Z8000v**</b>	Витримка часу (затримка канавочного різця) на
<b>N71 X320(MЛ-</b>	020 мм
<b>N72 X2000</b>	Відведення канавочного різця до т. 1 на подачі S
<b>N73 G4*</b>	= 1 мм/об
<b>N74 P200</b>	<b>N79 T4</b> Різець різьбовий <b>T4</b> (рис. Д.2.5)
<b>N75 F100</b>	<b>N80 Z11900&lt;Mr • 1</b> Прискорення переміщення до
<b>N76 X3400</b>	початкової то-
<b>N77 X10000'</b>	<b>N81 X240(Mv J</b> чки із вказаними координатами
<b>N78 M,</b>	I Швидке відведення різця T3 у В.Т.

- N82 G31\*** ) Цикл різьбонарізання різцем  
**N83 X2400\*** Номінальний діаметр різьби 024 мм  
**N84 Z8150\*** Кінцева осьова координата нарізання різьби  
**N85 F15000\*** Подача осьова  $S_0 = 1,5$  мм/об (крок різьби)  
**N86 P81\*** Повна глибина різання (на радіус)  $t = 0,812$  мм,  
 визначається за довідниковими таблицями
- N67 P30** *J* Глибина різання першого проходу  $t_j = 0,3$  мм
- N88 XЮООО^I...**  
**N89 2125000^I** Шви  $D^{ке}$  відведення різця T4 у **В.Т.**
- N90 M15** Активізація роботи відрізного супорта з від  
 різним різцем T9 (рис. Д.2.6)  
 (Увага! Початкове та кінцеве положення ін-  
 струмента T9 визначається при попе-  
 редньому його налагодженні)
- N91 M9** Виключення ЗОР
- N92 M5** Виключення шпинделя
- N93 I30** Кінець УП з переходом в кадр **N0**



**Додаток Д.3. Приклад розробки УП для верстата мод.  
16К20ФЗРМ132 з ОС ЧПУ 2Р22**

Необхідно обробити деталь - вал різьбовий за умовами додатку Д.2.

1. Початок системи координат деталі (т. W) прийнято на лівому її торці (рис. Д.3Л.), де позначено:

- контур заготовки;
- чорновий контур деталі;
- чистовий контур деталі (згідно її креслення).

Прийняття плану обробки заготовки за наступною послідовністю позначених зон припусків:

2. Призначення технологічного маршруту токарної обробки:

Перехід: 1 ~ обточити: 1.1 - поверхню 024;

1.2 - конус з 030 на 040;

1.3 ~ поверхню 040;

1.4 - радіусні поверхні R6, R3, зона

начорно із врахуванням припуску на 3

подальшу чистову обробку (залишено 1 мм на радіус);

2 - підрізати торець начорно в розмір 113 мм ~ зона (D);

3 - обточити:

3.1 ~ поверхню 024; 3.2 ~ конус з 030 на 040;

3.3 - 040; зона

3.4 " радіусні поверхні R6, R3;

3.5 - торець 070

начисто;

4 - підрізати торець начисто в розмір 112 мм - зона

5 ~ обробити фаску  $2 \times 45^\circ$  ~ зона (E);

6 - проточити канавку шириною  $b = 3$  мм до 020 мм в розмір 80 мм від лівого торця - зона

7 - нарізати різьбу M24x1,5<sup>h</sup> на довжині 29 мм від правого торця - зона (7);



