



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра « Робототехника и мехатроника»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплинам

**«Оборудование роботизированных производств»,
«Механика управляемых машин»**

Авторы
Тугенгольд А.К.,
Череватенко В. А.

Ростов-на-Дону, 2014



Аннотация

Методические указания предназначены для бакалавров направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Авторы

д.т.н., проф. А. К. Тугенгольд
доц. В. А. Череватенко





Оглавление

«Изучение методов подготовки управляющих программ для токарного роботизированного технологического комплекса ТПК125ВН2»	6
1 Цель работы	6
2 Основные термины и определения	6
3 Код и программа	7
4. Подготовка текста управляющей программы	10
4.1 Структура программы	10
4.2. Структура слова.....	11
4.3. Структура кадра.....	11
4.4 Смещение нулевой точки.....	25
4.5 Программирование специфических операций	26
Порядок выполнения работы	32
Требования к содержанию отчета	33
Правила техники безопасности при работе на управляемой машине	33
«Изучение механики и накладки управляемой машины с ЧПУ мод. 6Р13Ф3-37»	34
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	34
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	34
2.1	
Назначение и область применения управляемой машины	
34	
2.2 Техническая характеристика станка	34
2.3 Техническая характеристика устройства ЧПУ модели Н33-2М.....	35
3. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ И ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ	37
3.1 Станина.....	37



«Робототехника и мехатроника»

3.2	Коробка скоростей	37
3.3	Шпиндельная головка	38
3.4	Стол и салазки	39
3.5	Консоль.....	39
3.6	Механизм зажима инструмента	39
3.7	Установка фрез на оправке.....	40
3.8	Пульт управления станка	41
4.	КИНЕМАТИКА СТАНКА	43
4.1	Главное движение	43
4.2	Движение подачи.....	43
4.3	Вспомогательные движения	45
5.	СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ	46
5.1	Вычислитель	46
5.2	Устройство управления следящими приводами.....	48
6.	РЕЖИМЫ РАБОТЫ СТАНКА	51
7.	ПОДГОТОВКА СТАНКА И УСТРОЙСТВА ЧПУ К РАБОТЕ ...	54
8.	СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	55
	КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	57
	ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ НАЛАДКЕ И РАБОТЕ НА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ МОД 6Р13Ф3-37	58
	«Разработка технологического процесса обработки деталей на РТК, программирование в ISO»	59
1.	Цель работы.....	59
2.	Проектирование операционных технологических процессов	59
2.1	Выбор режущего инструмента, установление количества и последовательности переходов	59
2.2	Выбор режимов резания	61
2.3	Построение траекторий движения режущих инструментов и расстановка опорных точек.	62
3.	Программирование в ISO.....	65
3.1	Система координат машины с ЧПУ	66
3.2	Расчет геометрической информации управляющей	



программы	68
4. Пример расчета	70
4.1 Расчет режимов резания.....	70
4.2 Построение траектории движения инструментов, расчет координат опорных точек	75
Порядок выполнения работы	80
Приложение 1	81
Приложение 2	87
Рекомендуемая литература	96



«ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ТПК125ВН2»

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы является освоение навыков кодирования управляющих программ для токарного роботизированного технологического комплекса.

2 ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.

Под системой ЧПУ понимают совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для осуществления числового программного управления станков или комплексов.

Числовое программное управление внедрило в производство такие термины, как программа, кадр, слово, команда, а также ряд других, которые раньше были свойственны только ЭВМ.

По ГОСТ 20523 – 75 под управляющей программой понимают последовательность команд, обеспечивающих заданное функционирование рабочих органов станка.

Кадр программы – определенная последовательность слов, образующая часть рабочей информации управляющей программы и несущая информация об одной технологической рабочей операции.

В устройстве числового программного управления (УЧПУ) Н22 – 1МТ1 используются кадры переменной длины.

Слово – определенная последовательность символов, соответствующая технологической и геометрической команде.



Слово включает в себя адрес (буквенный символ, например LF) или адрес и число со знаком при задании величины перемещения в дискретных (импульсах) геометрической информации (например Z - 020550) или адрес и кодовое число для остальных видов информации (например G 26). При записи числовой информации следует помнить, что после каждого адреса должно быть записано строго определенное количество строк, определяемое конкретным адресом.

Каждый кадр управляющей программы может состоять из определенного количества слов, например, первое слово – номер кадра, второе слово – подготовительная функция, третье слово – задание величины перемещения объекта по одной из координат и т. д.

Программа обработки детали записывается отдельными кадрами, содержащими числа, буквы и другие символы. Эта запись кадров управляющей программы в буквенно–цифровой форме и составляют задачу кодирования информации.

3 КОД И ПРОГРАММА

В основе записи любого символа на перфоленте лежит запись цифр в двоичной системе счисления. Эта система, в основе разрядов которой лежит число 2, позволит десятичные числа представить двоичным числом, т. е. числом, значение цифры которого 0 и 1. Так, например, цифра 9 может быть представлена как $1*2 + 0*2 + 0*2 + 1*2$. Опустив разряды, получим 1001. На перфоленте единица изображается пробивкой отверстия. Если же на пересечении данной дорожки и поперечной строки отверстие не пробито, то это воспринимается системой ЧПУ как ноль.

В таблице 3.1. представлены запись цифр десятичной системы счисления в двоичном коде и их изображение на перфоленте.

Таблица 3.1 Запись цифр в двоичной системе и на перфоленте.

Цифра	Двоичный эквивалент.	Номера дорожек перфоленты.			
		4	3	2	1
		$2^3=8$	$2^2=4$	$2^1=2$	$2^0=1$
0	0000				
1	0001				0
2	0010			0	
3	0011			0	0
4	0100		0		



«Робототехника и мехатроника»

5	0101		0		0
6	0110		0	0	
7	0111		0	0	0
8	1000	0			
9	1001	0			0

«Робототехника и мехатроника»

Таблица 3.2 Стандартный код

Название символа	Цифры и символы	Кодовые комбинации на перфоленте									
		Номер дорожки									
		8	7	6	5	4	С	3	2	1	
Подача	F	0	0				•	0	0		
Подготовительная функция	G		0				•	0	0	0	
Начальная координата дуги X_0	I	0	0			0	•			0	
Начальная координата дуги Z_0	K		0			0	•		0	0	
Коррекция	L	0	0			0	•	0			
Вспомогательная функция	M		0			0	•	0		0	
Номер кадра	N		0			0	•	0	0		
Частота вращения шпинделя	S		0		0		•		0	0	
Номер инструмента	T	0	0		0		•	0			
Перемещение по координате X	X	0	0		0	0	•				
Начало программы	%	0		0			•	0		0	
Конец кадра	LF					0	•		0		
Пропуск кадра	/	0		0		0	•	0	0	0	
Знак перемещения "минус"	-			0		0	•	0		0	
Знак перемещения "плюс"	+			0		0	•		0	0	
Цифра 0	0			0	0		•				
Цифра 1	1	0		0	0		•			0	
Цифра 2	2	0		0	0		•		0		
Цифра 3	3			0	0		•		0	0	
Цифра 4	4	0		0	0		•	0			
Цифра 5	5			0	0		•	0		0	
Цифра 6	6			0	0		•	0	0		
Цифра 7	7	0		0	0		•	0	0	0	
Цифра 8	8	0		0	0	0	•				
Цифра 9	9			0	0	0	•			0	
Пропуск строки	NIL						•				
Забой	DEL	0	0	0	0	0	•	0	0	0	



В соответствии с ГОСТ 13052 – 74 для записи управляющей информации на перфоленте используется код ИСО 7 бит. В таблице 3.2. приведены символы (адреса) и их кодовая комбинация, используемые в устройстве Н22 – 1МТ1 при управлении технологическим комплексом ТПК – 125ВН2. контроль правильности ввода информации производится в УЧПУ по четности количества кодовых отверстий в строке перфоленты (контроль по паритету), а также контроль на запрещенные комбинации (контроль по структуре).

Информация в коде ИСО – 7 бит записывается поперечными строчками на первых семи дорожках перфоленты. Восьмая дорожка является контрольной, отверстие в ней дополняет количество отверстий в строчке до четного.

Значащими дорожками с весами соответственно 1, 2, 4, 8 являются дорожки 1, 2, 3, 4. дорожка между 3 и 4 – транспортная, служит для создания синхроимпульсов в УЧПУ. Дорожки 5, 6 и 7 служат для обозначения признака символа, в основе которого лежит цифра (или число от 10 до 15), записанная на первых четырех дорожках данной поперечной строки. Так, числа от 0 до 9, обозначенные на дорожках 1,...4 в двоичной системе счисления, имеют признак (пробитые отверстия) на дорожках 5 и 6. Признаки букв латинского алфавита от А до О является отверстие на дорожке 7, признаком букв от Р до Z – отверстия на дорожках 5 и 7. Имеют соответствующие признаки и служебные символы кода.

При реверсивном фотосчитывающем устройстве максимальная длина используемой перфоленты не более 150 м.

Кадры программы и символ "%" на перфоленте разделяют между собой пробелами (3 – 5 пробивом символа "NIL").

Пробелы внутри кадра не допускаются.

Код символа "DEL" – "ЗАБОЙ" служит для использования ошибочно набитого кода и устройством ЧПУ не воспринимается.

4. ПОДГОТОВКА ТЕКСТА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

4.1 Структура программы

Программа состоит из последовательности нумеруемых кадров. Она должна начинаться символом "%" – "НАЧАЛО ПРОГРАММЫ". Данный символ служит для остановки перфоленты при ее обратной перемотке.



Перед началом программы, если это требуется, может быть записана вступительная запись, содержащая наименование обрабатываемой детали и другую информацию, но в этой записи не должно быть символов “%” и “M”. Вступительная запись на перфоленте, расположенная до символа “%”, устройством H22 – 1MT1 не воспринимается.

Конец программы должен быть обозначен символом M002 – “КОНЕЦ ПРОГРАММЫ”.

4.2. Структура слова

Слово состоит из буквы – адреса и последовательности цифр с предшествующим знаком или без него. Адрес указывает, в какое место система ЧПУ станка должна поступить содержащаяся в данном слове информация.

В таблице 4.1. даны названия используемых слов с количеством строк в слове.

4.3. Структура кадра

Кадры представляют собой законченные по смыслу фразы языка программирования и включают в себя несколько слов. Каждый кадр программы должен содержать:

- порядковый номер кадра;
- числовую информацию с соответствующими адресами;
- символ конца кадра “LF”.

Рекомендуется следующая последовательность адресов:

/, N, G, F, X, Z, I, K, S, T, M, L, LF

Присутствие того или иного адреса (слова) в кадре обусловлено программой. Слова, которые сохраняются в памяти системы ЧПУ и действия которых должно быть продлено после кадра, где они записаны, можно повторно в последующих кадрах не указывать. В устройстве ЧПУ все слова, входящие в состав одного кадра, начинают обрабатываться одновременно, но длительность отработки в общем случае различна – зависит от вида слова и объема записанной в нем информации.

В кадре не должно быть записано несколько слов одного типа, за исключением размерных, применяемых для указания координаты опорной точки (X, Z, I, K).

Кадры программы, которые могут быть пропущены по команде оператора (например, для осуществления наладочных переходов при наладке станка и исключения этих переходов после



окончания наладки), записываются символом "/" перед адресом "N".

Таблица 4.1 Символы адресов управляющей программы.

Символы адресов	Количество занимаемых строк без адреса	Название слов	Наличие адреса в кадре
%		Начало программы	
F	5	Скорость подачи	Ввод при изменении подачи
G	2	Подготовительная функция	Ввод при изменении условий режима
I	7, 6, 5	Координата начальной точки по оси "X" относительно центра	При круговой интерполяции
K	7, 6, 5	Координата начальной точки по оси "Z" относительно центра	При круговой интерполяции
L	2	Коррекция	При смене инструмента
M	3	Вспомогательная функция	В зависимости от технологии
N	3	Номер кадра	Обязательно
S	3	Скорость вращения шпинделя	Ввод при изменении величины
T	3	Номер инструмента	Ввод при изменении номера инструмента
X	7, 6, 5	Координата конечной точки или величина приращения по "X"	В зависимости от контура.
Z	7, 6, 5	Координата конечной точки или величина приращения по "Z"	В зависимости от контура.
LF		Конец кадра	Обязательно
/		Пропуск кадра	В зависимости от необходимости

4.3.1 Номер кадра

Слова "НОМЕР КАДРА" состоят из адреса "N" и трех цифр, обозначающих порядковый номер кадра в программе.

Всего может быть записано 1000 кадров, от N 000 до N 999.

Значение слова "НОМЕР КАДРА" индуцируется на пульте



оператора УЧПУ и соответствует отработанному в данный момент кадру программы. Порядок номеров кадров в программе может быть произвольным, но для удобства в работе рекомендуется упорядоченная последовательность в сторону возрастания.

Для облегчения поиска нужного кадра в программе рекомендуется осуществить нумерации кадров последующему принципу: номер кадра должен соответствовать номеру опорной точки траектории движения инструмента, перемещение в которую запрограммировано в этом кадре.

Кадры, в которых не программируется перемещение рабочих органов станка, нумеруются по порядку, начиная с числа, превышающего количество опорных точек. Обычно нумерация таких кадров начинают с числа, кратного стам.

Пример:

%

N300●●●●●●LF – в кадре нет геометрической информации;

N001●●●●●●LF – в кадре программируется перемещение в 1-ю опорную точку;

N301●●●●●●LF – в кадре нет геометрической информации;

N002●●●●●●LF – в кадре программируется перемещение во 2-ю опорную точку

4.3.2 Подготовительная функция

Слово "ПОДГОТОВИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ" задают режим работы СЧПУ станка и состоят из адреса "G", за которым следует двухцифровой номер. Всего может быть 100 подготовительных функций (G00....G99).

В таблице 4.2. приведены подготовительные функции, разделенные группы с указанием длительности их действия.