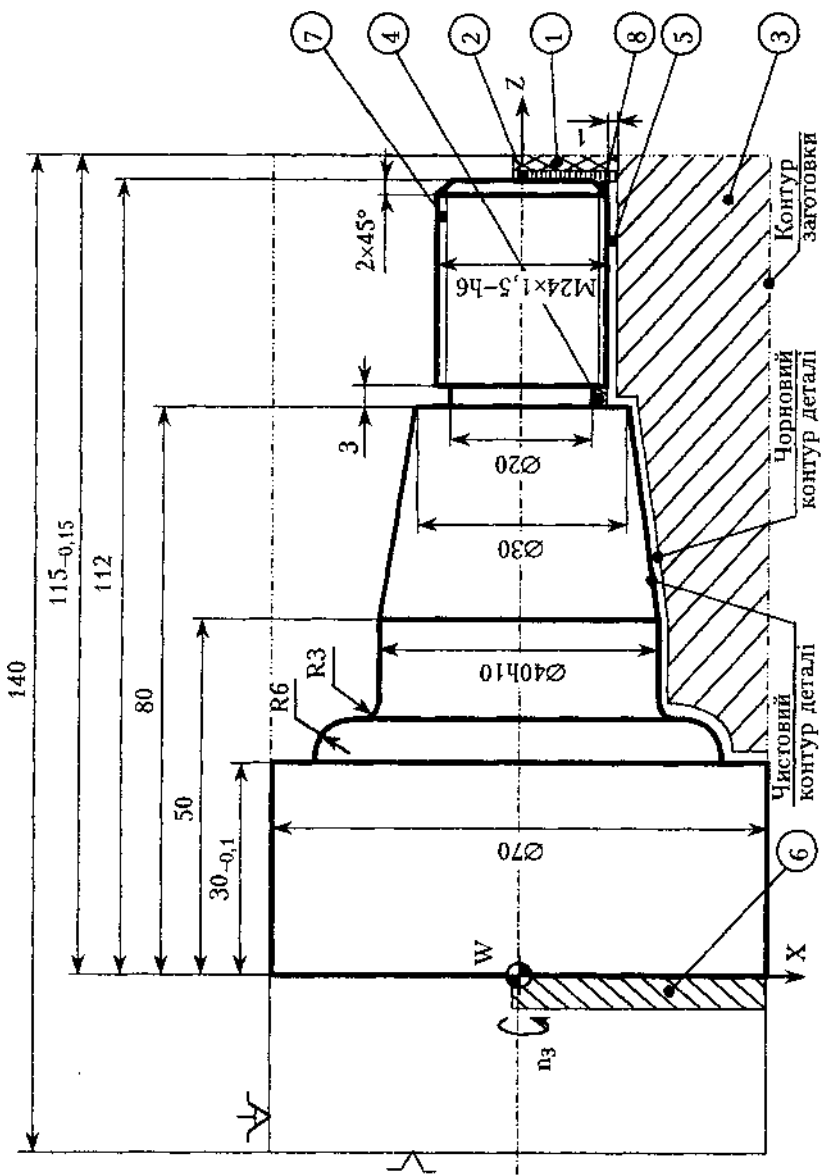


Рис. Д.3.1. Креслення обробленої деталі з позначеними шарами припусків

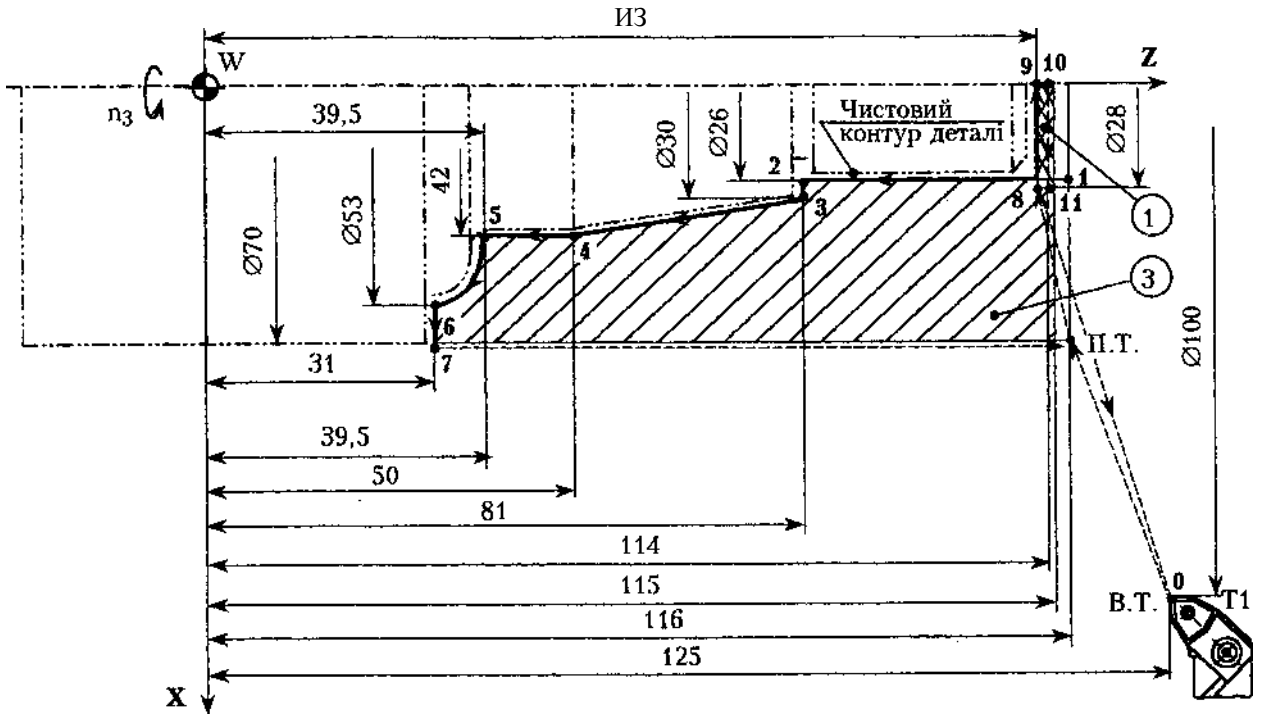


Рис. Д.3.2. Циклограма переміщень чорнового прохідного різця Т1

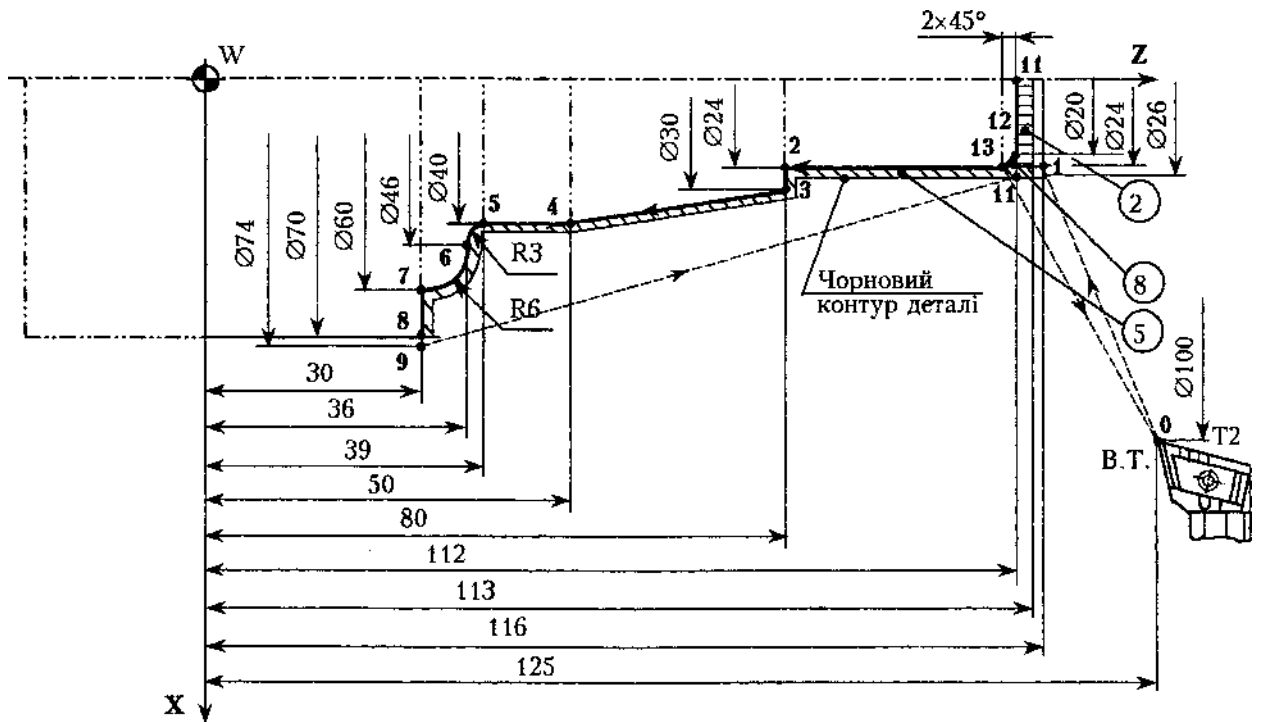


Рис. Д.3.3. Циклограма переміщень чистового прохідного різця Т2

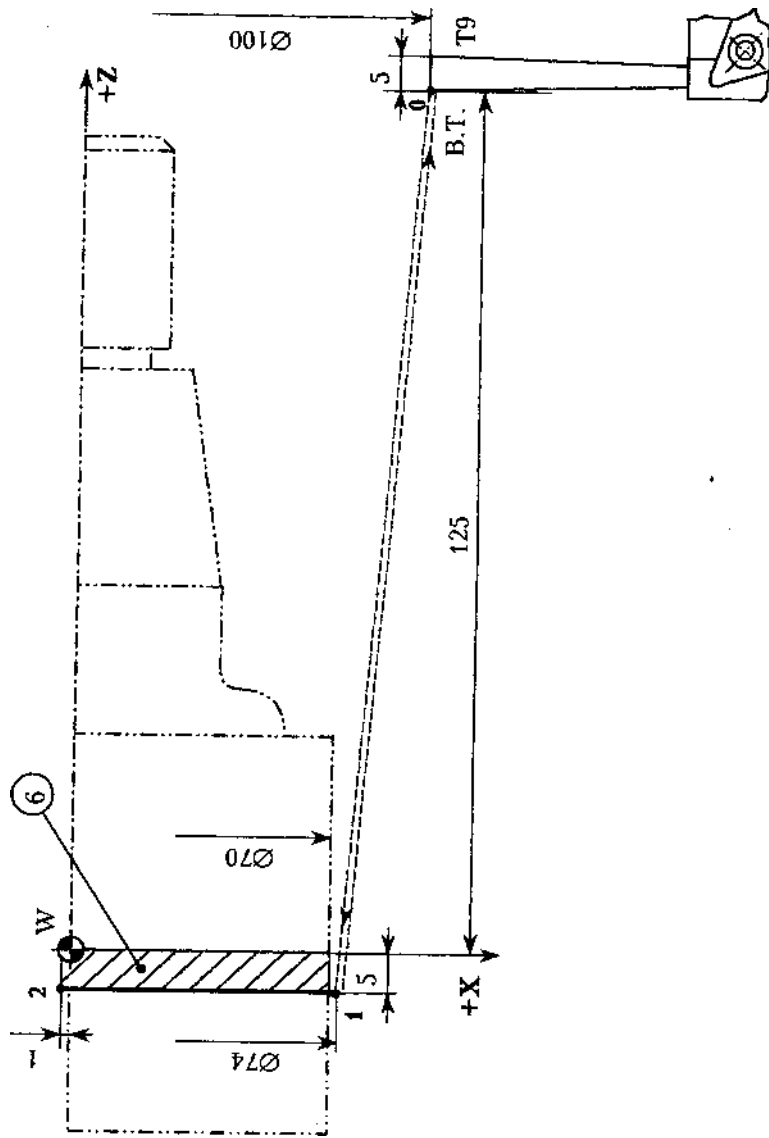


Рис. Д.3.4. Циклограма переміщення відрізного різця Т9

8 - відрізати деталь, витримуючи розмір 112 мм - зона®.

3. Вибір різальних інструментів - див. відповідний пункт додатку Д.2.

4. Призначення режимів різання.

Вибір глибин різання (п.4.1.), подач (п.4.2.) та розрахунок частот обертання шпинделя (п.4.3., 4.4.) за відповідними переходами виконано аналогічно додатку Д.2.

4.5. Визначення фактичних частот обертання шпинделя та їх позначення в УП:

<b>4»)</b> = 1825 $\text{XB}^1$	$n_{\phi}$ = 1825 $\text{XB}^1$ ->	<b>S3 1825</b>
<b>4<sup>-2)</sup></b> = 1704 $\text{XB}^1$	= 1704 $\text{XB}^1$ -*■	<b>S3 1704</b>
= 1501 $\text{XB}^1$ *	<b>4”</b> = 1501 $\text{XB}^1$	<b>S3 1501</b>
<b>пф’</b> = 1201 $\text{XB}^1$	= 1201 $\text{XB}^1$	<b>S3 1201</b>
<b>пф(2)</b> = 2425 $\text{XB}^1$	■ $w_{n_{\phi}}$ = 2425 $\text{XB}^1$ -+■	<b>S3 2425</b>
<b>4<sup>3.1)</sup></b> = 3715 $\text{XB}^1$ -*■	<b>»ф■</b> = 2500 $\text{XB}^1$	<b>S3 2500</b>
<b>4<sup>3-</sup></b> = 2547 $\text{XB}^1$	<b>4<sup>2&gt;</sup></b> = 2500 $\text{XB}^1$	<b>S3 2500</b>
<b>4<sup>3-</sup></b> = 2229 $\text{XB}^1$	$n_{\phi}^{(3.3>}$ = 2229 $\text{XB}^1$	<b>S3 2229</b>
<b>4<sup>3.1)</sup></b> = 1938 $\text{XB}^1$	<b>ng<sup>4)</sup></b> = 1938 $\text{XB}^1$	<b>S3 1938</b>
<b>4<sup>3-</sup></b> = 1462 $\text{XB}^1$	<b>ng<sup>5)</sup></b> = 1460 $\text{XB}^1$ ->	<b>S3 1460</b>
= 2627 $\text{XB}^1$	<b>ng</b> = 2500 $\text{XB}^1$	<b>S3 2500</b>
<b>п®</b> = 3430 $\text{XB}^1$	$n_{\phi}^1$ = 2500 $\text{XB}^1$	<b>S3 2500</b>
<b>п</b> = 3376 $\text{XB}^1$	2500 $\text{XB}^1$	<b>S3 2500</b>
<b>пф)</b> = 1936 $\text{XB}^1$ -+■	= 1936 $\text{XB}^1$	<b>S3 1936</b>
<b>4«)</b> = 2275 $\text{XB}^1$	2275 $\text{XB}^1$	<b>S3 2275</b>

4.6. Визначення фактичних значень лінійних швидкостей різання  
 Значення всіх фактичних лінійних швидкостей різання (крім  $v_i^{3-1}$ ),  
 $v_g$ ,  $v_g$ ,  $v_g$ ), для яких розрахункові значення частот обертання  
 перевищують максимально можливі для даного верстата -  $n_{\text{гmax}} = 2500$   
 $\text{хв}^{-1}$ ; і тому розраховуються окремо) дорівнюють наступним  
 значенням:  $v_g^{(1)} = v_g^{(1)} = 149 \text{ м/хв}$ ;

$$Vg^{(3)} = Vg^{(3)} = 198 \text{ м/хв};$$

$$Vg^{(4)} = Vg^{(4)} = 181 \text{ м/хв};$$

$$24 \cdot 2425_{\text{iono z}} = 182,8 \text{ м/хв};$$

$$Vg^{(3)} = Vg^{(3)} = 280 \text{ М/ХВ};$$

$$V_{\Phi}^{(2)} = \frac{\pi \cdot D^{(2)} \cdot n_{\Phi}^{(2)}}{1000} = \frac{\pi \cdot \dots}{1000}$$

$$V_{\Phi}^{(3.1)} = \frac{\pi \cdot D^{(3.1)} \cdot n_{\Phi}^{(3.1)}}{1000} = \frac{\pi \cdot 24 \cdot 2500}{1000} = 188 \text{ м/хв}$$

$$Vg^{(2)} = Vg^{(2)} = 280 \text{ М/ХВ};$$

$$Vg^{(4)} = Vg^{(4)} = 280 \text{ М/ХВ};$$

$$Vg^{(5)} = Vg^{(5)} = 280 \text{ М/ХВ};$$

$$V_{\Phi}^{(4)} = \frac{\pi \cdot D^{(4)} \cdot n_{\Phi}^{(4)}}{1000} = \frac{\pi \cdot (24 + 2 \cdot 1) \cdot 2500}{1000} = 204,1 \text{ м/хв}$$

$$V_{\Phi}^{(5)} = \frac{\pi \cdot D^{(5)} \cdot n_{\Phi}^{(5)}}{1000} = \frac{n \cdot 24 \cdot 2500}{1000} = 188,4 \text{ м/хв};$$

$$V_{\Phi}^{(6)} = \frac{\pi \cdot D^{(6)} \cdot n_{\Phi}^{(6)}}{1000} = \frac{l \cdot 20 \cdot 2500}{1000} = 157 \text{ м/хв};$$

$$= 136 \text{ м/хв};$$

$$V_{g>} = V_{<}^{(8)} = 250 \text{ м/хв};$$

#### 4.7. Визначення потужностей різання

Значення потужності різання визначається тільки для переходу 1, що є найбільш енергомістким (див. відповідний розділ додатку Д.2.):

$$= 7,57 \text{ кВт.}$$

Це значення потужності є допустимим для верстату мод. 16К20ФЗРМ132, у якого  $N_B = 11 \text{ кВт.}$

Отримані в даному розділі дані представлені в табл. Д.3.1.