Таблица 4.2 Подготовительные функции.

Группа	Код функции G	назначение	Сохраняет действие	
			До прихода команды этой же группы	В пределах кадра
G1	01	Линейная интерполяция, нормальные размеры	+	
	10	Линейная интерполяция, длинные размеры	+	
	11	Линейная интерполяция, короткие размеры	+	



	02	Круговая интерполяция по часовой стрелке, нормальные размеры	+	
	20	Круговая интерполяция по часовой стрелке, длинные размеры	+	
	21	Круговая интерполяция по часовой стрелке, короткие размеры	+	
	03	Круговая интерполяция против часовой стрелки, нормальные размеры.	+	
	30	Круговая интерполяция против часовой стрелки, длинные размеры.	+	
	31	Круговая интерполяция против часовой стрелки, короткие размеры.	+	
G2	26	Задание перемещения в приращениях (в относительных координатах).	+	
	27	Задание перемещения в абсолютных координатах.	+	
G3	33	Режим резьбонарезания		+
	04	Пауза – выдержка времени		+
	40	Отмена коррекции		+
	58	Смещение "0"		+

4.3.3. Подача.

Слово "ПОДАЧА" предназначено для программирования величины подачи рабочего органа станка. Слово состоит из адреса "F" и числа, состоящего из органа станка. Обозначим эти цифры соответственно A1, A2, A3, A4, A5.

Первая цифра после адреса (A1) означает признак режима работы генератора импульсов. Четыре последующих цифры выражают величину подачи в мм/мин, умноженную на коэффициент $K=5$.

Признак режима работы генератора импульсов задается цифрами 1, 2 и 7, которые означают следующее:

1 – первый диапазон рабочих подач ($F \text{ прогр.} = K * F \text{ станочн.}$);

2 – второй диапазон рабочих подач ($F \text{ прогр.} = K * F \text{ станочн.}$);

7 – быстрый ход с разгоном в начале и торможением в конце обрабатываемого кадра.

В первом диапазоне рабочих подач в разрядах A2 A3 A4 A5 могут быть заданы величины от 1 мм/мин до 1200 мм/мин, что позволит отработать на станке величины подач от 0,2 мм/мин до 240 мм/мин. Однако следует учитывать, что для технологи-



ческого комплекса ТПК – 125 ВН2 максимальная подача по координате X составляет 90 мм/мин, а по координате Z – 180 мм/мин.

Во втором диапазоне рабочих подач могут быть заданы подачи в диапазоне от 1мм/мин до 2400 мм/мин, что позволит отработать на станке величины подач от 0,01 мм/мин до 24 мм/мин, т.к. при задании подачи в этом режиме вводится еще один коэффициент $K = 20$. таким образом, скорость подачи должна быть увеличена в 100 раз ($F \text{ прог.} = 5 \cdot 20 \cdot F \text{ станочн.}$).

Например, на станке обрабатывается величина подачи, равная 24 мм/мин. Тогда в управляющей программе задается F 22400 (или F 10120 – в первом диапазоне рабочих подач).

При программировании в первом диапазоне рабочих подач не допускаются перепады в подачах между двумя соседними кадрами, превышающие 90 мм/мин по оси X и 180 мм/мин по оси Z.

При реверсировании подач от скорости 90 мм/мин по оси X и от скорости 180 мм/мин по Z необходимы обязательные промежуточные паузы в движениях. Такие паузы могут быть за счет специального программируемого останова.

В режиме “БЫСТРЫЙ ХОД” в программе задается код F70000 без указания величины подачи независимо от координаты.

При задании режима быстрого хода перемещение допускается только по одной из координат.

Максимальные величины подач быстрого хода (F70000), обрабатываемые на станке с разгоном вначале и торможением в конце обработки, составляют:

По оси X – 400 мм/мин.

По оси Z – 800 мм/мин.

Ввод в программу кода функции подачи (независимо от используемых режимов) возможен как отдельный кадром, так и вместе с информацией, которая будет обрабатываться с данной скоростью.

Скорость подачи, заданную по программе можно изменить вручную от переключателя “КОРРЕКЦИЯ ПОДАЧИ %” на пульте оператора ЧПУ, позволяющего иметь 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120% от задаваемых в перфоленте значений.

4.3.4 Размерные перемещения. Интерполяция.

“РАЗМЕРНОЕ СЛОВО” применяется для указания координаты опорной точки, в которую программируется перемещение рабочего органа станка при помощи данного слова. Оно состоит из адреса, в качестве которого могут использоваться буквенные



символы X, Z, I, K и числа со знаками "+" или "-", указывающего величину координаты. Буква задает ось координат, по которой осуществляется перемещение, число – величину координат в импульсах. В кадре указываются только те координаты опорной точки, которые изменяются по отношению к координатам предыдущей точки.

“РАЗМЕРНОЕ СЛОВО” должно состоять из определенного количества разрядов, стоящих после знака.

При задании функций G01, G02, G03, определяющих признак “НОРМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ”, перфорируется только 5 десятичных разрядов геометрической информации.

При задании функций G11, G21, G31, определяющих признак “КОРОТКИЕ РАЗМЕРЫ”, перфорируется только 4 десятичных разрядов геометрической информации.

При задании функций G10, G20, G30, определяющих признак “ДЛИННЫЕ РАЗМЕРЫ”, перфорируется только 6 десятичных разрядов.

Если количество импульсов выражается числом, имеющим меньшее количество разрядов, чем нужно, то перед этим числом дополнительно записываются нули.

Пример:

N 004 G 01 X – 00324 LF

N 004 G 10 X – 000324 LF

N 004 G 11 X – 0324 LF

На комплексе можно обрабатывать деталь с произвольным криволинейным контуром (в пределах возможности режущего инструмента). При этом криволинейный контур должен быть аппроксимирован совокупностями дуг окружностей и отрезков прямых линий. В устройстве ЧПУ H22 – 1MT1 это реализуется использованием двух видов интерполяции: линейной и круговой.

Задание отрезка прямой при линейной интерполяции производится программированием команд G01, G10, G11 и адресов Z, X с соответствующей информацией. При линейной интерполяции в одном кадре можно обработать только один отрезок прямой.

Возможно два режима задания геометрической информации: относительный (работа в приращениях) и абсолютный.

При работе в приращениях (G26) в кадрах после адресов X и Z указывается числовая информация, соответствующая приращениям ΔX и ΔZ .

На рис. 4.1 показан пример простановки размеров для программирования участков линейной интерполяции при работе в приращениях.

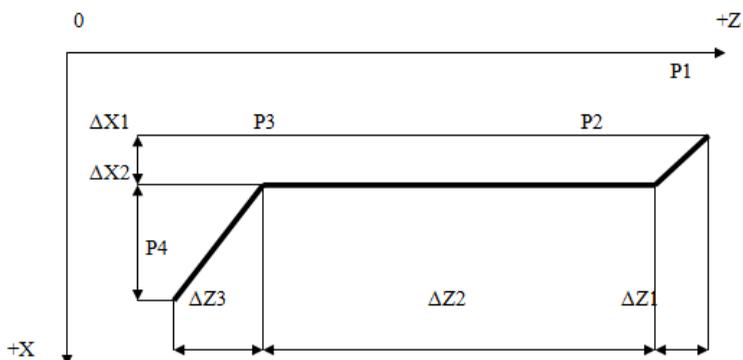


Рис. 4.1 Работа в приращениях

Для отработки траектории P1 P2 P3 P4 необходимо задать 3 кадра с геометрической информацией.

Кадр для отрезка P1 P2 - $-\Delta Z1$; $+\Delta X1$

Кадр для отрезка P2 P3 - $-\Delta Z2$

Кадр для отрезка P3 P4 - $-\Delta Z3$; $+\Delta X3$

Знак приращения зависит от того, с каким направлением координатных осей совпадает направление движения инструмента при обработке.

Пусть $\Delta X1 = 12\text{мм}$, $\Delta X2 = 23\text{мм}$

$\Delta Z1 = 16\text{ мм}$, $\Delta Z2 = 50\text{ мм}$, $\Delta Z3 = 25\text{ мм}$

Тогда, учитывая дискретность привода подач комплекса по оси $X = 0,001\text{ мм}$ и по оси $Z = 0,002\text{ мм}$, кадры обхода траектории P1 P2 P3 P4 (см. рис. 4.1) будут иметь вид:

N 500 G 27 LF

N 002 G 01 Z - 08000 X + 12000 F 10300 LF

N 003 Z - 25000 LF

N 004 Z - 12500 X + 23000 LF

При работе в абсолютной системе координат (G27) в кадрах после адресов X и Z указывается числовая информация, соответствующая координатам конечных точек отрезков перемещения в выбранной системе координат.

Началом координат может быть нулевая точка станка или точка обрабатываемой детали, принятая за начало координат.

На рис.4.2 показан пример простановки размеров для программирования участка линейной интерполяции при работе в аб-



солютной системе координат.

Для задания траектории P1 P2 P3 P4 при движении из точки P1 необходимо 3 кадра с геометрической информацией.

Кадр с координатами точки P2 - $+Z2; +X2$

Кадр с координатами точки P3 - $+Z3$ (X остается неизменным, поэтому в кадре не указывается)

Кадр с координатами точки P4 - $+Z4; +X4$

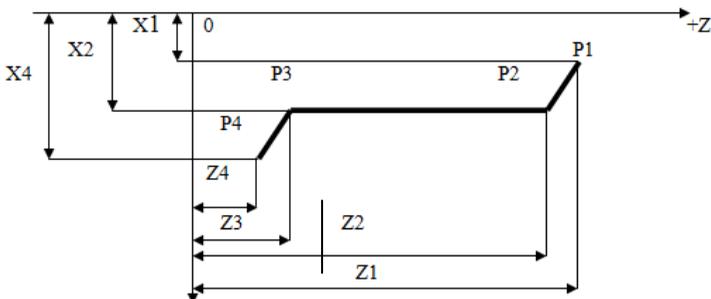


Рис. 4.2 Работа в абсолютной системе координат

Для задания траектории P1 P2 P3 P4 при движении из точки P1 необходимо 3 кадра с геометрической информацией.

Кадр с координатами точки P2 - $+Z2; +X2$

Кадр с координатами точки P3 - $+Z3$ (X остается неизменным, поэтому в кадре не указывается)

Кадр с координатами точки P4 - $+Z4; +X4$

Значение геометрической информации по адресам X и Z зависят от того, в каком квадранте в выбранной системе координат находится соответствующие точки.

Пусть $X1 = 20$ мм; $X2 = 35$ мм; $X4 = 50$ мм

$Z1 = 105$ мм; $Z2 = 82$ мм; $Z3 = 35$ мм; $Z4 =$

14 мм

Тогда, учитывая дискретность привода, кадры обхода траектории P1 P2 P3 P4 (см. рис. 4.2.) будут иметь вид:

N 500 G 27 LF

N 002 G 01 Z + 41000 X + 35000 F 10300 LF

N 003 Z + 17500 LF

N 004 Z + 07000 X + 14000 LF

Круговая интерполяция задается одной из подготовительных функций G02(G20, G21) или G03(G30, G31). Участок програм-



мируемой дуги окружности должен лежать в пределах одного квадрата. Если дуга одной окружности расположена не в одном квадрате, то при программировании она разбивается на участки, удовлетворяющие указанному условию, и для каждого участка необходимо программировать соответствующий кадр.

Дуга обрабатываемого контура задается координатами конечной точки дуги адресами X и Z и координатами I и K центра дуги окружности относительно начальной точки дуги, выраженных в абсолютных или относительных размерах.

Круговая интерполяция может задаваться как при работе в режиме (G26), так и в абсолютной системе координат (G27).

При работе в приращениях необходимой геометрической информацией является:

-числовая информация по адресам I и K о координатах центра дуги окружности относительно начальной точки дуги

-числовая информация о координатах конечной точки дуги в приращениях по осям X и Z (ΔX и ΔZ).

Адресом обозначается отрезок, параллельной оси X, адресом K – отрезок, параллельный оси Z. Информация под адресами I и K записывается всегда со знаком "+". Например, для дуги P1 P2 (рис. 4.3) с координатами $\Delta Z = 24$ мм, $\Delta X = 30$ мм, K = 44 мм и I = 10 мм, кадр управляющей программы при движении инструмента от точки P1 к точке P2 будет иметь вид:

N 300 G 26 LF

N 002 G 02 Z – 12000X + 30000 K + 22000 I + 100000 LF

При движении от точки P2 и точки P1 – движение против часовой стрелки, кадр будет иметь вид:

N 300 G 26 LF

N 001 G 03 Z + 12000X - 30000 K + 10000 I + 40000 LF

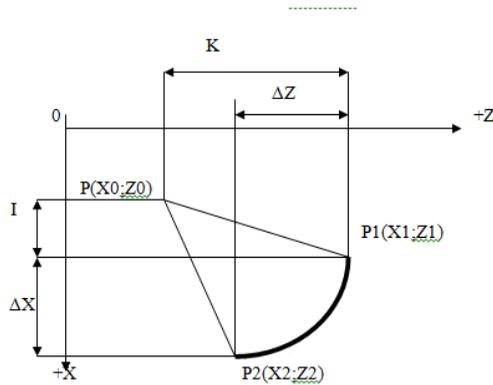


Рис 4.3 Задание дуги в приращениях

P_c – центр дуги с координатами $Z_0 = 10$, $X_0 = 20$;

P_1 – начальная точка дуги с координатами $Z_1 = 54$, $X_1 = 30$

P_2 – конечная точка дуги с координатами $Z_2 = 30$, $X_2 = 60$

При задании дуги в абсолютной системе координат в кадре задаются абсолютные координаты конечной точки дуги окружности и величины I и K

Для дуги $P_1 P_2$ (см. рис. 4.3.) при движении инструмента по часовой стрелке кадр будет иметь вид:

`N 300 G 27 F 10300 LF`

`N 002 G 02 Z + 15000X + 60000 K + 22000 I + 10000 LF`

При движении от точки P_2 к точке P_1 кадр будет иметь следующий вид:

`N 300 G 27 F 10300 LF`

`N 001 G 03 Z + 27000X + 30000 K + 10000 I + 40000 LF`

Примечание: При задании круговой интерполяции скорости задается равной или меньшей 90 мм/мин.

4.3.5. Скорость главного движения

Слово “СКОРОСТЬ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ” используется для задания скорости резания, указанной в технологическом процессе. Слова состоят из адреса “S”, за которым следует трехразрядное число.

При работе в режиме “АВТОМАТ” можно запрограммировать пять номеров скоростей шпинделя. Скорость вращения шпинделя выставляется регуляторами частоты вращения шпинделя на пульте управления станка в диапазоне от 100 до 3000 об/мин.

Под адресом “S” программируется номер скорости (регуля-



тора).

В таблице 4.3 показано соответствие номера скоростей вращения шпинделя и команд "S".

Таблица 4.3 Коды скоростей главного движения

Код S - функции	Номер скорости
001	1
002	2
004	3
008	4
010	5

Для включения заданного номера скорости шпинделя, кроме команды "S", необходимо задать и команду на вращение шпинделя.

Пример.

N 002 S 004 M003LF – вращение шпинделя по часовой стрелке с 3- ей скоростью

Примечание: При включении шпинделя возможно введение следующего кадра самопроизвольно. Для исключения этого рекомендуется в следующем кадре после команды "S" запрограммировать выдержку времени 2÷3 с для обеспечения правильности вводимой информации.

4.3.6. Инструмент

Слово "ИНСТРУМЕНТ" применяется для установки в рабочее положение необходимого режущего инструмента. Слово состоит из адреса "T", за которым следует трехразрядное десятичное число. Старший разряд всегда принимает "1". Два младших разряда представляют собой номер инструмента.

Для поиска нужного инструмента по адресу "T" программируется число проходимых инструментальных позиций +2, т.е. в это число включается инструмент, стоящий на рабочей позиции, и искомый инструмент:

$$T = n + 2,$$

где n – число проходимых во время поиска инструментальных позиций.

Единица в старшем разряде означает, что отработка следующего кадра программы начнется только после нахождения требуемого инструмента.

Пример:

N 200 G 26T105 LF – поиск инструмента.



Цифра 5 в команде E105 означает, что искомый инструмент находится через 3 инструмента от находящегося в рабочей позиции.

4.3.7. Вспомогательная функция

Слова «ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ» применяется для программирования цикловых команд. Они состоят из адреса «М», за которым следует трехразрядное число.

В таблице 4.4 перечислены вспомогательные функции, используемые в роботизированном технологическом комплексе ТПК 125 ВН2.

Функция M000 является командой на останов станка. После отработки кадра, в котором записана эта команда, команда прерывается с остановом шпинделя (для проведения замеров и т.п.).

Для продолжения работы по программе необходимо нажать кнопку «ПУСК» на пульте оператора ЧПУ.

Функция M001 также является командой на останов станка, но при условии, если нажать кнопку «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ОСТАНОВ». При отключении кнопки функция M001 станком не воспринимается. Для продолжения работы по программе после останова необходимо нажать кнопку «ПУСК» на пульте оператора.

Функция M002 является командой на завершение программы, записывается в последнем кадре программы. При нажатии кнопки «ПУСК ФСУ» осуществляется перемотка ленты до символа «%» – «НАЧАЛО ПРОГРАММЫ».

Функция M003 является командой, начинающей действовать с начала отработки кадра и сохраняющей действие до прихода отменяющей команды M005 или заменой однородной командой M004.

Функция M004 действует аналогично M003.

Таблица 4.4 Вспомогательные функции

Код М – функции	Назначение
000	Программируемая остановка
001	Остановка с подтверждением
002	Код программы
003	Вращение шпинделя по часовой стрелке
004	Вращение шпинделя против часовой стрелки
005	Остановка шпинделя



010	Включение робота
-----	------------------

Функция M005 является командой, действующей с начала остановки кадра, в которой она указана. Команда M005 отменяется командами M003, M004.

Функция M010 – команда на включение робота, записывается в конце программы перед кадром с командой M002. По команде M010 осуществляется захват обработанной детали из патрона станка, перемещение и укладка ее в магазине робота, захват заготовки из магазина, перемещение и установка заготовки в токарный патрон. Во время работы робота осуществляется перематка перфоленты до символа "%". В конце цикла работы робота выдается команда "ПУСК", по которой начинается обработка новой заготовки с начала программы.

Команду на включение робота M010 разрешается задавать только в том случае, когда револьверная головка находится в исходном положении, а вращение шпинделя выключено. Это условие необходимо соблюдать, чтобы при работе робота не возникло ситуации столкновения.

Пример.

• • • • •

N 020 M005 LF

N 021 M010 LF

N 022 M002 LF

4.3.8. Коррекция

Слово "КОРРЕКЦИЯ" предназначено для компенсации погрешностей обработки, связанных с износом режущего инструмента или неточностью его настройки, и состоит из адреса "L" и двухразрядного десятичного кода. Старший разряд означает тип коррекции:

1 – только по оси X; 2 – только по оси Z; 3 – по осям X и Z одновременно.

Младший разряд кода указывает номер декадного переключателя (корректора) на пульте коррекции УЧПУ, на котором наладчиком набирается величина коррекции в импульсах. Декадный переключатель делится на две части, на одной из которых набирается величина коррекции по оси X, на другой по оси Z. Коррекция представляется числом дискрет по 0,002 мм по оси Z и по 0,001 мм по оси X.

Номер декадного переключателя желательно запрограммировать таким же, как номер инструмента, для которого вводится



коррекция.

Величины, набранные на декадных переключателях, алгебраически складываются с величинами, заданными в кадре.

Максимальная величина коррекции ± 9999 дискрет.

Перед вводом коррекции в программе всегда должен быть установлен режим линейной интерполяции (G 01, G 10, G 11).

При работе в приращениях (G26) величины перемещений корректируются только в том кадре, в котором записана команда с адресом "L", информация в основных кадрах не изменяется.

Пример. После установки нового блока инструментов положение вершины режущего инструмента сместилось по оси X на 0,3 мм и по оси Z на 0,8 мм. На третьей паре переключателей (адрес L 33) наберем величины компенсирующих перемещений.

- 0,3 мм/0,001 мм = - 300 дискрет по оси X,

- 0,8 мм/0,002 мм = - 400 дискрет по оси Z

Пусть осуществляется работа в приращениях и на перфоленте задана информация:

N 025 G26 F 10600 LF

N 026 G 10 Z – 006000 X + 005000 L 33,

тогда устройство выдает на привод следующее количество импульсов:

по оси X = + 5000 + (- 300) = +4700

по оси Z = - 6000 + (- 400) = -6400,

что будет соответствовать перемещению по координате X = +4,7 мм, по Z = -12,8 мм.

При работе в режиме абсолютных координат (G27) коррекция величин геометрической информации, заданной в кадрах, начинается с кадра, содержащего адрес "L", и учитывается далее во всех последующих кадрах программы до кадра, содержащего команду на отмену коррекции.

Командой для отмены коррекции является функция G40 . при вводе в кадре функции G40 и адрес "L", набранная на пульте, знаком при работе в приращениях или блокируется при работе в абсолютной системе.

Пример. На переключателях по адресу L 33 на браке:

По оси X " + 500",

По оси Z " – 300".

На перфоленте задана информация:

N 025 G 26 F 10600 LF

N 030 G 40 X + 020000 Z – 024000 L 33 LF

При отработке кадра N 030 будет импульсов на привод:

По оси X = + 20000 + (- 500) = + 19500



По оси Z = - 24000 + (+ 300) = - 23700

4.4 Смещение нулевой точки

Под смещением нуля понимается перемещение, которое совершает режущий инструмент при переходе из нулевой точки станка в зону обработки (в нулевую точку детали). Нулевая точка станка ("0" станка) – это точка, в которой находится инструмент перед началом обработки по программе. Нулевая точка станка выбирается оператором при наладке станка с учетом удобства обработки, установки и снятия детали, установки и замены инструмента. Фиксируется "0" станка с помощью специальных кулачков на продольной и поперечных направляющих суппортной группы станка.

Нулевой точкой детали ("0" детали) называется точка начала координат, связанных с деталью. Относительно этой точки задаются первые приращения координат при работе в приращениях (G26) или координаты всех опорных точек контура при работе в абсолютной системе координат (G27).

Поскольку при составлении программы заранее неизвестно положение "0" станка (оно зависит от конкретной наладки), необходимо предусмотреть возможность смещения нуля в процессе обработки конкретной детали по программе.

Смещение нуля осуществляется по подготовительной функции G58. Режим смещения нуля возможен только в абсолютной системе координат, т.е. заранее должна быть задана подготовительная функция G27. Подготовительную функцию G58 нельзя задавать в одном кадре с коррекцией (адрес "L"), так как смещение нуля представляет собой из видов коррекции – коррекцию нулевой точки.

Величины и знаки смещения по каждой из координат набираются на специальных декадных переключателях "СМЕЩЕНИЕ OX" и "СМЕЩЕНИЕ OZ" на пульте коррекции УЧПУ.

По функции G58 эти смещения переписываются в специальные регистры – накопители УЧПУ (Hx и Hz).

Отрабатываются смещение только в кадре с соответствующими адресами X и Z. При этом величины смещения вычитаются от числовой информации, заданной под адресами X и Z, и полученная разность выдается для отработки на привод. Функция G58 автоматически устанавливает признак длинных размеров.

При работе в абсолютной системе координат (G27) величина смещения "0" равна величине при мысленном перемещении "0"



инструмента в "0" детали.

При работе в приращениях (G26) величина смещения "0" равна величине приращения при мысленном перемещении "0" инструмента в 1-ю опорную точку.

При работе на комплексе ТПК – 125ВН2 в режиме G27 перед вводом программы необходимо набрать на декадных переключателях "СМЕЩЕНИЕ OX" и "СМЕЩЕНИЕ OZ" координаты точки "0" инструмента ($X_0 = + 85\text{мм}$, $Z_0 = + 342\text{мм}$), т.е. $H_x = +085000$, $H_z = + 171000$ (рис. 4.4.).

Пример.

%

N 300 G 27 N 101 LF

N 301 G 58 LF

N 001 G 10 Z + 060000 X + 024000 F 10300 L 31 LF

N 002 Z + 025000 LF

В кадре N 001 устройство отработает:

$$\Delta Z = 060000 - (+ 171000) = - 111000$$

$$\Delta X = 024000 - (+ 085000) = - 061000$$

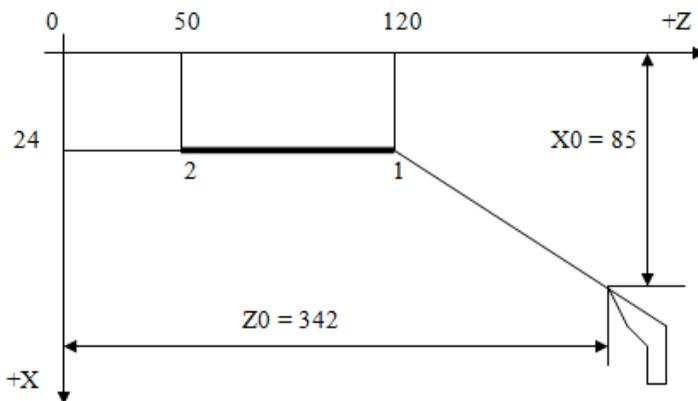


Рис. 4.4 Работа в абсолютной системе координат со смещением "0"

4.5 Программирование специфических операций

К специфическим операциям относятся программирование выдержки времени (пауза) и программирование режима резьбо-нарезания.



4.5.1. Программирование паузы

Задание перерыва в отработке программы на определенное время осуществляется с помощью подготовительной функции G04.

Время паузы определяется количеством импульсов. Заданных под адресом геометрической информации, и заданной скоростью подачи.

Если требуется время остановки t , а задаваемая скорость отработки F , то необходимо количество импульсов геометрической информации равно:

$N_z = F * t * 100$ – по адресу Z,

$N_x = F * t * 200$ – по адресу X,

где F – задается в мм/мин с учетом коэффициента $K = 5$;

t – в минутах.

Геометрическая информация в кадре с G04 задается или только по адресу X или только по адресу Z.

Пример.

N 036 F 10600 LF – подача 120 мм/мин.

N 037 G 10 Z – 040000 LF

N 038 G 04 Z + 006000 LF пауза 0,1 мин.

4.5.2. Резьбонарезание.

Роботизированные технологический комплекс ТПК – 125 ВН2 оснащен датчиком резьбонарезания СИФ – 3, что позволяет осуществлять нарезание цилиндрической резьбы с шагом от 0,5 до 8 мм.

Необходимыми данными для резьбонарезания являются:

- подготовительная функция G33;
- информация по адресу Z (длина участка нарезаемой резьбы в единицах дискретности);
- информация по адресу K (шаг нарезаемой резьбы со знаком и в единицах дискретности);
- информация по адресу X (число импульсов за один оборот шпинделя – 256; 512; 1024; 2048; 4096).

Функция подачи по адресу "F" в кадре обработки резьбы не задается, поскольку подача однозначно определяется частотой вращения шпинделя.

Для правильной отработки резьбы число импульсов, поступающих в УЧПУ с датчика резьбонарезания за один оборот



шпинделя, должно превышать шаг резьбы, заданной в дискретах по 0,002мм. Поэтому при программировании необходимо соблюдать зависимость между шагом резьбы и выбираемой частотой выходных импульсов датчика (табл. 4.5).

Таблица 4.5 Число импульсов с датчика резьбонарезания для заданного шага резьбы.