Технологічні дані для >ки УП

Таблиця Д.3.1

Позначення шарів припусків в порядку їх знімання	№ переходу та його зміст	Цикли та робочі ходи	Функція L, G	Глибина різання t, мм	Позиція різального інструменту	Подача		Швидкість обертова		
						розрахункова, мм/об	код в УП	розрахункова, хв <sup>1</sup>	и 1 O <sub>u</sub> к	код в УП
1. Обточити начорно, залишивши и припуск 1 мм на сторону	Цикл 1 - з 070 на 062 - з 062 на 054 - з 054 на 046 - з 046 на 038 - з 038 на 030 - з 030 на 026	L08	4	4	ТІ ТІ	0,25	F0.25	1825	1825	ю 00 'ЧМ со СС
						0,25	F0.25	1825	1825	
						0,25	F0.25	1825	1825	
						0,25	F0.25	1825	1825	
						0,25	F0.25	1704	1704	
						0,25	F0.25	1704	1704	
ф	2. Підрізати торець начорно в розмір L = 113 мм	Цикл 2	L05	2	ТІ	0,25	F0.25	2425	2425	S3 2425



Продовження табл. Д.3.1

Позначення шарів припусків в порядку їх знімання	№ переходу та його зміст	Цикли та робочі ходи	Функція L, G	Глибина різання t, мм	Позиція різального інструменту	Подача		Швидкість обертова			
						розрахункова, мм/об	код в УП	розрахункова, хв <sup>1</sup>	прийнята, хв <sup>1</sup>	код в УП	
⑤	3. Обточити поверхні начисто: - 024 - конус 040/30-040 - скруглення R6, R3 - торець 070 в розмір <sup>30</sup> -O.1	Цикл 3	L10, G10	1	T2	0,21	F0.21		3715 2547 2229 1938 1462	2500 2500 2229 1938 1462	О сь СП сс



Позначення шарів припусків в порядку їх знімання	№ переходу та його зміст	Цикли та робочі ходи	Функція L, G	Глибина різання t, мм	Позиція різального інструменту	Подача		Швидкість обертота		
						розрахункова, мм/об	код в УП	розрахункова, хв <sup>-1</sup>	« X Є И S л й	код в УП
	4. Підрізати торець начисто в розмір L = 112 мм			1	T2	0,21	<b>F0,21</b>	3430	2500	<b>S3 2500</b>
	5. Обточити фаску 2x45°			2	T2	0,21	<b>F0,21</b>	2627	500	<b>S3 2500</b>
©	6. Проточити канавку B = 3 мм до Ø20 мм в розмір 80 мм	Цикл 4	<b>L02</b>	2	T3	0,11	<b>F0,11</b>	3376	2500	<b>S3 2500</b>

Закінчення табл. Д.3.1

Позначення шарів припусків в порядку їх знімання	№ переходу та його зміст	Цикли та робочі ходи	Функція L, G	Глибина різання t, мм	Позиція різального інструменту	Подача		Швидкість обертота		
						розрахункова, мм/об	код в УП	розрахункова, хв <sup>-1</sup>	прийнята, хв <sup>-1</sup>	код в УП
	7. Нарізати різьбу М24х 1,5416 на довжину 29 мм	Цикл 5	<b>L01</b>	0,812	T4	1,5	<b>Fi,5</b>	1936	1936	<b>S3 1936</b>
	8. Відрізати деталь, витримуючи розмір 112 мм			36	T5	0,12'	<b>F0,12</b>	2275	2275	<b>S3 2275</b>

4.8. Визначення координат опорних точок траєкторії переміщення інструментів за осями X та Z (табл. Д.3.2).

Таблиця Д.3.2

Координати опорних точок переміщень різальних інструментів

Інструмент	Опорні точки			Ілюстрація за рис.	Інструмент	Опорні точки			Ілюстрація за рис.		
	№ з/п	координати, мм				№ з/п	координати, мм				
		X	Z				X	Z			
Т1	0	100	125	Д.3.2.	Т2	8	70	30	Д.3.3.		
	п.т.	70	116			9	74	30			
	1	26	116			10	25	112			
	2	26	81			11	0	112			
	3	30	81			12	20	112			
	4	42	50			13	24	110			
	5	42	39,5			Т3	0	100		125	Д.2.4.
	6	53	31				1	32		80	
	7	70	31				2	20		80	
	8	28	113				3	30		80	
	9	0	113		Т4		0	100	125	Д.2.5. б.	
10	0	114	П.Т.	24		119					
11	28	114	1	23,4		119					
Т2	0	100	125	Д.3.3.	Т5	0	100	125	Д.3.4.		
	1	24	116			1	74	-5			
	2	24	80			2	-1	-5			
	3	30	80								
	4	40	50								
	5	40	39								
	6	46	36								
7	60	30									

4.9. Побудова траєкторії переміщення різальних інструментів (рис. Д.3.2., Д.3.3., Д.2.4., Д.2.5., Д.3.4.).

4.10. Складання тексту УП

<b>N001 S3 1825 F0.25 T1 M08*</b>	Третій діапазон частоти обертання шпинделя $n = 1825 \text{ хв}^{-1}$ , $S_0 = 0,25$ у мм/об, інструмент Т1 - чорновий упорний прохідний, включення ЗОР Швидке підведення різця Т1 до початкової точки із вказаними координатами X та Z для циклу <b>L08</b>
<b>N002 X70 Z116 E*</b>	Задання циклу багатопрохідної обробки циліндричних заготовок з автоматичним розподілом припуску на проходи;
<b>N003 L08 A2 P4*</b>	<b>A2</b> - припуск під чистову обробку 2 мм на діаметр; <b>P4</b> - максимальна глибина різання 4 мм (на радіус) за один прохід Формування опорних точок чорнового профілю 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (рис. Д.3.2.) Опис контуру деталі (рис. Д.3.3.): $024_1 \sim$ Ь координати т.2
<b>N004 X24*</b>	030 ~ т.3
<b>N005 Z80*</b>	
<b>N006 X30«</b>	
<b>N007 X40 ZSO*</b>	040, ZSO ~ точіння конуса (т.3 ~ т.4),
<b>N008 W-11 Q3*</b>	. робоче переміщення різця в на- і напрямку зменшення координати на відстань 11 мм - галтель R3 (т.5 - т.6)
<b>N009 Z30 Q6*</b>	кінцева величина координати Z при формуванні сферичної поверхні R6 (т.7)
<b>N010X70 M17*</b>	кінцевий діаметр чистового профілю 070 (т.8) із ознакою ' M17 закінчення опису контуру

<b>N011 S3 2425*</b>		1 Зміна швидкості обертання Г шпинделя $n = 2425 \text{ хв}^{-1}$
<b>N012 X28 Z113 E*</b>		1 Прискорене переміщення інст- І румента <b>ТІ</b> в П.Т. перед чорно-   вою підрізкою торця J (рис. Д.3.2.)
<b>N013 L05 X0*</b>		і Цикл однопрохідного торцевого точіння по координаті X з авто- матичним відскоком на 1 мм та / поверненням на швидкому ході в початкову точку - торцева петля (т.8 ~ т.9 - т.10 - т.11 - т.8 / на рис. Д.3.2.)
<b>N014 S3 1938 F0,21</b>	<b>T2*</b>	1 Зміна швидкості обертання шпинделя $n = 1938 \text{ хв}^{-1}$ (серед- ня за даними табл. Д.3.1), $S = 0,21 \text{ мм/об}$ , інструмент T2 - різець чистовий J прохідний (рис. Д.3.3)
<b>N015 X24 Z116 E*</b>		1 Швидкий підхід до П.Т. (т.1) із f вказаними координатами до ци- J клу <b>L10</b>
<b>N016 G10*</b>		1 Задання постійної швидкості J різання Цикл чистової обробки контуру
<b>N017 L10 B4*</b>		► деталі, що описаний кадрами , <b>N004-N010</b> Відміна функції <b>G10</b>
<b>N018 G11*</b>		Швидке переміщення <b>T2</b> в П.Т. > (т.10) перед чистовим підрізан-
<b>N019 X25 Z112 E*</b>		J ням торцю } Чистова підрізка торця (т.10 - J т.11)
<b>N020 X0*</b>		Фаска $2,0 \times 45^\circ$
<b>N021 X24 C2*</b>		

<b>N022 S3 2500 F0,II T3*</b>	Заміна швидкості обертання шпинделя, третій діапазон, $n = 2500 \text{ хв}^{-1}$ ,
	$S = 0,11 \text{ мм/об}$ ,
	<b>T3</b> - різець канавочний, / <b>B</b> = 3 мм (рис. Д.2.4) <b>1</b> Координати П.Т. (т.1)
<b>N023 X32 Z80 E*</b>	перед ] циклом прорізання канавки
<b>^N024 L02 D2 X20 A3 P3*</b>	<b>L02</b> \ Цикл прорізання канавки з автоматичним розподілом на ходи, <b>D2</b> - витримка часу 2 с на діаметрі 020 мм, > <b>X20</b> ~ внутрішній діаметр канавки 020 мм,
	<b>A3</b> - ширина канавки 3 мм, <b>P3</b> ~ ширина канавочного різця ' 3 мм
<b>N025 S3 1936 T4*</b>	<b>1</b> Зміна швидкості обертання I шпинделя $n = 1936 \text{ хв}^{-1}$ , j <b>T4</b> " різець різьбовий
	<b>J</b> (рис. Д.2.5)
<b>N026 X24 Z119 E*</b>	<b>1</b> Прискорене переміщення <b>T4</b> в <b>J</b> П.Т. перед нарізанням різьби \ Цикл
<b>N027 L01 F1,5 W-39,5 X22,37 P0,3 CO*</b>	нарізання різьби з початкової точки (кадр N26) в напрямку зменшення координати на величину 39,5 мм ( <b>W—39,5</b> ) <b>X22,37</b> - внутрішній діаметр у різьби, мм,
	' <b>P0,3</b> " максимальна глибина різання 0,3 мм за один прохід (розмір по радіусу),
	<b>CO</b> ~ збіг різьби, що дорівнює кроку різьби (1,5 мм) Зміна швидкості
<b>N028 S3 2275 F0,12 T5*</b>	обертання шпинделя $n = 2275 \text{ хв}^{-1}$ , $S = 0,12 \text{ мм/об}$ , <b>T5</b> ~ різець відрізний (рис. Д.3.4)

**N029 X74 Z-5 E\*** (Прискорене переміщення інструмента T5 в  
 початкову точку із вказаними координатами  
 перед відрізанням деталі (т.1) Відрізання деталі  
**N030 X-I\*** (т.1 - т.2) Прискорене виведення різця на  
**N031 X74 E\*** > координату X = 74 мм (т.2 -  
 . т.1)  
 Вимкнення ЗОР  
**N032 M09\*** **N033 M02\*** Закінчення  
 програми  
 Примітка. Точіння канавки (кадр **N024**) без витримки часу може бути  
 представлено наступними кадрами: **N024 X20\***  
 Проточування канавки до 020 мм **N025 X32E\***  
 Виведення різця з канавки

**Додаток Д.4. Приклад визначення тривалості циклу  
роботи РТК на базі ПР  
мод. ПМР 0,5-200 КВ і ПМР 0,5-254 КПВ**

Необхідно розрахувати тривалість циклу роботи РТК (див. рис. 4.1) за наступним варіантом індивідуального завдання:

ПМР 0,5-200 КВ (цикл):-1-0-3-3'-закр-3-0-1-1'-відкр-1-В01

ПМР 0,5-254 КПВ: 4-5-6-6'-закр-6-5-4-3-3'-відкр-3-4-(цикл)- 5-8-8'-закр-8-5-4-3-3'-відкр-3-4-(цикл)- 5-6-6'-закр-6-5-4-3-3'-відкр-3-4-(цикл)

т.3: Д—>7

т.6: Д—>М—>1

т.8: Д->М->2

Аналіз вказаних вихідних даних показує, що фактично зміст цього завдання зводиться до перенесення схватом робота мод. ПМР 0,5-254 КПВ деталей з т.6, т.8 та т.6 в т.3. Кожна деталь схватом робота мод. ПМР 0,5-200 КВ переноситься по одній з т.3 в т.1, тобто функції передачі управління від одного робота до іншого виконуються тричі.

1. Складання програми роботи ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ

У відповідності з завданням даний ПР спочатку очікує сигнал від ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ на включення і тільки після цього виконує свої дії. Управляюча програма представлена в табл. Д.4.1.

Таблиця Д.4.1

Текст УП роботи ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ

№ кадру	Опорні точки за завданням	Код команди		Інформаційна частина
		верхнє поле	нижнє поле	
0	1	<b>9</b>	<b>5</b>	Технологічна команда-очікування сигналу про початок роботи від ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ Схват знаходиться в т.1
1	1-0	<b>1</b>	<b>0</b>	Поворот руки робота вправо
2	0-3	<b>4</b>	<b>0</b>	ПД вперед
3	3-3'	<b>0</b>	<b>1</b>	Кисть вниз
4	3'	<b>5</b>	<b>0</b>	ПЗВ закрити

Закінчення табл. Д-4.1

№ кадру	Опорні точки за зав- данням	Код команди		Інформаційна частина
		верхнє поле	НИЖН Є поле	
5	3'-3	0	2	Кисть ввєрх
6	3-0	3	0	ПД назад
7	0-1	2	0	Поворот руки робота вліво
8	1-Г	0	1	Кисть вниз
9	г	6	0	ПЗВ відкрити
10	1'-1	0	2	Кисть ввєрх
И	1	9	4	Технологічна команда-видача сигналу на вмикання ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ
12	1	0	0	Кінець програми

## 2. Складання УП робота ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ

Нижче наведено повний текст УП, що складена у відповідності до умови вирішуваної задачі.

Таблиця Д.4.2

## Текст УП роботи ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ

№ кадру	Опорні точки траєк- торії	Команда		
		код	примітк	інформаційна частина
0	4-5			Поворот на кут <рj руки робота за годинниковою стрілкою
1	r	Д-*	> ПП-О	Переміщення штока ПД (пнев- моциліндр двограничний) вперед
2	5-6 < k	М-М		Переміщення штока ПБ (пнев- моциліндр багатограничний) вперед в позицію 1 (т.6 положення схвату)



табл. Д.4.2

№ кадрів	Опорні точки траєкторії	Команда		
		код	примітка	інформаційна частина
3				
4	6-6'	<b>КІ</b>		Кисть вниз
5	6'	<b>закр</b>		ПЗВ (пристрій захватний вакуумний) закрити
6	6~6			Кисть вверху
7				ПД назад
8	6-5	<b>д&lt;-</b>		ПБ назад в позицію 0
9	5-4	<b>М*~0</b>		Поворот руки на кут проти годинникової стрілки
10		<b>пь</b>		Переміщення штока ПД вперед
11	4-3	<b>М-*7</b>		Переміщення штока ПБ вперед в позицію 7 (т.3 положення схвату)
12		<b>КІ</b>	> ПП-1	Кисть вниз
13		<b>откр</b>		ПЗВ відкрити (відпустити деталь)
14	3'-3	<b>К4</b>		Кисть вверху
15		<b>д*</b>		ПД назад
16	3-4	<b>м*~0</b>		ПБ назад в позицію 0 (т.4 положення схвату)
17		<b>СО-2</b>		Спільна обробка двох кадрів
18		<b>ВО1-2</b>		Видача сигналу на початок роботи
19		<b>ВВ-3</b>		ПР мод. ПМР 0,5-200 К
20		<b>ВО1-3</b>		Витримка часу 0,3 с
21	4-5	<b>П&gt;</b>		Очікування сигналу від ПМР 0,5-200 КВ про закінчення його роботи (працює за УП згідно табл. Д.4.1)
22			▶ ПП-	Поворот на кут <р* руки робота за годинниковою стрілкою
	5-8	<b>Д-*</b>		ПД вперед
		<b>М-*2</b>		Переміщення штока ПБ вперед в позицію 2 (т.8 положення схвату)

Продовження табл. Д.4.2

№ кадру	Опорні точки траєкторії	Команда		
		код	примітк	інформаційна частина
23	8-8'	<b>Кі</b>		Кисть вниз
24	8'			<b>закр</b>
25	8'-8	<b>Д*-</b> <b>М*-0</b>		Кисть вверх
26	8-5 ■ f			ПД назад
27	8-5 ■ f	<b>М*-0</b>		ПБ назад в позицію 0
28	5-4			Поворот руки на кут <рj проти годинникової стрілки
29		<b>М-&gt;7</b>		ПД вперед
30	4-3 '			ПБ вперед в позицію 7 (т.3 положення схвату)
31	3-3'	<b>Кі</b>	▶ ПП-1	Кисть вниз
32	3'			<b>откр</b>
33	3'-3	<b>К </b>		Кисть вверх
34				<b>Д^</b>
35	3-4 <	<b>М«-0</b>		ПБ назад в позицію 0 (т.4 положення схвату)
36				<b>СО-2</b>
37		<b>ВО1-2</b>		Видача сигналу на початок роботи ПР мод. ПМР 0,5-200 К
38		<b>ВВ-3</b>		Витримка часу 0,3 с
39		<b>ВО1-3</b>		Очікування сигналу від ПМР 0,5-200 КВ про закінчення його роботи (працює за УП згідно табл. Д.4.1)
40	4-5	<b>Д-*</b>	> ПП-0	Поворот на кут руки робота за годинниковою стрілкою
41				ПД вперед
42	5-6 <	<b>М- *1</b>		Переміщення штока ПБ вперед в позицію 1 (т.б положення схвату)

Закінчення табл. Д.4.2

№ кадру	Опорні точки траєкторії	Команда		
		код	примітк	інформаційна частина
43	6-6'	<b>КІ</b>	▶ ПП-1	Кисть вниз
44	6'	<b>закр</b>		ПЗВ закрити
45	6'-6	<b>К4</b>		Кисть вверх
46	6-5 *	<b>Д-*</b>		ПД назад
47		<b>М*-0</b>		ПБ назад в позицію 0 (т.5 положення схвату)
48	5-4	<b>П&gt;</b>		Поворот руки на кут фі проти годинникової стрілки
49	4-3 <	<b>Д-*</b>		Переміщення штока ПД вперед
50		<b>М-*7</b>		Переміщення штока ПБ вперед в позицію 7 (т.3 положення схвату)
51	3-3'	<b>КІ</b>		Кисть вниз
52	3'	<b>откр</b>		ПЗВ відкрити (відпустити деталь)
53	3'-3	<b>К1</b>		Кисть вверх
54		<b>д*-</b>		ПД назад
55	3-4 <	<b>СО—2</b>		ПБ назад в позицію 0 (т.4 положення схвату)
56	3-4 <			<b>ВО1-2</b>
57		<b>ВО1-2</b>		Видача сигналу на початок роботи ПР мод. ПМР 0,5-200 К
58	3-4 <	<b>ВВ-3</b>		Витримка часу 0,3 с
59		<b>ВО1-3</b>		Очікування сигналу від ПМР 0,5-200 КВ про закінчення його роботи (працює за УП згідно табл. Д.4.1)

Аналіз змісту повного тексту УП показує, що в даній програмі тричі повторюються наступні її частини:

- 1 - кадри 0—1; 20-21; 40-41;  
2-кадри 3-19; 23-39; 43-59.

Зміст першої повторюваної частини утворює підпрограму 0 (ПП-0), а другої - підпрограму 1 (ПП-1). Вказані позначення представлені в табл. Д.4.2 в графі “примітка”.

Текст УП для ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ з використанням підпрограм представлено в табл. Д.4.3. При цьому текст кожної повторюваної частини (підпрограми) записується в чарунки пам'яті, починаючи з 128 адреси. Основна програма записується з нової адреси.

Таблиця Д.4.3

Текст УП з використанням підпрограм роботи ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ

Кінцев опорна точка тректорії	Команда:		
	№ адреси кадру	мнемонічне позначення	інформаційна частина
6	0	<b>опп-0</b>	Звернення до підпрограми 0 ПБ вперед (висування штока багатограничного циліндра) в позицію 1
	1	<b>М—1</b>	
8	2	<b>ОПП-1</b>	Звернення до підпрограми 1 Звернення до підпрограми 0 ПБ вперед (висування штока багатограничного циліндра) в позицію 2
	3	<b>опп-0</b>	
	4	<b>М-*2</b>	
	5	<b>ОПП-1</b>	
6	6	<b>опп-0</b>	Звернення до підпрограми 0 ПБ вперед (висування штока багатограничного циліндра) в позицію 1
	7	<b>М-*1</b>	
5	8	<b>ОПП-1</b>	Звернення до підпрограми 1 Кінець основної програми Поворот за годинниковою стрілкою ПД вперед Кінець підпрограми ПП-0 Кисть вниз ПЗВ закрити
	9	<b>кп</b>	
	128	<b>п&gt;</b>	
	129	<b>Д-*</b>	
	130	<b>КПП</b>	
	131	<b>кі</b>	
132	<b>закр</b>		

— час  $t_{i_{лб254}}^{лб254}$  лінійного переміщення штока  
 $t_{i_{лб254}}^{лб254} = S_{ij(W54)}^{лб254}$  - величина  $i_{лб254}$  -ГО лінійного переміщення штока ПД;  
 згідно даних п.4.1.2. та за змістом УП (табл. Д.4.2):  
 $S_i = 16$  мм (кадри 2, 7, 42, 47);  $i_{лб254}$   
 $S_2 = 112$  мм (кадри 10, 15, 30, 35, 50, 55);  $i_{лб254}$

$S_{3jM54} = 32$  мм (кадри 22, 27);

- ШВИДКІСТЬ  $i_{лб254}$  -го лінійного переміщення штока  
 ПБ; за паспортними даними (табл. 4.1)  $V_{лб254} = 200$  мм/с;