Диапазон шага резьбы, мм	Число импульсов с датчика за 1 оборот шпинделя (слово по адресу X)
$K \leq 0.5$	+ 000256
$0.5 < K \leq 2$	+ 0011024
$2 < K \leq 4$	+ 002048
$4 < K \leq 8$	+ 004096

Пример.

N 300 G 26 N103 LF

N 301 S 002 M 003 LF

N 001 G 10 Z – 033000 F 70000 L 22 LF

• • • • • • • •

N 012 G 33 Z – 028000 X + 001024 K + 001500 LF

N 013 G 10 X + 003340 F 10300 LF

В кадре N 012 задана резьба с шагом 1,5 мм

4.5.3. Пример кодирования управляющей программы

Требуется закодировать управляющую программу обработки заготовки из станка калиброванной, круглой $\varnothing 20 \times 50,5$ мм для получения детали на рис. 4.5.

Последовательность обработки заготовки, траектории движения инструментов и расчетные данные к управляющей информации (рис. 4.6) взяты произвольно.

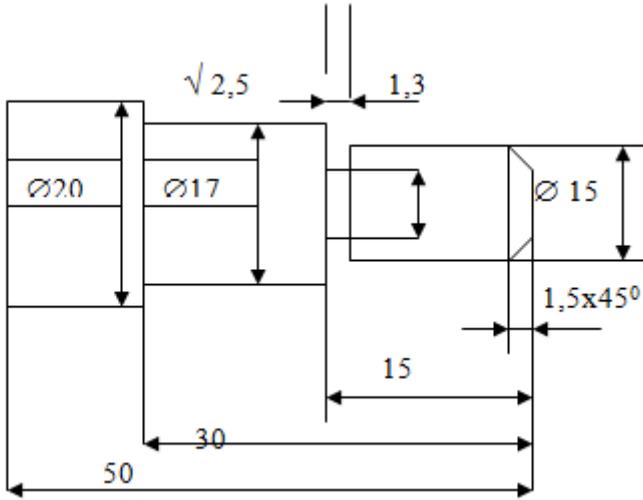


Рис. 4.5 Эскиз детали

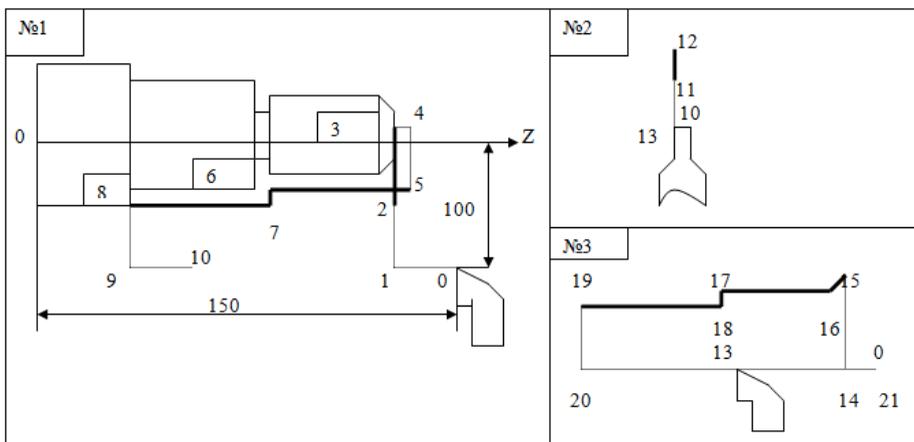


Рис. 4.6 Траектории движения инструментов

Таблица 4.6 Ведомость управляющей программы

Номер опорной точки	Число импульсов по координатам		Частота вращения шпинделя, об/мин.	Скорость подачи мм/мин.	N инструмента	Примечание
	Kx	Kz				
0	1000 00	7500 0			1	
1	1000 00	2500 0		Быстр.		Корр. X, Z
2	1100 0	2500 0	1720			
3	-1000	2500 0		90		
4	-1000	2550 0				
5	8250	2550 0		Быстр.		
6	8250	1765 0		180		



«Робототехника и мехатроника»

7	9250	1765 0				
8	9250	1000 0				
9	1000 00	1000 0		Быстр.		
10	1000 00	1750 0				
11	9750	1750 0			2	Корп. X, Z
12	7000	1750 0	740	74		
13	1000 00	1750 0		Быстр.		
14	1000 00	2500 0			3	Корп. X, Z
15	6000	2500 0	1850			
16	7500	2425 0		180		
17	7500	1750 0				
18	8500	1750 0				
19	8500	1000 0	2000			
20	1000 00	1000 0		Быстр.		
21	1000 00	7500 0		Быстр.		Возв. в "0"

Программа имеет вид:

%

N 300 G 27 T 101 LF

N 301 G 58 LF

N 001 G 10 Z + 025000 F 70000 L 31 LF

N 002 X + 011000 S 001 M 003 LF

N 003 X – 001000 F 10450 LF

N 004 Z + 025500 LF

N 005 X + 008250 F 70000 LF



N 006 Z + 017650 F 10900 LF
N 007 X + 009250 LF
N 008 Z + 010000 LF
N 009 X + 100000 F 70000 LF
N 010 Z + 017500 LF
N 302 G 27 T 102 LF
N 011 G 10 X + 009750 F 70000 L 32 LF
N 012 X + 007000 S 002 F 10370 LF
N 013 X + 10000 F 70000 LF
N 303 G 27 T 103 LF
N 014 G 10 Z + 025000 F 70000 L 33 LF
N 015 X + 006000 S 004 LF
N 016 X + 007500 Z + 024250 F 10900 LF
N 017 Z + 017500 LF
N 018 X + 008500 LF
N 019 Z + 010000 S 008 LF
N 020 X + 100000 F 70000 LF
N 021 Z + 075000 M 005 LF
N 304 M010LF
N 305 M 002 LF

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с методикой составления управляющих программ.
2. На основании расчетных данных произвести кодирование программы.
3. Ознакомиться с правилами пользования и записи управляющих программ на устройстве подготовки данных на перфоленте.
4. Ознакомиться с клавиатурой устройства подготовки данных и сделать пробные записи информационных данных на перфоленте.
5. Произвести запись кодированной управляющей программы на перфоленту.
6. Произвести контроль записанной программы на перфоленте.
7. Обесточить устройство и навести порядок на рабочем месте.
8. Приступить к оформлению отчета по данной работе.



ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ОТЧЕТА

Оформленный и представленный к защите отчет должен содержать следующее:

1. Цель работы.
2. Эскиз детали для которой кодируется управляющая программа.
3. Траектории движения инструментов относительно обрабатываемой заготовки.
4. Запись закодированной управляющей программы на бланке с описанием программируемых операций и указанием участков траектории режущего инструмента каждого кадра.
5. Запись управляющей программы на перфоленте.
6. Заключение по проделанной работе.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА УПРАВЛЯЕМОЙ МАШИНЕ

1. Перед тем, как приступить к записи управляющей программы на устройстве подготовки данных, необходимо ознакомиться с энергоснабжением лаборатории, местом нахождения обесточивающих рубильников и питаемым напряжением устройства.
2. Помнить всегда, что вы имеете дело с электричеством, и соблюдайте все меры предосторожности с ним.
3. Прежде чем включить в сеть устройство подготовки данных, необходимо получить на это разрешение у преподавателя или лаборанта.
4. После окончания записи программы на перфоленту необходимо выключить питающее напряжение на пульте управления устройства и выдернуть электровилку из розетки.



«ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИКИ И НАКЛАДКИ УПРАВЛЯЕМОЙ МАШИНЫ С ЧПУ МОД. 6Р13Ф3-37»

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы: изучение конструкции основных узлов и структурных особенностей механической части приводов управляемой машины, последовательности наладки её на обработку детали.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1 Назначение и область применения управляемой машины

Фрезерный консольный вертикальный с ЧПУ мод 6Р13Ф3-37 предназначен для обработки плоских или пространственных изделий сложного профиля из стали, чугуна, труднообрабатываемых сталей и цветных металлов в условиях единичного и серийного производства. В качестве инструмента применяют концевые, торцовые, угловые, сферические и фасонные фрезы, сверла, зенкеры. Класс точности станка Н.

Станок оснащен устройством ЧПУ типа "НЗ3-2М", позволяющим вести обработку изделий в режиме программного управления одновременно по трём координатам: продольной и поперечной (перемещение стола и салазок с обрабатываемой деталью) и вертикальной (перемещение ползуна с инструментом).

В станке применена импульсно-фазовая следящая система ЧПУ с вводом информации на перфорированной ленте.

2.2 Техническая характеристика станка

Размеры рабочей поверхности стола, мм.....	1600x400
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное (ось X).....	1000
поперечное (ось Y).....	400



вертикальное (установочное).....	360
Наибольшее перемещение ползуна (ось Z), мм.....	250
Подача стола и ползуна, мм/мин.....	3...4800
Подача за один импульс, мм.....	0,01
Скорость быстрого перемещения стола по осям X, Y, и ползуна по оси Z, мм/мин.....	4800
Частота вращения шпинделя, об/мин.....	40...2000
Число ступеней частоты вращения шпинделя.....	18
Наибольшая масса обрабатываемой детали (с приспособлением), кг.....	400
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм.....	70...460
Наибольший диаметр инструмента, мм:	
торцевой фрезы.....	200
концевой фрезы.....	40
сверла.....	30
Мощность главного привода, кВт.....	7,5

2.3 Техническая характеристика устройства ЧПУ модели НЗЗ-2М

Способ задания геометрической информации - в приращениях;

Вид интерполятора - линейно-круговой;

Число управляемых управляемых координат – 3;

Число одновременно управляемых координат:

 при линейной интерполяции - 3;

 при круговой интерполяции – 2;

Диапазон выходных рабочих подач устройства (при дискретности 0,01 мм) - 0,1...4800 мм/мин.;

Коррекция подачи с пульта оператора - 20... 120%;

Коэффициент ряда рабочих подач - не более 1,1;

Скорость быстрого хода - 4800 мм/мин.;

Максимальная величина линейного перемещения в кадре (при дискретности 0,01 мм) - 9999,99 мм;

Наибольший радиус окружности - 9999,99 мм;

Количество технологических команд - три адреса по 99 команд в адресе;

Количество коррекций на длину и радиус инструмента - 18;

Максимальная величина коррекции на радиус инструмента при работе на прямоугольных циклах - $\pm 95,99$ мм максимальная ве-



«Робототехника и мехатроника»

личина коррекций для эквидистантного контура - $\pm 2,55$ мм
Время ввода максимально возможного по структуре кадра - 0,18 с.



3. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ И ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ

Общий вид вертикально-фрезерного станка с ЧПУ мод. 6P13ФЗ-37 показан на рис. 3.1, где: 1 - консоль; 2 - защита направляющих; 3 - ограждение; 4 - головка шпиндель; 5 - редуктор; 6 - станина; 7 - коробка скоростей; 8 - защитное устройство; 9 - короб электромонтажный; 10 - электрооборудование; 11 - пульт управления станка; 12 - коробка переключения скоростей; 13 - кулачки ограничения хода ползуна; 14 - кулачки установка в нуль координаты Z; 15 - охлаждение; 16 - кулачки установки в нуль координаты X; 17 - рукоятка зажима консоли на станине; 18 - стол и салазки; 19 - кулачки ограничения продольного хода.

3.1 Станина

Станина 6 (см. рис. 3.1) является основным базовым узлом, на котором монтируются узлы и механизмы станка. Ее корпус спереди имеет вертикальные направляющие, по которым перемещается консоль 1. Для ограничения хода консоли в левой нише станины размещены конечные выключатели.

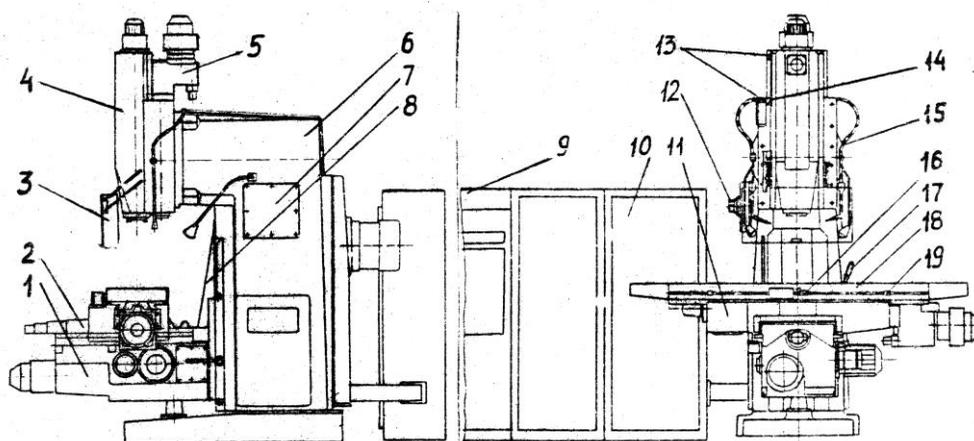


Рис. 3.1 Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ мод. 6P13ФЗ-37

3.2 Коробка скоростей



В левой нише станины смонтирована коробка скоростей 7 (см. рис. 3.1) с устройством переключения частот вращения шпинделя. Переключение осуществляется только вручную. Для этого необходимо рукоятку 1 (рис. 3.2) опустить вниз до вывода шипа рукоятки из фиксирующего паза и отвести от себя до упора. Далее, поворачивая лимб 2, надо установить требуемую частоту вращения шпинделя; щелчок фиксатора означает, что лимб зафиксирован в данном положении. Нажав кнопку 6 "ТОЛЧОК ШПИНДЕЛЯ", рукоятку 1 плавным движением следует вернуть в первоначальное положение.