$i_{лб254} \sim$  кількість лінійних переміщень штока ПД;  
 визначається згідно тексту УП, в даному випадку  
 $i_{лб254} = 12$ ;

f. - .....- час  $t_{i_{лж254}}$  лінійного (вертикального) пере-  
 міщення схвату (кисті) робота;

$i_{лж254} \sim$  величина лінійного переміщення кисті робота;  
 за паспортними даними  $S_j = 35$  мм;

$V_{i_{лж254}} \sim$  швидкість  $i_{лж254}$  лінійного переміщення кисті

$$\sum_{i_{лж254}=1}^{i_{лж254}} t_{i_{лж254}} = \frac{16 \cdot 1}{200} (\text{кадр } 2) + \frac{16 \cdot 1}{200} (\text{кадр } 7) +$$

$$+ \frac{16 \cdot 7}{200} (\text{кадр } 10) + \frac{16 \cdot 7}{200} (\text{кадр } 15) +$$

$$+ \frac{16 \cdot 2}{200} (\text{кадр } 22) + \frac{16 \cdot 2}{200} (\text{кадр } 27) +$$

$$+ \frac{16 \cdot 7}{200} (\text{кадр } 30) + \frac{16 \cdot 7}{200} (\text{кадр } 35) +$$

$$+ \frac{16 \cdot 1}{200} (\text{кадр } 42) + \frac{16 \cdot 1}{200} (\text{кадр } 47) +$$

$$+ \frac{16 \cdot 7}{200} (\text{кадр } 50) + \frac{16 \cdot 7}{200} (\text{кадр } 55) =$$

$$= 4 \text{ с.}$$

робота; за паспортними даними (табл. 4.1)  $V_{i_{лж254}} = 200$  мм/с;

$i_{лж254} \sim$  кількість лінійних переміщень кисті робота;  
 береться згідно тексту УП, в даному випадку  
 $i_{лж254} = 12$  (кадри 3, 5, 11, 13, 23, 25, 31, 33,

43, 45, 51, 53 в табл. Д.4.2);

$$\sum_{i_{0254}=1}^{n_{0254}=12} t_{i_{0254}} = 12 \cdot \frac{35}{200} = 2,1 \text{ с.}$$

Тривалість відпрацювання кадрів УП обертовими модулями (степенями рухомості) ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ визначається , як сума:

$$t_{i_{0254}} = \sum_{i_{0254}=1}^{n_{0254}} t_{i_{0254}} ,$$

де  $t_{i_{0254}}$  — тривалість відпрацювання елементарного  $\phi_{i_{0254}}$  обертового руху руки;

$\phi_{i_{0254}}$  — кут повороту руки; визначається за плануванням та взаємним розміщенням структурних елементів РТК; нехай для нашого прикладу  $\phi_{i_{0254}} = 60^\circ$ ;

$\omega_{i_{0254}}$  — кутова швидкість  $i_{0254}$  повороту руки; визначається за паспортними даними ПР; в нашому випадку  $\omega_{i_{0254}} = 90$  град/с (табл. 4.1);

$n_{0254}$  ~ кількість кругових поворотів руки робота навколо вертикальної осі; в нашому випадку  $n_{0254} = 6$  (кадри 0, 8, 20, 28, 40, 48);

Закінчення табл. Д.4.2

Кінцев оппна	Команда:		
	№ адреси кадру	мнемонічне позначення	інформаційна частина
е / 5 1 4	133	<b>К4</b>	Кисть ввєрх
	134	<b>Л*-</b>	ПД назад
	135	<b>М*-О</b>	ПБ назад в позицію 0
	136		Поворот проти годинникової стрілки
3 1 3'	137	<b>Д-*</b>	ПД вперед
	138	<b>М-*7</b>	ПБ вперед в позицію 7
3' 3	139	<b>КІ</b>	Кисть вниз
	140	<b>откр</b>	ПЗВ відкрити
4 Т 4 1	141	<b>К </b>	Кисть ввєрх
	142	<b>Л&lt;-</b>	ПД назад
	143	<b>М&lt;-0</b>	ПМ назад в позицію 0
	144	<b>СО-2</b>	Спільне відпрацювання двох команд
	145	<b>ВО1-2</b>	Видача сигналу на вмикання ПР мод. ПМР 0,5-200 ВК
	146	<b>ВВ-3</b>	Витримка часу 0,3 с
	147	<b>ВО1-3</b>	Очікування сигналу від ПМР 0,5-200 КВ про закінчення його роботи
	148	<b>КПП</b>	Кінець роботи підпрограми 1 (ПП-1)
	224	<b>0</b>	Запис початкової адреси основної програми
	228	<b>128</b>	Запис початкової адреси підпрограми 0 (пп-0)
	229	<b>131</b>	Запис початкової адреси підпрограми 1 (ПП-1)

## 3. Визначення тривалості циклу роботи РТК

Тривалість циклу визначається за формулою (4.1):

$$T_{\text{цр}} = T_{\text{ц254}} + T_{\text{ц00}}$$

Тривалість циклу роботи ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ визначається за формулою (4.2):

$$T_{П254} = \sum_{i_{л254}=1}^{n_{л254}} t_{i_{л254}} + \sum_{i_{о254}=1}^{n_{о254}} t_{i_{о254}} + \sum_{i_{к254}=1}^{n_{к254}} t_{i_{к254}} + \sum_{i_{л254}=1}^{n_{л254}} t_{i_{л254}} + \sum_{i_{ВВ254}=1}^{n_{ВВ254}} t_{i_{ВВ254}}$$

Тривалість відпрацювання УП лінійними модулями (степенями рухомості) даної моделі ПР вираховується за формулою:

$$\begin{aligned} \sum_{i_{л254}=1}^{n_{л254}} t_{i_{л254}} &= \sum_{i_{лн254}=1}^{n_{лн254}} t_{i_{лн254}} + \sum_{i_{лв254}=1}^{n_{лв254}} t_{i_{лв254}} + \sum_{i_{лм254}=1}^{n_{лм254}} t_{i_{лм254}} \\ &= \sum_{i_{лн254}=1}^{n_{лн254}} \frac{S_{i_{лн254}}}{V_{i_{лн254}}} + \sum_{i_{лв254}=1}^{n_{лв254}} \frac{S_{i_{лв254}}}{V_{i_{лв254}}} + \sum_{i_{лм254}=1}^{n_{лм254}} \frac{S_{i_{лм254}}}{V_{i_{лм254}}}; \end{aligned}$$

де  $t_{i_{лн254}} = \frac{S_{i_{лн254}}}{V_{i_{лн254}}}$  – час  $i_{лн254}$ -го лінійного переміщення штока двограничного пневмоциліндра (ПД) даної моделі ПР;

$i_{лн254} \sim$  величина  $i_{дд254}$  лінійного горизонтального переміщення штока ПД даної моделі ПР; за паспортними даними (п.4.1.2.)  $S_{ieK4} = 126$  мм;

$v_{лн254} \sim$  швидкість  $i_{лн254}$ -го лінійного горизонтального переміщення штока двограничного пневмоциліндра; за паспортними даними (табл. 4.1)  $V_{ije2M} = 200$  мм/с;

$O_{дц254} \sim$  кількість лінійних переміщень (спрацювань) штока ПД, береться згідно тексту УП; в даному випадку  $11^{54} = 12$  (кадри 1, 6, 9, 14, 21, 26, 29, 34, 41, 46, 49, 54 в табл. Д.4.2);

$$\sum_{i_{лн254}=1}^{n_{лн254}=12} t_{i_{лн254}} = 12 \cdot \frac{126}{200} = 7,56$$



Де  $t_{j_{np200}} = \frac{S_{j_{np200}}}{V_{j_{np200}}}$  - час  $i_{np200}$ "го лінійного горизонтального переміщення руки ПР мод. ПМР 0,5"200 КВ;  
 ®]лР 200 " величина  $i_{np200}$  "го лінійного горизонтального переміщення руки даного ПР; за паспортними даними (табл. 4.4) = 200 мм;

Хілргоо" швидкість  $i_{np200}$  "го лінійного переміщення руки ПР;  $V_{j_{np200}} = 200$  мм/с (табл. 4.4);

$t_{np200} \sim$  кількість лінійних горизонтальних переміщень руки; визначається змістом УП (табл. Д.4.1); в даному випадку  $t_{np200} \sim 2 \cdot 3 = 6$  (кадри 2 та 6 з

$$\sum_{j_{np200}=1}^{m_{np200}} t_{j_{np200}} = \left( \frac{200}{200}(\text{кадр 2}) + \frac{200}{200}(\text{кадр 6}) \right) \text{ с}$$

триразовим їх виконанням);

$t_{j_{лк200}}$  = - час  $i_{лк200}$  "го лінійного вертикального переміщення кисті ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ;  
 ®іж200 - величина  $i_{лк200}$ "го лінійного вертикального переміщення кисті даного ПР; за нормативними даними (табл. 4.4)  $S_j^{\wedge} = 35$  мм;

Хіж200 " швидкість  $i_{лк200}$  "го лінійного вертикального переміщення кисті ПР;  $V_j^{\wedge} = 200$  мм/с (табл. 4.4);

шлк200 " кількість лінійних вертикальних переміщень кисті; визначається змістом УП (табл. Д.4.1); в даному випадку  $t_{лк200} = 4-3 = 12$  (кадри 3, 5, 8, 10 з триразовим їх виконанням);

$$\sum_{j_{лк200}=1}^{m_{лк200}} t_{j_{лк200}} = 12 \cdot \frac{35}{200} = 2,1$$

Тривалість відпрацювання кадрів УП обертовими модулями (степенями рухомості) ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ визначається як сума:

$$\sum_{j_{o200}=1}^{n_{o200}} t_{j_{o200}}$$

- де  $\Phi_i$  - тривалість відпрацювання елементарного  ${}^{10}I_{B100} J_{o200} \sim \text{го}$  обертового руху руки;
- $\vartheta_{j_{e200}} \sim$  кут  $j_{o200}$  "го повороту руки; визначається безпосередніми замірами за плануванням та взаємним розміщенням структурних елементів РТК; нехай для нашого прикладу  $\sim 60^\circ$ ;
- ${}^Q J_{o200} \sim$  кутова швидкість  $j_{o200}$ -го повороту руки; визначається за паспортними даними ТР; в нашому випадку = 90 град/с (табл. 4.4);
- $T_{o200} \sim$  кількість кругових поворотів руки робота навколо вертикальної осі; в нашому випадку  $T_{o200} = 2 \cdot 3 = 6$  (кадри 1, 7 в табл. Д.4.1, триразове їх виконання);
- Час на закриття та розкриття схвата (затиск та відпускання деталі)

$$\sum_{j_{o200}=1}^{n_{o200}} t_{j_{o200}} = 6 \cdot \frac{60}{90}$$

визначається виразом:

$$\frac{t_{cra}^{10}}{t_{cx200=1}} \cdot 2^{10} \cdot 1 \cdot x_{200}^1$$

де  $t_{Lrtoe}$  " час  $J_{cx200}$  "го спрацювання схвату ПР; за паспортними даними = 0,3 с.;

$m_{cxgoy} \sim$  кількість спрацювань схвату ПР; згідно змісту УП  $T_{cx200} = 2 \cdot 3 = 6$  (кадри 4, 9, з врахуванням триразового їх виконання);

Час на закриття та розкриття схвата (затиск та відпускання деталі) визначається виразом:

і<sub>ж254</sub>

$$\sum_{i=1}^{n_{cx254}} t_{i,cx254} ,$$

де  $t_{i,cx254}$  “ час і<sub>cx254</sub> -го спрацювання схвату ПР; за паспортними даними  $t_{iet254} = 0,3$  с;

"**cx254**“ “кількість спрацювань схвату ПР; згідно тексту УП "**cx254**" = 6 (кадри 4, 12, 24, 32, 44, 52);

$n_{cx254} = 6$

$i_{cx254} = 1$

Тривалість затримок виконання кадрів УП робота мод. ПМР 0,5-254 КПВ визначається як сума

$$\sum_{i=1}^{n_{z254}} t_{i,z254} ,$$

$n_{z254} = 1$

де - час затримки виконання кожної елементарної команди УП, яка призводить до відпрацювання любого із виконавчих механізмів ПР; за паспортними даними

"**z254**" “кількість кадрів УП, виконання яких затримується “інерційністю” системи управління; в нашому випадку згідно тексту УП (табл. Д-4.2)  $n_{z254} = 48$  (всі кадри крім 16, 17, 18, 19, 36, 37, 38, 39, 56, 57, 58, 59);

$n_{z254} = 48$

-  $48 \cdot 0,2 = 9,6$  с.

$i_{z254} = 1$

Сумарна тривалість простою ПР, що зумовлена часом звертання до підпрограм, розраховується за виразом:

$$\Lambda_{\text{ВВ254}}^{\text{ГВВ254}} \text{ час}$$

де  $\Lambda_{\text{ВВ254}}^{\text{ГВВ254}} \sim \text{час}$  звертання до підпрограм  $t_{i\text{Вм}54} = 0,3$  с (кадри 18, 38, 58 в табл. Д.4.2);

$\Pi_{\text{ВВ254}} \sim \text{кількість кадрів звертання до підпрограм, } \Pi_{\text{ВВ254}} = 3;$

$$\sum_{i_{\text{ВВ254}}=1}^{\Pi_{\text{ВВ254}}=3} t_{i_{\text{ВВ254}}} = 3 \cdot 0,3 = 0,9$$

Розрахунковий час циклу роботи ПР мод. ПМР 0,5~ 254 КВВ дорівнює:

$$T_{\text{Ц200}} = \sum_{j_{\text{Л}200}=1}^{m_{\text{Л}200}} t_{j_{\text{Л}200}} + \sum_{j_{\text{Л}200}=1}^{T_4} t_{j_{\text{Л}200}} + \sum_{i_{\text{СХ}200}=1}^{m_{\text{СХ}200}} t_{i_{\text{СХ}200}} + \sum_{i_{\text{Л}200}=1}^{m_{\text{Л}200}} t_{i_{\text{Л}200}}$$

$$T_{\text{Ц254}} = 7,56 + 4 + 2,1 + 4 + 1,8 + 9,6 + 0,9 = 29,96 \text{ с.}$$

Тривалість циклу роботи ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ визначається за формулою (4.3):

Тривалість відпрацювання кадрів УП лінійними модулями (степенями рухомості) даної моделі ПР вираховується за формулою:

$$\sum_{j_{\text{Л}200}=1}^{m_{\text{Л}200}} t_{j_{\text{Л}200}} = \sum_{j_{\text{ЛП}200}=1}^{m_{\text{ЛП}200}} t_{j_{\text{ЛП}200}} + \sum_{j_{\text{ЛК}200}=1}^{m_{\text{ЛК}200}} t_{j_{\text{ЛК}200}}$$

$$\sum_{j_{\text{ЛП}200}=1}^{m_{\text{ЛП}200}} \frac{S_{j_{\text{ЛП}200}}}{V_{j_{\text{ЛП}200}}} + \sum_{j_{\text{ЛК}200}=1}^{m_{\text{ЛК}200}} \frac{S_{j_{\text{ЛК}200}}}{V_{j_{\text{ЛК}200}}}$$

icx200

$$\sum_{j \in J_{200}}^{m_{200}} t_{j,200}$$

Тривалість затримок виконання кадрів УП робота ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ визначається як сума

Is200

$$\sum_{j \in J_{200}}^{m_{200}} t_{j,200}$$

де - час затримки виконання кожної елементарної команди УП, яка призводить до спрацювання любого із виконавчих механізмів ПР; за паспортними даними ЧЖ<sup>= 0,2 с</sup>,

$T_{3200}$  - кількість кадрів УП, виконання яких затримується "інерційністю" системи управління; в нашому випадку згідно табл. Д.4.1 (текст УП) та триразового їх виконання  $\Pi_{3200} = 11 \cdot 3 = 33$ ;

пч200

$$= 33 \cdot 0,2 = 6,6^{\wedge}$$

xi200 =1

Розрахунковий час циклу роботи ПР мод. ПМР 0,5-200 КВ:

$$T_{ц200} = 6 + 2,1 + 4 + 1,8 + 6,6 = 20,5 \text{ с.}$$

Таким чином час циклу роботи РТК на базі ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ та ПМР 0,5-200 КВ дорівнює:

$$T_{цр} = T_{ц254} + T_{ц200} = 29,96 + 20,5 = 50,46 \text{ с.}$$

#### Додаток Д.5, Приклад проірамування ПР мод. М10П.62.01 в складі ГВМ на базі верстата мод. 16К20ФЗРМ132

Програма складена для рис. Д.5.1.

Заготовки розташовані в стовпцях по 5 штук на конвеєрі і описані у вигляді одномірної палети в табл. Д.5.1 (точка **Р301**). Готові деталі після обробки на верстаті ставляться в палету розміром 3x4, що задана табл. Д.5.2 (точка **Р302**). Точки **Р301- Р305** фізично являють собою чарунки пам'яті, в які заносяться таблиці, що описують кожну палету в просторі та спосіб роботи з нею. Після обробки одного стовпця конвеєра подається сигнал для пересування конвеєра на один крок, а при заповненні палети видається сигнал повної палети. Після обробки кожних 100 деталей подається сигнал заміни інструменту. На рис. Д.5.2

представлена блок-схема алгоритму роботи УП.

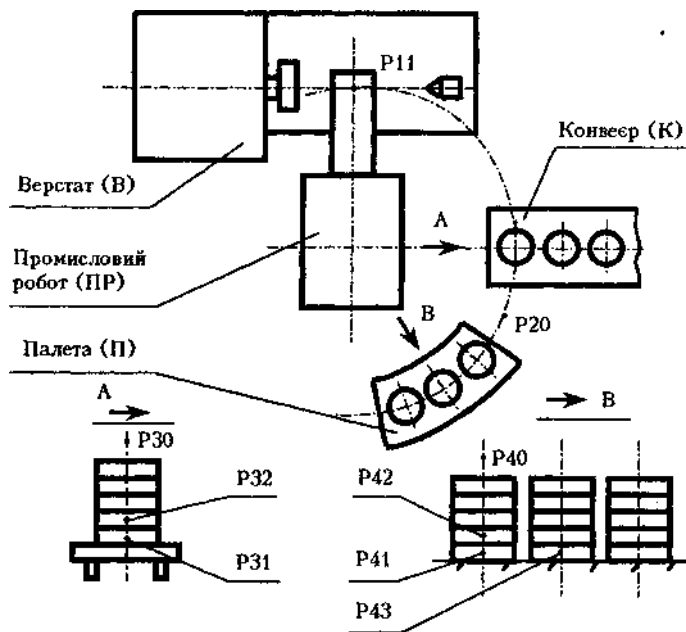


Рис. Д.5.1. План-схема роботи робота для складання УП

Величини в таблицях і номери вхідних і вихідних сигналів наступні:

Таблиця Д.5.1

Таблиця опису параметрів заготовок при дештабелюванні  
(P301)

<b>P1- 30</b>
<b>P2 - 31</b>
<b>P3- 32</b>
<b>P4- 30</b>
<b>п1 - 5</b>
<b>п2 - 1</b>
<b>п3- 1</b>
<b>п4 - 2</b>
<b>U- 15</b>
<b>A1- 0</b>
<b>A2- 0</b>
<b>L- 40</b>
<b>Вхідні сигнали: J1 - щит відкрито</b>
<b>J2 - щит закрито</b>
<b>J3 ~ патрон відкрито</b>
<b>J10 — конвєсєр встановлено в позицію</b>
<b>J12 — палєта встановлена</b>
<b>J13 - закінчено цикл обробки деталей</b>

Таблиця Д.5.2

Таблиця опису параметрів деталей при штабелюванні (P302)

<b>P1 - 40</b>
<b>P2 - 41</b>
<b>P3 - 42</b>
<b>P4 - 43</b>
<b>П1- 5</b>
<b>п2- 3</b>
<b>п3- 1</b>
<b>п4- 1</b>
<b>и- 15</b>
<b>A1- 1</b>
<b>A2- 0</b>
<b>L- 45</b>
<b>Вихідні сигнали: 01 відкриття (закриття) щита</b>
<b>02 відкриття (закриття) патрона</b>
<b>05 рух конвєсєра</b>

Закінчення табл. 5.2

<b>08</b>	сигнал повної палети
<b>09</b>	зміна інструменту
<b>010</b>	старт циклу обробки деталі

**Текст УП**

001	<b>M81 01, 02</b>	Відкриття щита і патрона
002	<b>M80 05</b>	Переміщення палети конвеєра на один крок
003	<b>M67 L88</b>	Відкриття схвату 1
004	<b>MOЇ</b>	Аварія, якщо не відкриється схват
005	<b>M99 L88</b>	Встановлення мітки
006	<b>M84 J1, J2, L0, J12</b>	Очікування встановлення початкових умов роботи
007	<b>M94 B100</b>	Початок циклу обробки 100 деталей
008	<b>G01 U90</b>	Задання транспортної швидкості ♦
009	<b>G00 P20</b>	Позиціонування в т. <b>P20</b>
010	<b>G77 CI</b>	Взяття деталі з конвеєра
011	<b>M99 L70</b>	Повернення після переміщення конвеєра
012	<b>G00 P10</b>	Позиціонування в т. <b>P10</b>
013	<b>G01 U20</b>	Задання швидкості
014	<b>G00 P11</b>	<b>1</b>
015	<b>G00 P12</b>	<b>J</b> * Встановлення деталі в патроні
016	<b>M82 02</b>	Закриття патрона
017	<b>G04 T50</b>	Очікування закриття патрона
018	<b>M67 L89</b>	Відкриття захвату
019	<b>MOЇ</b>	Зупинка з індикацією помилки
020	<b>M99 L89</b>	* Відхід з робочого простору верстата
021	<b>G00 P11</b>	
022	<b>G00 P10</b>	
023	<b>M82 01</b>	Закриття щита
024	<b>M84 J2</b>	Підтвердження закриття щита
025	<b>M80 10</b>	Початок обробки деталі
026	<b>M84 J13</b>	Очікування кінця циклу
027	<b>M81 01</b>	Відкриття щита
028	<b>M84 J1</b>	Очікування відкриття щита
029	<b>G00 PH</b>	* Переміщення схвату до обробленої деталі
030	<b>G00 P12</b>	