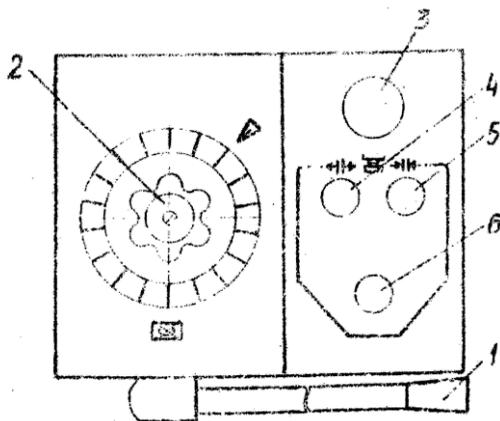


Рис. 3.2 Панель управления главным приводом

Необходимо помнить, что переключение частот вращения шпинделя на ходу не допускается. Работа коробки скоростей возможна только после установки рукоятки 1 в фиксированное положение.

Кнопки 4 и 5 служат, соответственно, для отжима и зажима оправки с инструментом в шпинделе станка.

При нажатии кнопки "ВСЕ СТОП" выключаются все системы станка.

3.3 Шпиндельная головка

Шпиндельная головка 4 (см. рис. 3.1) состоит из четырех основных элементов: салазок, редуктора, ползуна со шпинделем и привода перемещения ползуна. По прямоугольным направляющим салазок перемещается ползун со шпинделем.

Редуктор служит для передачи вращения от ко-



робки скоростей.

Перемещение ползуна со шпинделем осуществляется от привода перемещения ползуна.

3.4 Стол и салазки

Стол и салазки (см. рис. 3.1, поз. 18) обеспечивают перемещение стола в продольном и поперечном направлении. Зазор в направляющих стола и салазок выбирается клиньями.

3.5 Консоль

Консоль 1 (см. рис. 3.1) является базовым узлом, объединяющим приводы вертикального и поперечного перемещения стола.

По вертикальным направляющим станины (профиля "ласточкин хвост") консоль обеспечивает вертикальное установочное движение. По горизонтальным направляющим консоли прямоугольного профиля перемещается в поперечном направлении узел "Стол и салазки". Горизонтальные направляющие консоли закрыты спереди телескопической защитой 2, а сзади - "фартуком" 3, прикрепленным к станине и заднему торцу салазок.

3.6 Механизм зажима инструмента

Механизм зажима инструмента, предназначенный для механизированного крепления оправки с режущим инструментом в шпинделе станка, смонтирован в верхней части ползуна шпиндельной головки. Он оснащен замковым устройством, исключающим возможность самопроизвольного раскрепления шомпола.

Для зажима оправки с инструментом необходимо ввести ее в шпиндель до упора так, чтобы пазы на оправке расположились под углом 90° к шипам шпинделя, а паз захвата оправки вошел в Т-образный конец шомпола механизма. Затем оправку надо повернуть до совпадения ее пазов с шипами шпинделя, после чего тумблер на пульте управления станка перевести в положение "ЗАЖИМ ИНСТРУМЕНТА". Оправка с фрезой втянется в шпиндель, окончание зажима определяется по прощелкиванию кулачковой



муфты. Для отжима оправки с инструментом тумблер перевести в положение "ОТЖИМ ИНСТРУМЕНТА". При этом оправку необходимо удерживать до тех пор, пока она не выйдет из шпинделя на 15...20 мм.

3.7 Установка фрез на оправке

Концевые фрезы с коническими хвостовиками диаметрами 16, 20, 40 и 50 мм заранее крепятся в специальной оправке вне станка с помощью сменных винтов (рис. 3.3). Оправка имеет наружный конус 7:24 и внутренний Морзе № 4. Для крепления инструмента с конусами Морзе № 2 и 3 применяются сменные переходные втулки. При работе на станке торцевыми фрезами применяется оправка, в которой фреза устанавливается по центральному отверстию, а крутящий момент передается посредством двух сухарей, входящих в поперечный паз на корпусе фрезы.

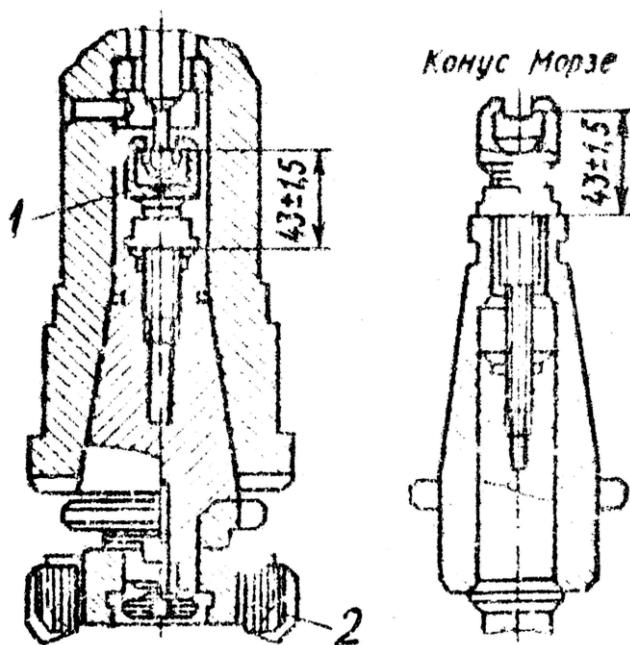


Рис. 3.3 Установка фрез





4. КИНЕМАТИКА СТАНКА

4.1 Главное движение

Шпиндель УШ (рис. 4.1) получает вращение от асинхронного электродвигателя М1 ($N = 7,5$ кВт, $n = 1450$ об/мин) через коробку скоростей с тремя передвижными блоками зубчатых колес и передачи $Z = 39 - 39$, $Z = 42 - 41 - 42$ в шпиндельной головке, Механизм переключения блоков обеспечивает получение 18 частот вращения и позволяет выбирать требуемую частоту вращения без последовательного прохождения промежуточных ступеней.

Смазывание подшипников и зубчатых колес коробки скоростей осуществляется от плунжерного насоса, расположенного внутри коробки скоростей.

4.2 Движение подачи

Вертикальная, подача ползуна со смонтированным в нем шпинделем осуществляется от высокомоментного двигателя М2 ($M = 17$ Нм, $n = 500$ об/мин) через зубчатую пару $Z = 44-44$ и передачу винт-гайка качения УП с шагом $t = 5$ мм. Предусмотрено ручное перемещение ползуна. На валу XI установлен датчик обратной связи - вращающийся трансформатор типа ВТМ-1В.

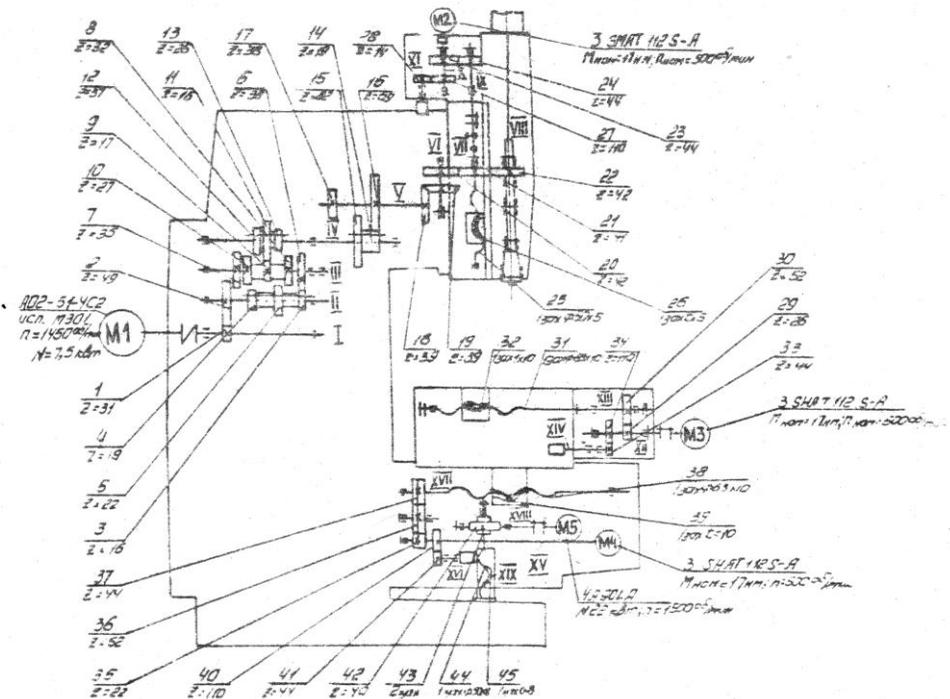


Рис. 4.1 Кинематическая схема станка мод. 6P13Ф3-37

Поперечная подача салазок осуществляется от высокомоментного двигателя М4 ($M = 17$ Нм, $n = 500$ об/мин) через беззачерный редуктор $Z = 22-52-44$ и винт-гайку качения XVII с шагом $t = 10$ мм.

Продольная подача стола происходит от высокомоментного электродвигателя М3 через беззачерный редуктор $Z = 26-52$, а винт-гайку качения XIII с шагом $t = 10$ мм. В редукторах продольного и поперечного перемещений установлены датчики обратной связи - вращающиеся трансформаторы типа ВТМ-1В.

Зазор в направляющих стола и салазок выбирают клиньями.

Зазор в передачах винт-гайки качения устраняют поворотом обеих гаек в одну сторону на нужное число зубьев.



4.3 Вспомогательные движения

Специальными шестигранными выводами можно производить ручные перемещения по координатам X и Y. Установочная вертикальная подача консоли осуществляется от электродвигателя М5 ($N = 2,2$ кВт, $n = 1500$ об/мин), через червячную пару $Z = 2-40$ и ходовой винт XIX.



5. СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Станок оснащен системой числового программного управления типа НЗЗ-2М (рис. 5.1), которая состоит из вычислителя и устройства управления следящими приводами (УУСП) станка.

5.1 Вычислитель

Предназначен для выработки сигналов управления технологическими операциями станка, выполнения линейно-круговой интерполяции, формирования сигналов безразмерного перемещения по командам с пульта станка. Функционально вычислитель состоит из устройства ввода-вывода (УВВ), интерполятора, блока "Эквидистанта", выходного блока (ВБ), блока задания скорости (БЗС), генератора тактов и стробов (ГТС), нулевого блок, пульта оператора (ПО), пультов коррекции и контроля, выходных и входных блоков реле (БР), блока питания (БП).

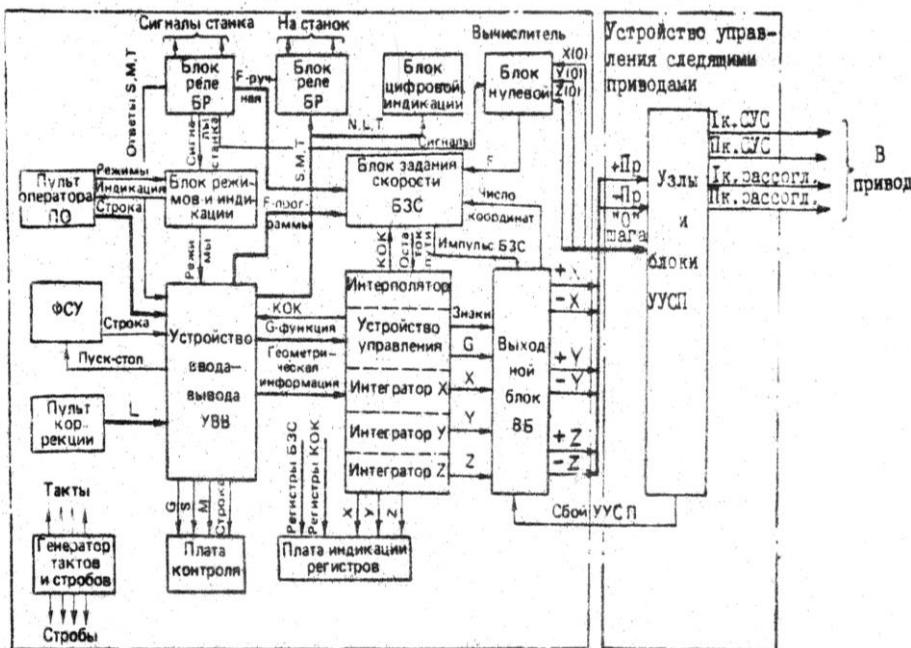


Рис. 5.1 Структурная схема системы ЧПУ

В состав УВВ входят лентопротяжный механизм, электромагниты тормоза и пуска, головка фотоэлементов, блок памяти S, M, T , блок памяти L, N , блок регистра-преобразователя, восемь ячеек цифровой индикации, предназначенных для индикации номера кадра N , номера инструмента T , координаты и номера коррекции L . Блок памяти S, M, T состоит из буферных регистров S, M, T для хранения информации технологических команд на время ввода кадра с перфоленты в регистры буферной памяти и рабочих регистров S, M, T для вывода технологических команд на релейные регистры с начала отработки введенного кадра до момента прихода следующей технологической команды по соответствующему адресу.

Интерполятор представляет собой вычислительный блок устройства, реализующий алгоритм интерполяции. В состав интерполятора входят:

устройство управления, формирующее функцию G , сигналы



конца отработки кадра (КОК) и режимы; устройство передачи геометрической информации из УВВ в регистры буферной памяти интерполятора - сумматор коррекции; интеграторы X, Y, Z, состоящие из буферных и рабочих регистров и регистров накопителей; буферный и рабочий регистры КОК. Интерполятор рассчитывает последовательность движения по координатам для введенных участков интерполяции. Совокупность движений по осям дает нужный контур обработки. Геометрическая Информация задается по адресам X, Y, Z, I, J, K в прямоугольной системе координат. При линейной интерполяции вводятся функция G01, приращения и их направления по каждой координате. При круговой интерполяции всегда вводятся признак плоскости обработки, направление движения (по часовой стрелке - функция G02, против часовой стрелки - G03), приращения, координаты начальной точки относительно центра окружности.

Блок задания скорости предназначен для формирования сигналов, частота следования которых соответствует заданной скорости подачи, поддержания постоянства контурной скорости, обеспечения режимов разгона и торможения с автоматическим определением момента начала торможения.

5.2 Устройство управления следящими приводами

Предназначено для преобразования выходных сигналов вычислителя в сигналы управления следящими приводами станка. УУСП обеспечивает одновременное управление приводами подач по всем координатам. На вход каждого из приводов подаются сигналы рассогласования и управления скоростью. В качестве датчиков обратной связи по положению в станке используются датчики положения типа ВТМ-1В. Информация о заданном перемещении поступает в УУСП от вычислителя.

Рассмотрим взаимодействие основных частей комплекса по его упрощенной структурной схеме, представленной на рис. 5.2.

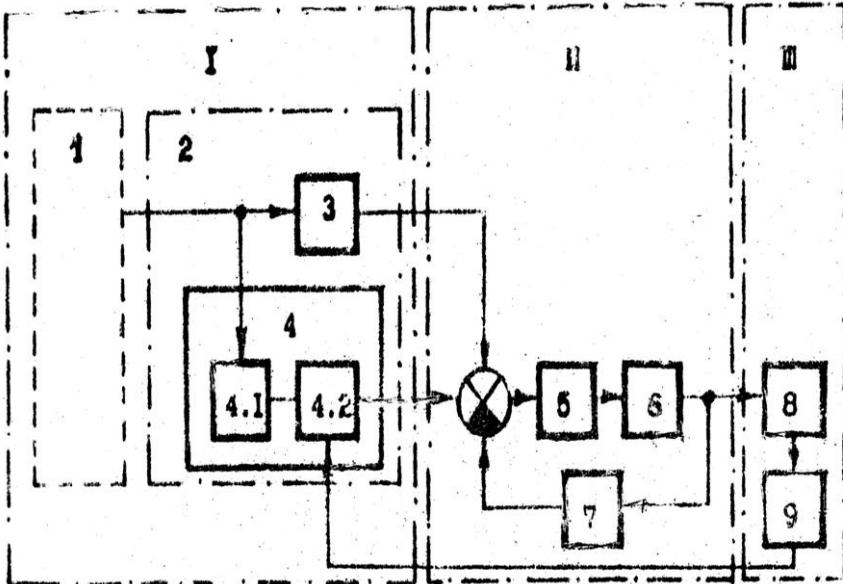


Рис. 5.2 Упрощенная структурная схема устройства управления следящими приводами: I - устройство ЧПУ модели H33-2M; II - электропривод; III - станок.

Вычислитель 1 в соответствии с заданной программой обработки детали выдает на устройство управления следящими приводами 2 управляющий сигнал, несущий информацию о скорости, величине и направлении заданного перемещения.

УУСП по каждой координате включает в себя канал скорости и канал положения.

Канал скорости 3 формирует сигнал управления скоростью в соответствии с программой управления.

Канал положения 4 формирует сигнал рассогласования между заданным и фактическим перемещениями рабочего органа станка. Канал положения состоит из преобразователя 4.1, преобразующего управляющий сигнал в фазу задающего канала, и узла сравнения 4.2, сравнивающего фазу управляющего сигнала с фазой сигнала обратной связи и преобразующего разность фаз в управляющее напряжение.

Сигналы каналов положения и скорости суммируется с сигналом обратной связи по скорости тахогенератора 7, жестко связанного с валом двигателя.

Сигнал ошибки, являющийся результатом суммирования,



«Робототехника и мехатроника»

поступает на тиристорный преобразователь 5, который вырабатывает сигнал управления электродвигателем постоянного тока 6, приводящим в движение исполнительный механизм станка 8. Перемещение исполнительного механизма контролируется датчиком обратной связи по положению 9.



6. РЕЖИМЫ РАБОТЫ СТАНКА

Основные режимы работы задаются изменением положения переключателя 1 на пульте оператора устройства ЧПУ (рис. 6.1). Переключатель может быть установлен в следующие положения: "РУЧНОЙ ВВОД" - ручной ввод информации в объеме одного кадра; "СПРОС" - режим начальной установки устройства; "ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ" - функционирование устройства ЧПУ, при котором отработка управляющей программы происходит с автоматической сменой кадров управляющей программы; "ПОИСК КАДРА" - автоматический поиск кадра программы определенного номера; "ПОКАДРОВАЯ РАБОТА" - функционирование системы ЧПУ, при котором отработка каждого кадра управляющей программы происходит только после воздействия оператора; "УПРАВЛЕНИЕ ОТ СТАНКА" - функционирование устройства ЧПУ, при котором оператор управляет станком с пульта без использования числовых данных.

Устройство ЧПУ позволяет вводить информацию прямо с пульта оператора устройства ЧПУ. Для этого переключатель режимов 1 необходимо поставить в положение "РУЧНОЙ ВВОД". На переключателях 2 "АДРЕС" нажимается кнопка требуемого адреса, и на декадном переключателе 3 в правой части панели набирается требуемая числовая информация. После этого необходимо нажать кнопку нового адреса и набрать требуемые числа на декадном переключателе. После набора всего кадра включается кнопка "РАБОТА" и производится отработка кадра на станке. Для ввода следующего кадра все действия необходимо повторить.

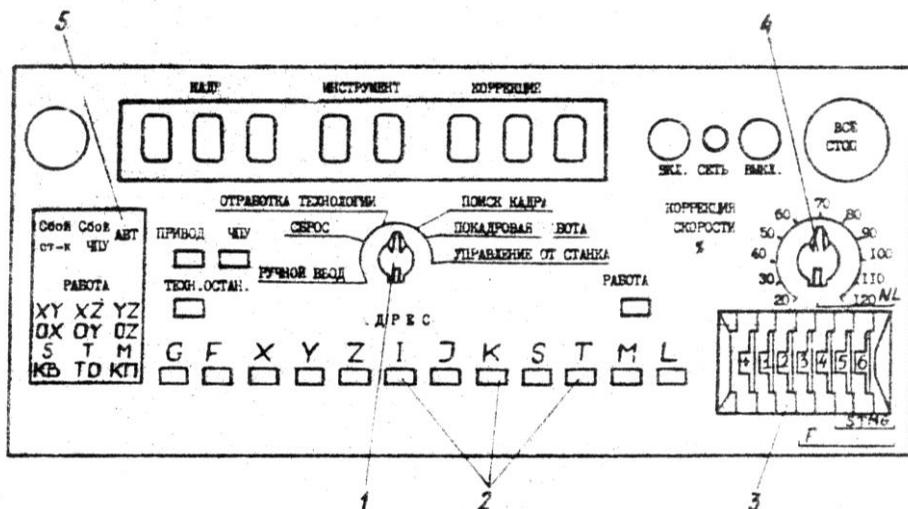


Рис. 6.1 Панель пульта оператора устройства ЧПУ

Для автоматического выполнения рабочей программы от перфоленты переключатель режима следует поставить в положение "ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ" и включить кнопку "РАБОТА". При этом на пульте станка тумблер ручного и автоматического режима работ должен находиться в верхнем положении. Для осуществления технологического останова программы нужно нажать кнопку "ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ОСТАНОВ" и для продолжения дальнейшей работы - кнопку "РАБОТА".

Чтобы осуществить отработку рабочей программы по одному кадру, переключатель режимов необходимо поставить в положение "ПОКАДРОВАЯ ОТРАБОТКА" и нажать кнопку "РАБОТА". После окончания отработки одного кадра снова необходимо нажать кнопку "РАБОТА".

Если в процессе отработки программы требуется найти какой-либо кадр, то переключатель режимов надо поставить в положение "ПОИСК КАДРА". Затем перфоленту с программой устанавливают в фотосчитывающий механизм на начало или между двумя любыми кадрами, если лента склеена в кольцо. На декадном переключателе 3 в правой части устройства ЧПУ набирают номер требуемого кадра, и после включения кнопки "РАБОТА" фотосчитывающее устройство автоматически считывает перфоленту до заданного кадра с высвечиванием его на цифровых индикаторах. Для корректировки запрограммированной рабочей по-



дачи на пульте устройства ЧПУ имеется переключатель "КОРРЕКЦИЯ СКОРОСТИ %". При установке переключателя, например в положение "40%", действительная подача будет составлять 40% подачи, записанной в программе.

Световое табло 5 предназначено для визуального наблюдения за правильностью отработки операций, задаваемых с помощью органов управления пульта оператора или от программы.



7. ПОДГОТОВКА СТАНКА И УСТРОЙСТВА ЧПУ К РАБОТЕ

После ознакомления с расположением и назначением основных узлов, органов управления и индикации станка и устройства ЧПУ, лабораторную работу следует выполнять в такой последовательности:

- подготовить перфоленту с управляющей программой;
- вставить перфоленту в фотосчитывающее устройство тремя дорожками вовнутрь;
- закрепить инструмент в оправку вне станка;
- установить и зажать оправку с инструментом в шпиндель станка;
- включить автомат электрошкафа и нажать кнопку "ВКЛ" на пульте оператора устройства ЧПУ;
- установить требуемую частоту вращения шпинделя с помощью рукоятки и поворотного лимба на панели управления главным приводом;
- включить вращение шпинделя кнопкой "ПУСК ШПИНДЕЛЯ";
- отработать режим исходного положения (установка в ноль);
- осуществить ручной ввод числовой информации и провести наблюдения за отработкой её управляемым объектом;
- отработать режим поиска кадра по заданию преподавателя;
- осуществить режим "ПОКАДРОВАЯ РАБОТА";
- установить и закрепить заготовку в приспособлении, расположенном на столе станка;
- произвести обработку детали в автоматическом режиме;
- составить отчет о выполненной работе.



8. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- эскиз обрабатываемой детали;
- упрощенную структурную схему ЧПУ;
- протокол наблюдений отработки режимов (табл. 8.1)
- заключение по выполненной работе.

«Робототехника и мехатроника»

Таблица 8.1 Протокол наблюдений отработки режимов

Режим работы	Числовая информация												Результаты наблюдений
	N	G	F	X	Y	Z	I	J	K	S	M	L	
1. Установка в ноль													
2. Ручной ввод													
3. Поиск кадра													
4. Покадровая работа													
5. Автоматический режим													



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение станка мод. 6P13Ф3-37.
2. Техническая характеристика станка.
3. Техническая характеристика устройства ЧПУ №33-2М.
4. Из каких основных узлов состоит станок? Назначение их.
5. Показать на кинематической схеме станка цепь главного движения, подачи, и вспомогательных перемещений.
6. Какие команды можно задавать с пульта управления станка?
7. Перечислите состав и принципы работы устройства управления следящими приводами.
8. Перечислите основные режимы работы станка и объясните содержание команд управления станком.
9. Какова последовательность наладки станка на отработку различных режимов?



ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ НАЛАДКЕ И РАБОТЕ НА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ МОД 6Р13ФЗ-37

1. К выполнению лабораторной работы студенты допускаются только после прохождения инструктажа по безопасности труда и пожарной безопасности в лаборатории в целом.
2. Не включать станки и приборы, на которых лабораторные работы не выполняются.
3. Не касаться электропроводов, электроаппаратов, клемм и не открывать электрошкафы.
4. Запрещается выполнять лабораторную работу в одиночку.
5. Перед началом работы оставить на рабочем месте только то, что необходимо для выполнения данной работы; проверить надежность крепления измерительной аппаратуры; убрать концы галстука, косынки, платка, длинные волосы спрятать под головной убор.
6. Не производить пуск станка без разрешения преподавателя.
7. Во время работающего станка не брать и не подавать через работавший станок какие-либо предметы: не опираться станок.
8. После окончания испытаний выключить станок, другое оборудование и рубильник электрошкафа.
9. Привести в порядок рабочее место.



«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА РТК, ПРОГРАММИРОВАНИЕ В ISO»

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является приобретение практических навыков разработки технологических процессов обработки деталей и подготовки управляющих программ для токарных роботизированных технологических комплексов.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В задачу разработки операционного техпроцесса входит: выбор заготовки, станочных приспособлений, режущих и вспомогательных инструментов; установление количества и последовательности выполнения переходов и рабочих ходов; расчет (или выбор по таблицам) режимов резания.

2.1 Выбор режущего инструмента, установление количества и последовательности переходов

Построение операций механической обработки заготовок на управляемых машинах с ЧПУ производится в основном по тем же правилам, что и для аналогичных машин с ручным управлением. В то же время при этом необходимо учитывать специфику машин с ЧПУ. Так, на токарных станках с ЧПУ количество инструментов в поворотной резцовой головке ограничено; для сокращения времени обработки на этих станках обработку фасок и канавок можно производить резцами, которыми осуществляется точение цилиндрических поверхностей и торцов детали; для программирования определенной траектории движения при обработке не-



скольких различных по ширине нормальных кольцевых канавок (проточек), можно использовать один канавочный резец, соответствующий ширине наименьшей канавки; на токарных станках с ЧПУ имеется возможность изменять по программе режимы резания (частоту вращения шпинделя, подачу) в процессе обработки одной и той же поверхности.

Проектирование операции обработки на роботизированном токарном технологическом комплексе начинают с установления переходов обработки и необходимых рабочих ходов для удаления припусков. Из большого количества возможных вариантов выбирают наиболее производительный и экономичный, при котором число холостых вспомогательных и рабочих движений является наименьшим.

На рис.2.1 (а, б) показаны два варианта предварительной обработки ступенчатой детали. По первому варианту (рис. 2.1а) эту обработку выполняют за три перехода при удалении слоев металла 1, 2 и 3, по второму варианту (рис. 2.1б) за шесть более коротких переходов снимается слои металла 1,2 ... 6. По суммарному пути резания оба варианта равноценны, но первый вариант более предпочтителен, так как требует меньше команд на изменение движения инструмента, уменьшается суммарное время холостых движений за счет сокращения пути и торможения суппорта станка.