031	<b>M67 L44</b>	Взяття обробленої деталі
032	<b>M81 02</b>	Відкриття патрона
033	<b>M84 J3</b>	Підтвердження відкриття патрона
034	<b>GOO Pli</b>	
035	<b>GOO PiO</b>	J Відхід з робочого простору верстата
036	<b>GOi U90</b>	Задання транспортної швидкості
037	<b>GOO P20</b>	Переміщення до палети
038	<b>G67 C2</b>	Укладка деталі на палету
039	<b>M99 L71</b>	Місце повернення в програму після заміни палети
040	<b>GOO P20</b>	Позиціонування схвату в т. <b>P20</b>
041	<b>M96</b>	Кінець циклу обробки 100 деталей
042	<b>M80 09</b>	Заміна інструменту
043	<b>M92 L88</b>	Перехід на початок
044	<b>M99L44</b>	Програма продовжується з цього кадру, якщо не знайдена деталь в патроні
045	<b>GOO Pli</b>	J Відхід з робочого простору верстату
046	<b>GOO PiO</b>	
047	<b>MOI</b>	Зупинка-аварія
048	<b>M99 L40</b>	Закінчено стовпець на конвеєрі
049	<b>M80 05</b>	Рух конвеєра
050	<b>G04 TIO</b>	Затримка часу
051	<b>M84 J10</b>	Очікування встановлення конвеєра в нову позицію
052	<b>M92 L70</b>	Продовження програми
053	<b>M99 L45</b>	Заміна палети
054	<b>M80 08</b>	Сигнал про заповнення палети
055	<b>G04 T10</b>	Затримка часу
056	<b>M92 L71</b>	Повернення після чого заміни палети

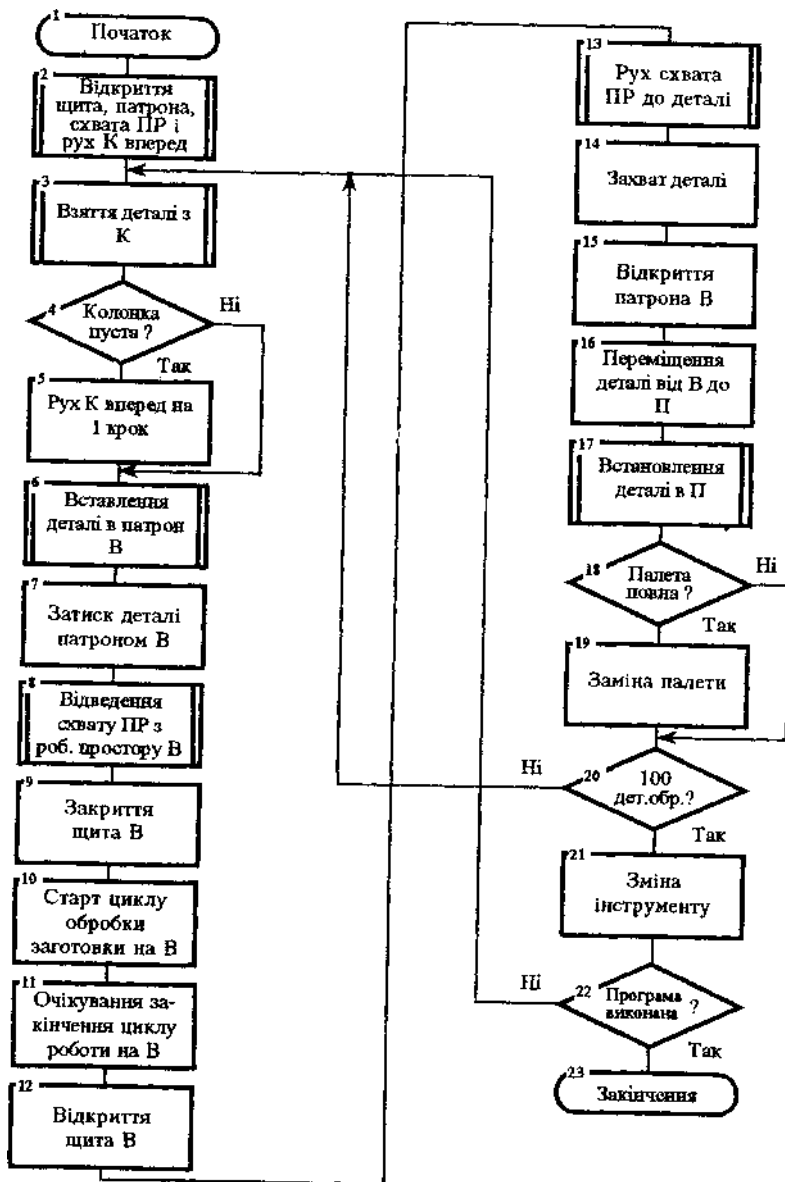


Рис. Д.5.2. Блок-схема алгоритму УП роботи ПР за даними рис. Д.5.1

## Додаток Д.6. Форма титульного листка

Міністерство освіти і науки України 272 №3,5  
ЖИТОМИРСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ 260 № 5

Кафедра автоматизації  
і комп'ютеризованих  
технологій  
(шифр групи) 230 №3,5

ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА 180 №5

Лабораторний практикум 170 №3,5

Звіти з лабораторних робіт №1-4

ПСАТ.420000.ххх-00ЛР 130 №7  
і останні 3 цифри  
І заїркової книжки

Керівник проекту (підпис) доц. Кирилович В. А. 80 №3,5  
(дата)

Виконавець студент (підпис) ( \_\_\_\_\_ ) 40 №3,5  
(дата) (прізвище, ім'я, по  
батькові)

2001 10 №3.5

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гжиров Р.И., Серебrenицкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1990. - 588 с.
2. Кирилович В.А. Технологія автоматизованого виробництва. Випуск 1. Практичні заняття. Навчально-методичний посібник. - Житомир, ЖІТІ, 2000 - 156 с.
3. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. - Житомир, ЖІТІ, 2001. - 599 с.
4. Кирилович В.А., Яновский В.А. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Технология роботизированного производства" для студентов специальности "Робототехнические системы". - Житомир, ЖФ КПИ, 1991.- 47 с.
5. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1976. - 288 с.
6. Микропроцессорное управляющее устройство для промышленных роботов РБ242Б. - НРБ, Стара Загора, комбинат "Изот", 1987. - 516 с.
7. Миниробот промышленный ПМР 0,5-254 КПВ. Руководство по эксплуатации 119.21.РЭ. - Нальчик, опытный завод специального технологического оборудования, 1982. - 32 с.
8. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. Изд-е 3-е./ Под ред. Г.А. Монахова. - М., Машиностроение. 1974. - 598 с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Ч. II. Нормативы режимов резания. - М., Экономика, 1990. - 473 с.
10. Программное обеспечение УЧПУ 2Р22 для управления токарным станком модели 16К20ФЗ С32. Руководство оператора. - М.: КМР объединение "Каббалкмашиноформ", 1985. - 72 с.
- И. Справочник инструментальщика / Под ред. Ординарцева И.А. - Л.: Машиностроение, 1987. - 846 с.
12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 656 с.
13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 496 с.

14. Станок токарно-револьверный с вертикальной головкой на крестовом суппорте с ОСУ повышенной точности 1В340Ф30. Руководство по эксплуатации 1В340Ф30.00.000 РЭ. Ч. II. Электрооборудование. - М., Станкоимпорт, 1985. “ 44 с.
15. Стискин Г.М., Гаевский В.Д. Токарные станки с оперативным программным управлением. - К.: Техника. 1989. ~ 176 с.
16. Устройство унифицированное циклового программного управления УЦМ-663. Инструкция по эксплуатации. Книга II. ~ М.: В.О. Машприборинторг, 1981. - 31 с.
17. Устройство Э ЦПУ-6030. Инструкция по эксплуатации Т 72.556.013 ИЭ. ~ М.: ПО “Телемеханика”, 1984. - 18 с.
18. Юмашев В.Е. Методические указания к лабораторным работам по курсу “Технология основы ГАП” для студентов специальности “Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты”. - К.: КПИ, 1988. ~ 28 с.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>3</b>
<b>Лабораторна робота № 1. ОБРОБКА ОТВОРІВ ТА РОЗРОБКА УПРАВЛЯЮЧИХ ПРОГРАМ ДЛЯ СВЕРДЛУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА мод. 2P135Ф2 З ЧПУ КООРДИНАТА С-70.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Теоретичні відомості .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.1. Обробка отворів на свердлувальних верстатах 5</b>	
<b>1.1.1.1. Схеми одержання та обробки отворів .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.1.2. Різальні інструменти .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1.1.2.1. Свердла.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1.1.2.2. Зенкери .....</b>	<b>20</b>
<b>1.1.1.2.3. Розвертки.....</b>	<b>21</b>
<b>1.1.2. Елементи режимів різання при роботі на свердлувальних верстатах.....«...</b>	<b>22</b>
<b>1.1.3. Технологічні можливості вертикально- свердлувального верстата мод. 2P135Ф2 .....</b>	<b>23</b>
<b>1.1.4. Налагодження та режими роботи верстата .....</b>	<b>26</b>
<b>1.1.5. Особливості проектування операційної технології обробки отворів .....</b>	<b>28</b>
<b>1.1.6. Розробка управляючих програм .....</b>	<b>32</b>
<b>1.1.6.1. Етапи підготовки управляючих програм... 32</b>	
<b>1.1.6.2. Порядок побудови кадрів .....</b>	<b>33</b>
<b>1.1.6.3. ....</b>	
Програмування позиціонування столу.....	35
<b>1.1.6.4. Кодування допоміжних функцій .....</b>	<b>36</b>
<b>1.1.6.5. Складові траєкторії переміщення інструменту по осі Z .....</b>	<b>38</b>
<b>1.1.6.6.</b>	
Програмування постійних циклів по осі <b>Z</b>	40
<b>1.1.6.7. Програмування корекції по осі <b>Z</b> .....</b>	<b>43</b>
<b>1.2. Обладнання та інструменти .....</b>	<b>45</b>
<b>1.3. Порядок виконання роботи.....</b>	<b>46</b>
<b>1.4. Варіанти індивідуальних завдань.....</b>	<b>47</b>
<b>1.5. Зміст звіту.....</b>	<b>50</b>
<b>1.6. Контрольні запитання .....</b>	<b>51</b>
<b>Лабораторна робота № 2. РОЗРОБКА УПРАВЛЯЮЧИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ НА ТОКАРНО- РЕВОЛЬВЕРНОМУ ВЕРСТАТІ мод. 1В340Ф30 З ОС ЧПУ</b>	

<b>ЭЛЕКТРОНИКА НЦ-31</b>	52
<b>2.1. Теоретичні відомості</b> .....	52
<b>2.1.1.</b> Призначення та технологічні можливості токарно-револьверного верстата мод. 1В340Ф30	52
<b>2.1.2.</b> Пристрій ОГУ Електроника НЦ-31	54
<b>2.1.3.</b> Кодування управляючих програм	56
<b>2.1.4.</b> Програмування швидкості головного руху та подачі	59
<b>2.1.5.</b> Програмування одноінструментальної обробки.	59
<b>2.1.6.</b> Однопрохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки <b>G70</b>	62
<b>2.1.7.</b> Однопрохідний автоматичний цикл поперечної обробки <b>G71</b>	64
<b>2.1.8.</b> Багатопохідний автоматичний цикл поздовжньої обробки <b>G77</b>	66
<b>2.1.9.</b> Багатопохідний автоматичний цикл поперечної обробки <b>G78</b>	69
<b>2.1.10.</b> Програмування обробки конічних поверхонь	70
<b>2.1.11.</b> Програмування зняття фасок під кутом 45°	73
<b>2.1.12.</b> Програмування обробки сферичних поверхонь	75
<b>2.1.13.</b> Багатопохідний автоматичний цикл програмування торцевих канавок <b>G74</b>	78
<b>2.1.14.</b> Багатопохідний автоматичний цикл проточування канавок на циліндричній поверхні <b>G75</b>	81
<b>2.1.15.</b> Автоматичний цикл глибокого свердлування <b>G73</b>	83
<b>2.1.16.</b> Безумовний перехід <b>P</b>	86
<b>2.1.17.</b> Програмування нарізування різьб за циклами <b>G31, G32, G33</b>	88
<b>2.2.</b> Обладнання та інструменти	94
<b>2.3.</b> Порядок виконання роботи	94
<b>2.4.</b> Варіанти індивідуальних завдань	95
<b>2.5.</b> Зміст звіту	105
<b>2.6.</b> Контрольні запитання	106
<b>Лабораторна робота № 3* ПРОГРАМУВАННЯ ТОКАРНО- ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА мод. 16К20ФЗРМ132 з ОС ЧПУ 2Р22</b>	108
<b>3.1.</b> Теоретичні відомості	108
<b>3.1.1.</b> Технологічні можливості верстата мод. 16К20ФЗРМ132	108

3.1.2.	Призначення оперативної системи ЧПУ 2P22...	109
3.1.3.	Принципи кодування УП .....	112
3.1.4.	Програмування частоти обертання шпинделя, подачі та позиції інструменту.....	117
3.1.5.	Програмування лінійних переміщень .....	118
3.1.6.	Програмування обробки конічних поверхонь і зняття фасок під кутом 45° .....	123
3.1.7.	Програмування обробки по дузі кола .....	125
3.1.8.	Цикл нарізання різьби <b>L01</b> .....	131
3.1.9.	Цикл проточування канавок <b>L02</b> .....	132
3.1.10.	Цикли однопрохідного зовнішнього і внутрішнього точіння за схемою “петля” <b>L03, L04</b> .....	134
3.1.11.	Цикл однократної торцевої обробки за схемою “петля” <b>L05</b> .....	136
3.1.12.	Цикл глибокого свердлування <b>L06</b> .....	138
3.1.13.	Цикл нарізання різьби мітчиком або плашкою <b>L07</b> .....	139
3.1.14.	Цикли багатопрохідної обробки <b>L08, L09</b> .....	140
3.1.15.	Цикл чистової обробки по контуру із заданого номера кадру <b>L10</b> .....	143
3.1.16.	Цикл повторення частини програми <b>L11</b> .....	144
3.2.	Обладнання та інструменти.....	145
3.3.	Порядок виконання роботи .....	145
3.4.	Варіанти індивідуальних завдань .....	146
3.5.	Зміст звіту .....	146
3.6.	Контрольні запитання .....	147

**Лабораторна робота № 4. НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ мод. ПМР 0,5-254 КП І ПМР 0,5-200 КВ.....**

4.1.	Теоретичні відомості .....	148
4.1.1.	Призначення та технологічні характеристики ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ .....	148
4.1.2.	Побудова та принцип роботи ПР мод. ПМР 0,5-254 КПВ.....	150
4.1.3.	Програмування роботи робота мод. ПМР 0,5- 254 КПВ з системою управління УЦМ-663 .....	152
4.1.4.	Призначення та технологічні характеристики	





<b>Додаток Д.6. Форма титульного листка .....</b>	<b>267</b>
<b>Література .....</b>	<b>268</b>

## **Серія “Технологія автоматизованого виробництва”**

**Випуск 1.** Практичні заняття.

**Випуск 2.** [Зображення]

**Випуск 3.** Курсове проектування.

**Випуск 4.** Курс лекцій “Технологія обробки на металорізальних верстатах з ЧПУ”.

**Випуск 5.** Курс лекцій “Технологія роботизованого механооброблюючого виробництва”.

**Випуск 6.** Курс лекцій “Технологія обробки на автоматичних лініях”.

**Випуск 7.** Курс лекцій “Технологія обробки на роторних автоматичних лініях”.

**Випуск 8.** Курс лекцій “Технологія штампувального виробництва”.

**Випуск 9.** Курс лекцій “Технологія складального виробництва”.

**Випуск 10.** Курс лекцій “Технологія виготовлення елементів радіоапаратури”.

Кирилович Валерій Анатолійович, к.т.н., доцент Сніцар  
Володимир Григорович, ст. викл. Юмашев Володимир  
Євгенович, к.т.н., доцент

## ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Випуск 2

### Лабораторний практикум

Навчально-методичний посібник для студентів  
спеціальностей 7.092501 “Автоматизоване управління  
технологічними процесами і виробництвами”, 7.090202  
“Технологія машинобудування”

Комп’ютерний набір та верстка: Свістельник І.М.

Макетування: Кондратенко В.В.

---

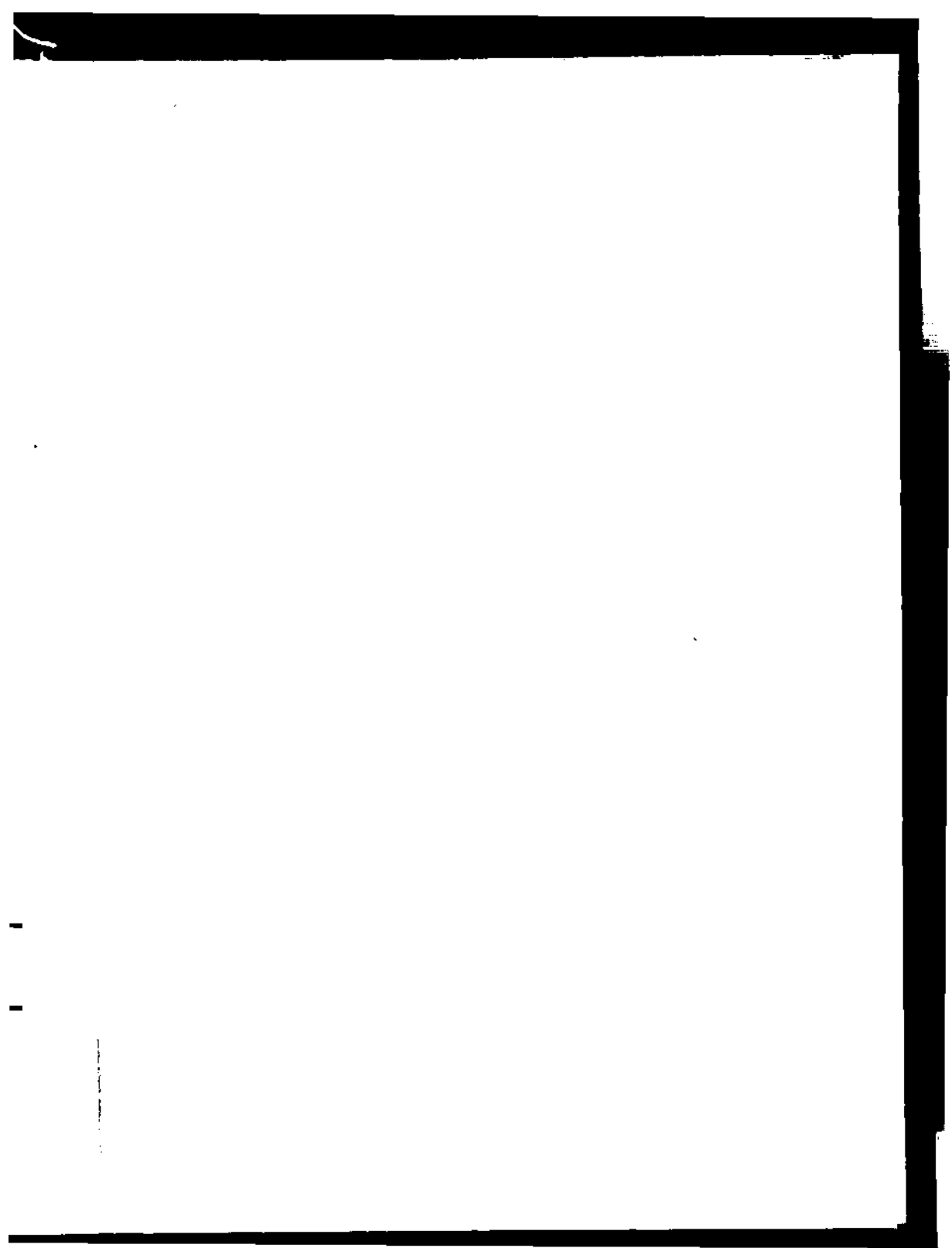
Формат 60x84 1/16.

Папір офсетний. Гарнітура Peterburg. Ум друк. арк. 17,25. Тираж 250  
прим. Замовлення № 121.

---

Редакційно-видавничий відділ

Житомирський інженерно-технологічний інститут 10005, м. Житомир,  
вул. Черняхівського, 103.



$$\cdot K_{SP} \cdot K_{SM} \cdot K_{sy} \cdot K_{sin} \cdot K_{Sd} * K_{so} =$$

$$= 0,12 \cdot 1,00 \cdot 1,05 \cdot 1,20 \cdot 1,00 \cdot 0,80 \cdot 1,00 = 0,12 \text{ мм/об.}$$