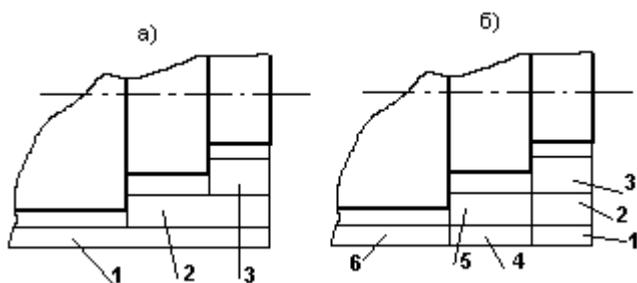


Рис.2.1 Варианты токарной обработки ступенчатых поверхностей

Все поверхности, окончательная обработка которых производится проходным или расточным контурным резцом, называют основными. К ним относятся: торцевые, цилиндрические и конические поверхности, а также поверхности с криволинейной образующей и неглубокие канавки и выточки (до 1 мм), которые мож-



но выполнять контурными резцами. Поверхности, для формообразования которых необходим режущий инструмент, отличающийся от контурного резца, называют дополнительными.

Несмотря на разнообразие форм обрабатываемых поверхностей, можно установить общую последовательность обработки заготовок на токарном комплексе:

- подрезание торца;
- центрование;
- сверление;
- черновая обработка основных поверхностей;
- черная обработка дополнительных поверхностей;
- чистовая обработка этих же дополнительных поверхностей так как она может выполняться, как правило, тем же инструментом, что и черновая обработка;
- чистовая обработка дополнительных поверхностей, не требующих черновой обработки;
- чистовая обработка основных поверхностей.

2.2 Выбор режимов резания

Важной и ответственной задачей при проектировании технологического процесса обработки является обоснованный выбор режимов резания.

Практикой выработаны определенные правила выбора таких режимов резания. Так, при черновой обработке основных поверхностей режимы следует назначать исходя из полного использования возможностей инструмента и станка, так как от черновых переходов в основном зависит производительность выполнения операции. Глубина резания t (мм) определяется в зависимости от технологических условий обработки, а подача на оборот S (мм/об) назначается согласно нормативам (приложение 2, табл.2). При обработке стали на величину подачи должен вводиться поправочный коэффициент K_S , учитывающий влияние характеристики обрабатываемого материала на удовлетворительное формирование стружки. Например, для инструмента с неплетачиваемыми пластинами твердого сплава поправочный коэффициент K_S на подачу определяется по таблице 3 (см. приложение 2).

Скорость резания V (м/мин) определяется по табл. 4.

Поправочные коэффициенты к этим значениям V даны в табл. 5...8.



Режимы обработки (V , t , S) на черновых переходах необходимо проверять по следующим значениям;

- наибольшие усилия подачи не должны превышать значений допускаемых механизмами станка;
- крутящий момент, возникающий при резании, не должен превышать момента передаваемого механизмами станка и зажимным устройством приспособления.

Таким образом, скорость резания равна:

$$V = V_{\text{дв}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot i^{\text{дв}},$$

где K_1 , K_2 , K_3 – коэффициенты зависящие от обрабатываемого материала, от стойкости и марки твердого сплава, а также от вида обработки соответственно.

При чистовом обтачивании наружных и торцевых поверхностей, а также при растачивании внутренних поверхностей режимы резания должны назначаться с учетом требований в шероховатости и точности обрабатываемых поверхностей. При использовании стандартного режущего инструмента глубина резания назначается по табл. 9 (см. приложение 2), а подача определяется по табл. 10.

Скорость резания определяется по табл. 4.

Перемещение чистовых, контурных проходных и расточных резцов при подрезании торца обратным точением рекомендуется проводить с подачей, равной $2,5S$ (S – подача при прямом точении по цилиндру), обработку фасок - с подачей равной S для угла 45° на конические поверхности или $0,5S$ по каждой координате.

При черновой обработке канавок различных форм подачу рекомендуется назначить по табл. II, а скорость резания по табл. 12 и 13. Величину скорости резания необходимо умножить на поправочные коэффициенты K_{dv} , K_{Ov} , K_{Uv} (табл. 14).

2.3 Построение траекторий движения режущих инструментов и расстановка опорных точек.

На технологических наладках вычерчиваются отдельно траектории перемещения каждого режущего инструмента. В начале каждой траектории вычерчивается условное изображение соответствующего инструмента и указывается его номер, который соответствует позиции револьверной головки, где он будет уста-



новлен.

На схемах движения инструментов пунктирными линиями указывают траектории холостых, а сплошными линиями – траектории рабочих перемещений. При этом условно считают, что заготовка остается неподвижной, а перемещается только инструмент.

При разработке траектории движения резцов прежде всего вычерчивается контур заготовки и выбирается исходная точка движения вершины резца (точка 0 на рис. 2.2). Положение исходной точки выбирается исходя из разных соображений: беспрепятственный поворот револьверной головки, безопасное снятие детали и установка новой заготовки и т.д. При настройке станка резец первоначально устанавливается в исходное положение (точку 0), которое задается расстояниями X_0 (от оси вращения шпинделя) и Z_0 (от торца патрона). Затем система ЧПУ настраивается так, что при поступлении от перфоленты соответствующих команд резец автоматически выводится в эту исходную точку сначала по одной, а затем по другой

координате. Режим выхода резца в исходную точку осуществляется в абсолютной системе координат, что позволяет сбросить погрешности заготовки вследствие обработки перемещений в приращениях.

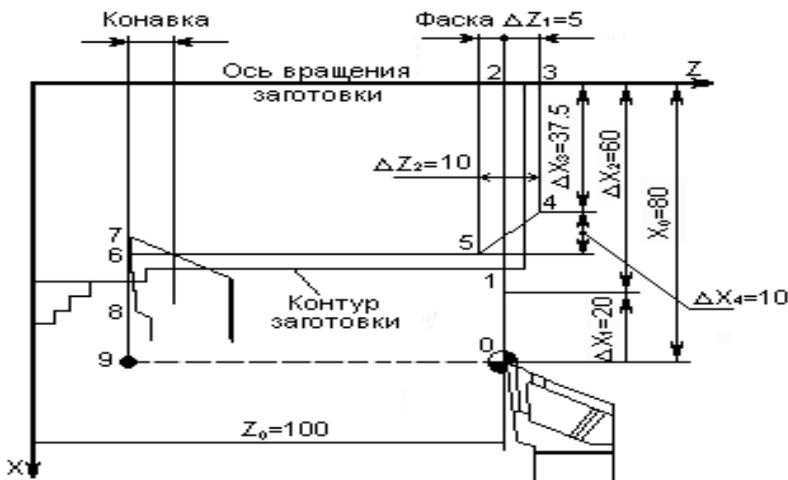


Рис. 2.2 Схема движения резца при токарной обработке

Опорные точки проставляются на траектории перемещения



резцов и нумеруются по порядку, начиная с нулевой. Каждая опорная точка характеризуется тем, что в ней меняется направление движения инструмента или режим обработки. Перемещение инструмента программируется от одной опорной точки до другой по определенной траектории таким образом, чтобы заданная точка инструмента поочередно совпадала с ними. Для проходного или подрезного резца программируется перемещение точки, соответствующей центру радиуса закругления вершин; для канавочного или отрезного резца – точка, соответствующая центру радиуса закругления левой или правой вершины; для сверла – точка пересечения его оси с режущей кромкой вершины.

Координаты опорных точек для каждого инструмента, выраженные в миллиметрах, заносятся в таблицы. Таблицы и траектории перемещения вычерчиваются в любом удобном месте чертежа.



3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ В ISO

Числовое программное управление – это автоматическое управление машиной при помощи компьютера (который находится внутри машины) и программы обработки (управляющей программы).

Под управляющей программой (УП) понимается совокупность закодированных команд для выполнения подготовительных, технологических и вспомогательных перемещения рабочих органов машины.

Метод подготовки управляющих программ может быть или ручным, или автоматизированным.

Ручное программирование применяется при изготовлении сравнительно простых по конфигурации деталей, когда трудоемкость подготовки программ вручную

соизмерима с трудоемкостью подготовки исходных данных для расчетов на ЭВМ. Результатом ручного программирования является условная текстовая или табличная запись кадров управляющей программы. Эти кадры наносятся за тем с помощью перфоратора на перфоленту в виде соответствующих комбинаций отверстий.

Подготовка УП осуществляется следующей последовательности:

- проектирование маршрутного техпроцесса обработки, представляемой в виде последовательности операций с выбором режущих и вспомогательных инструментов, приспособлений;
- разработка операционного техпроцесса с расчетом режимов резанья, с построением траектории движения режущих инструментов;
- расчет координат опорных точек траектории движения режущих инструментов;
- составление расчетно-технологической карты;
- разработка карты наладки станка;
- кодирование информации – формирование кадров УП с их ручной записью в виде текста или таблицы;
- контроль программы и исправление ошибок.



3.1 Система координат машины с ЧПУ

Работа машины с ЧПУ и программирование обработки тесно связаны с системами координат. Оси координат принимаются расположенными параллельно направляющим машины и позволяют при программировании указывать направления и величины перемещений рабочих органов.

При подготовке программ обработки детали рекомендуется использовать две прямоугольные координатные системы:

- основную систему координат, определяющую положение детали относительно шпинделя;
- дополнительную систему координат, определяющую положение резца относительно револьверной инструментальной головки.

Геометрическая информация о перемещении суппорта при обработке деталей задается в основной системе координат XZ, где ось Z совпадает с осью шпинделя, а ось X перпендикулярна оси шпинделя.

За начало основной системы принимается точка Б пересечения базового торца приспособления с осью Z (рис. 3.1). Точка Б названа «нулем станка».

За начало дополнительной системы координат принимается точка В, определяемая относительно установочных поверхностей в планшайбе инструментальной головки. Точка В названа «нулем инструмента».

Ось W_x дополнительной системы параллельно оси X основной системы. Положительным направлением обеих осей является направление от оси Z в сторону суппорта.

Ось W_z дополнительной системы параллельна оси Z основной системы. Положительным направлением обеих осей является направление от шпинделя.

Таким образом, положительными всегда являются такие движения, при которых инструмент и заготовка удаляются друг от друга.

Дополнительная система координат $W_x W_z$, связанная с точкой В (см. рис. 3.1), при обработке подвижна относительно основной системы координат X Z.

Положение точки В - начало дополнительной системы координат, представлено в основной системы координат:

$$X_0=85\text{мм}, Z_0=342\text{мм}.$$

Для выполнения расчетных перемещений суппорта необхо-



димомо знать положение вершины резца. Положение вершины резца, устанавливаемого в револьверной инструментальной головке, задается в координатах $\pm \Delta W_x$, $\pm \Delta W_z$ точки Д, принадлежащие резцу, в дополнительной системе координат W_x , W_z .

Положение точки Д в основной системе координат станка ХОZ определяет начальную «стартовую позицию» резца. От стартовой позиции производится начальный отсчет движения инструмента.

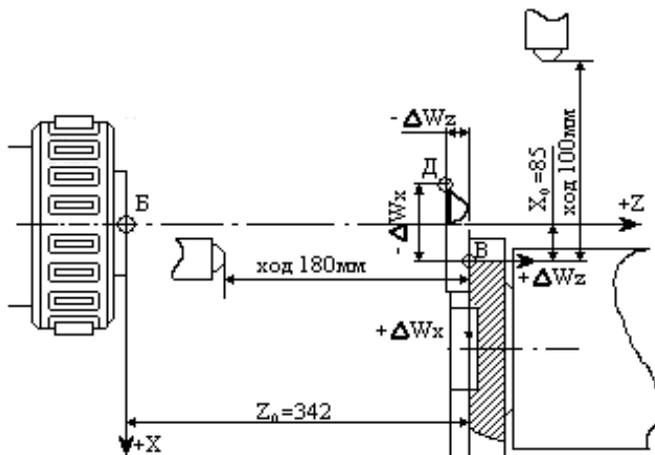


Рис. 3.1 Схема рабочей зоны машины мод. ТПК-125ВН2 комплекса

Для каждого резца стартовая позиция имеет свои координаты в основной системе координат, так как вылеты резцов ΔW_x и ΔW_z задаются из технологических соображений, обусловленных и контуром детали, и конкретным переходом в операции.

При данной компоновке технологического комплекса нуль инструмента В не совпадает с нулем машины Б.

Поэтому при работе ЧПУ в абсолютной системе координат перед вводом программы необходимо набрать на декадных переключателях «Смещение ОХ» и «Смещение ОZ» координаты точки В: $X_0 = \pm 85 \text{ мм}$, $Z_0 = \pm 342 \text{ мм}$ (с учетом дискретности привода машины РТК $N_x = \pm 085000$, $N_z = +171000$).

Началом координат может быть не только точка В, а любая точка, в пределах возможных ходов инструмента. В этом случае на декадных переключателях набираются величины, соответствующие расстоянию до выбранной точки отсчета.



3.2 Расчет геометрической информации управляющей программы

Расчет геометрической информации сводится к определению числа импульсов необходимых для перемещения режущего инструмента из одной опорной точки в другую.

Перевод величины координаты опорной точки из миллиметров в количество импульсов осуществляется по следующим формулам:

$$K_x = \frac{X}{i_x}; \quad K_z = \frac{Z}{i_z},$$

где X, Z – координаты опорной точки по соответствующим осям, выраженные в мм;

i_x, i_z – дискретность задания перемещения по этим осям.

Для машины мод. ТПК I25BH2 дискретность задания перемещения по оси X равна 0,001 мм, по оси Z - 0,002 мм.

В качестве привода подач в машине используются шаговые двигатели марки ШД-5ДТМУЗ. Двигатель имеет зубчатый ротор с полюсами, на обмотки которых поочередно подаются управляющие импульсы. Каждый импульс вызывает поворот ротора на один элементарный угол равный $1,5^\circ$. Поскольку мощность шагового электродвигателя небольшая и недостаточна для обеспечения необходимых: усилий резания, между ним и ходовым винтом устанавливается гидросилитель крутящего момента, который работает в режиме слежения, т.е. угол поворота его выходного вала равен углу поворота входного. С помощью шариковой пары винт - гайка вращательное движение преобразуется в поступательное движение суппорта машины. Величина перемещения суппорта зависит от количества импульсов, подаваемых на шаговый электродвигатель, а скорость перемещения (подача) – от частоты импульсов.

На машине возможна обработка в абсолютной или в относительной системах координат. При работе в абсолютной системе в управляющей программе записываются координаты опорных точек относительно системы координат детали.

При работе в относительной системе в программе указываются координаты каждой последующей опорной точки относительно предыдущей, т.е. величины приращений. При этом увели-



чивается трудоемкость подготовки управляющей программы, так как необходимо дополнительно рассчитывать величину приращений. Кроме того, вследствие переноса начала отсчета каждый раз в новую точку возможно накопление ошибок и, как следствие потеря точности обработки.

Режим работы в абсолютной системе координат указанных недостатков не имеет, поэтому рекомендуется применять его во всех возможных случаях.

Величины приращений подсчитываются следующим образом:

$$\Delta X_j = K_{Xj} - K_{Xj-1};$$

$$\Delta Z_j = K_{Zj} - K_{Zj-1};$$

где ΔX , ΔZ - величины приращений в импульсах;
 K_x , K_z - координаты опорных точек, выраженные в импульсах;

j – номер опорной точки.



4. ПРИМЕР РАСЧЕТА

Исходные данные:

Деталь - вал (табл. 4.1)

Операция - обточка шеек, предусмотреть черновой и чистовой проходы!

Обрабатываемый материал - сталь 45, твердость HB 215;

Характер заготовки - сталь калиброванная, круглая, холоднотянутая $\varnothing 20 \times 50,5$ мм.

Оборудование - роботизированный технологический комплекс состоящий из токарного станка высокой точности с ЧПУ мод. ТПК-125ВН2 и робота мод, РП-90I.

Паспортные данные станка:

Пределы частот вращения шпинделя, об/мин.....50 ... 2000;

Наибольшее перемещение суппорта, мм:

поперечного180;

продольного110;

Диапазон рабочих подач суппорта, м/мин:

поперечного3 ... 90

продольного5 ... 100

Скорость холостых перемещений суппорта, мм/мин:

поперечного400;

продольного800;

Дискретность задания перемещения, мм:

поперечного (ось X) 0,001

продольного (ось Z) 0,002;

Приспособление - трехкулачковый патрон.

Инструмент:

- резец проходной, $\varphi=93^\circ, r=0,5$ мм, Т5К10-2шт

- резец прорезной, $v=1,3$ мм, Р18- 1шт

- период стойкости резцов $T_p = 60$ мин.

4.1 Расчет режимов резания

По величине наибольшего припуска на обработку 2,6 мм (на сторону) с учетом необходимости оставления припуска на чистовую обработку 0,75 мм (табл. 9, приложение 2) устанавливаем при черновом точении глубину резания $t=1,75$ мм для шейки $\varnothing 15$ мм и для шейки $\varnothing 17$ мм $t=0,75$ мм.



Из-за маломощности приводов станка глубину резания следует принимать не более 2мм.

По таблице 2 (см. приложение 2) определяем подачу, величина которой для обработки стали при черновом точении детали диаметром до 20 мм с глубиной резания до 3 мм рекомендуется в пределах 0,3...0,4 мм/об.

Принимаем среднее значение подачи $S=0,35$ мм/об.

По таблице 4 определяем скорость резания, $V=135$ м/мин.

По таблицам 3, 5, 7, находим поправочные коэффициенты на величину подачи $K_S=1$ и скорость резания $K_1=0,75$, $K_2=1,0$.

С учетом поправочных коэффициентов для подрезки торца чернового точения детали подача $S=0,35 \cdot 1=0,35$ мм/об, скорость резания $V=135 \cdot 0,75 \cdot 1,0=108$ м/мин.

По установленной скорости резаний определяем число оборотов шпинделя

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi D} = \frac{108 \cdot 1000}{3.14 \cdot 20} = 1720 \text{ об/мин}$$

Тогда:

$$S_M = S \cdot n;$$

$$S_M = 0.35 \cdot 1720 = 600 \text{ мм/мин}$$

По паспортным данным машины принимаем для подрезки торца $S_M=90$ мм/мин, для чернового точения $S_M=180$ мм/мин.

Основное время:

$$T_0 = \frac{L}{S_M}$$

Длина прохода резца при подрезке заготовки $D = 20$ мм

$$L = \frac{D}{2} + Y + \Delta,$$

где Y - врезание резца. Принимаем $Y = 1$ мм;

Δ - пробег резца. Принимаем $\Delta=1$ мм,

Таким образом,

$$L = \frac{20}{2} + 1 + 1 = 12 \text{ мм};$$

$$T_0 = \frac{12}{90} = 0.13 \text{ мин.}$$

После подрезки торца предусмотрим отвод резца от детали



по оси Z на величину 1 мм (рис. 4.1, путь резца из точки 3 в точку 4), а также припуск 0,3 мм на втором горце детали (точка 6) после проточки шейки вала с $D=20\text{мм}$ до $D=16,5\text{мм}$. Этот припуск снимаем при прорезке канавки.

Основное время при точении шейки вала с $D=20\text{мм}$ до $D=16,5\text{мм}$.

$$T_o = \frac{15 + 1 - 0.3}{180} = 0.09 \text{ мин.}$$

Притточени шейки вала $D = 20\text{мм}$ до $D = 18,5\text{мм}$

$$T_o = \frac{15 + 0.3}{180} = 0.09 \text{ мин.}$$

Подачу для прорезки канавки шириной 1,3мм в стали выбираем из табл. II (см. приложение 2).

Принимаем $S=0,1\text{мм/об}$.

По табл. 13 определяем скорость резания $V=42\text{м/мин}$, а по табл. 14 поправочные коэффициенты $K_{dV}=0.84$; $K_{OV}=1.0$; $K_{UV}=1.0$.

С учетом поправочных коэффициентов скорость резания при прорезке канавки равна:

$$V = 42 \cdot 0,84 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 35,3\text{м/мин}$$

Число оборотов шпинделя при прорезке канавки

$$n = \frac{35.3 \cdot 1000}{3.14 \cdot 15} = 740 \text{ об/мин.}$$

Минутная подача

$$S_m = 0.1 \cdot 740 = 74 \text{ мм/мин.}$$

Длина прохода прорезного резца

$$L = \frac{18.5 - 14}{2} + 0.5 = 2.75 \text{ мм}$$

Основное время

$$T_o = \frac{2,75}{74} = 0,04 \text{ мин.}$$

Подачу для чистовой обработки детали находим из табл. 10 (см. приложение 2). Для заданной на чертеже детали широкости $R_A=2.5\text{мм}$, скорости резания $>50\text{м/мин}$ и радиусе при вершине резца $r=0.5\text{мм}$ находим $S=0,11\text{мм/об}$.

После черновой обработки шейки вала имеют диаметры 16,5 мм и 18,5 мм.

Число оборотов шпинделя при чистовой обработке



фаски 1,5 к 45° и шейки $D=16,5\text{мм}$.

$$n = \frac{108 \cdot 1000}{3,14 \cdot 16,5} = 2000 \text{об/мин.}$$

Минутная подача

$$S_M = 0,11 \cdot 2000 = 220 \text{мм/мин.}$$

Принимаем $S_M = 180 \text{мм/мин}$.

Основное время

$$T_0 = \frac{2,1 + 13,5}{180} = 0,09 \text{мин.}$$

При чистовой обработке шейки $D = 18,5\text{мм}$

$$n = \frac{108 \cdot 1000}{3,14 \cdot 18,5} = 1850 \text{об/мин.}$$

$$S_M = 0,11 \cdot 1850 = 203 \text{мм/мин.}$$

Принимаем $S_M = 180 \text{мм/мин}$.

$$T_0 = \frac{15}{180} = 0,08 \text{мин.}$$

Полученные параметры режимов резания заносим в операционную карту механической обработки (табл. 4.1).

Таблица 4.1 Режимы резания



4.2 Построение траектории движения инструментов, расчет координат опорных точек

Обработку детали будем рассматривать в абсолютной системе координат.

Для черновой обработки детали (см.рис.4.1,инструмент№1) необходимо выполнить следующее:

- быстрый подвод резца из точки 0 в точку 1;
- быстрый подвод резца из точки 1 в точку 2;
- подрезать торец детали в размер 50 (путь из точки 2 точку 3)
- отвод резца по оси Z на 1 мм (путь из точки 3 в точку 4);
- отвод резца по оси X (путь из точки 4 в точку 5);
- проточить с $\varnothing 20$ до $\varnothing 16,5$ на 15,7 мм (путь из точки 5 в точку 6);
- отвод резца по оси X (путь из точки 6 в точку 7);
- проточить с $\varnothing 20$ до $\varnothing 18,5$ мм (путь из точки 7 в точку 8)
- быстрый отвод резца из точки 8 в точку 9;
- быстрый отвод резца из точки 9 в точку 10.

Для прорезки канавки (см. рис 4.1, инструмент №2) необходимо выполнить следующее:

- быстрый отвод резца из точки 10 в точку 11;
- прорезать канавку с $\varnothing 18,5$ на $\varnothing 14$ (путь из точки 11 в точку 12);
- быстрый отвод резца из точки 12 в точку 13.

Для чистовой обработки детали (см. рис. 4.1 инструмент №3) необходимо выполнить следующее:

- быстрый подвод резца из точки 13 в точку 14;
- быстрый подвод резца т точки 14 в точку 15;
- проточить фаску $1,5 \times 45^\circ$ на 2,1мм (путь из точки 15 в точку 16);
- проточить с $\varnothing 16,5$ до $\varnothing 15$ на 13,5мм (путь из точки 16 в точку 17);
- отвод резца по оси X (путь из точки 17 в точку 18);
- проточить с $\varnothing 18,5$ до $\varnothing 17$ на 15мм (Путь из точки 18 в точку 19);
- быстрый отвод резца по оси X (путь из точки 19 в точку 20);
- быстрый отвод резца в исходную точку 0 (путь из точки 20



в точку.21).

Значения координат опорных точек заносим в табл.4.2.

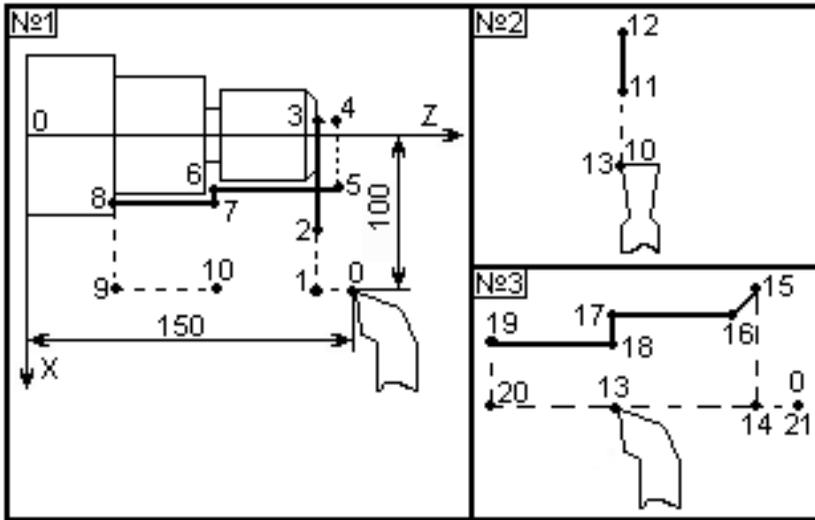


Рис.4.1 Траектория движения инструмента



Таблица 4.2 Значение координат опорных точек, мм

Инструмент №1			Инструмент №2			Инструмент №3		
Номер опорной точки	X	Z	Номер опорной точки	X	Z	Номер опорной точки	X	Z
0	100	150	10	100	35	13	100	35
1	100	50	11	9.75	35	14	100	50
2	11	50	12	7.0	35	15	6.0	50
3	-1	50	13	100	35	16	7.5	48.5
4	-1	51				17	7.5	35.0
5	8.25	51				18	8.5	35.0
6	8.25	35.3				19	8.5	20
7	9.25	35.3				20	100	20
8	9.25	20				21	100	150
9	100	20						
10	100	35						

Таблица 4.3 Ведомость управляющей программы



Номера опорных точек	Число импульсов по координатам		Частота вращения шпинделя, об/мин	Скорость подачи, мм/мин	Номер инструмента	Примечание
	Hx	Hz				
0	100 000	75 000			1	
1	100 000	25 000		быстр.	-	корр. X,Z
2	11 000	25 000		-	-	
3	-1000	25 000		600	-	
4	-1000	25500	-	-	-	
5	8250	25500	-	быстр.	-	
6	8250	17500	-	600	-	
7	9250	17650	-	-	-	
8	9250	10 000	-	-	-	
9	100 000	10 000	-	быстр.	-	
10	100 000	17500	-	-	-	
11	9750	17500	-	-	2	корр. X,Z
12	7000	17500	740	74	-	
13	100 000	17500	-	быстр.	-	



«Робототехника и мехатроника»

14	100 000	25 000	-	-	3	корр. X,Z
15	6000	25 000	1850	-	-	
16	7500	24250	-	203	-	
17	7500	17500	-	-	-	
18	8500	17500	-	-	-	
19	8500	10 000	2080	-	-	
20	100 000	10 000	-	быстр.		
21	100 000	75000	-	быстр.		возв. в "0"



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для подготовки и расчета управляющей программы к роботизированному технологическому комплексу ТПК 125ВН2 каждому студенту нужно получить индивидуальное задание. Номер варианта задания (приложение 1) соответствует порядковому номеру фамилии в списке группы.

2. В бланке отчета вычертить эскиз детали и выбрать и вычертить расположение осей координат.

3. Составить операционный тех. процесс обработки детали.

4. Составить траектории движения режущих инструментов с расстановкой опорных точек.

5. Произвести расчет геометрической информации управляющей программы.

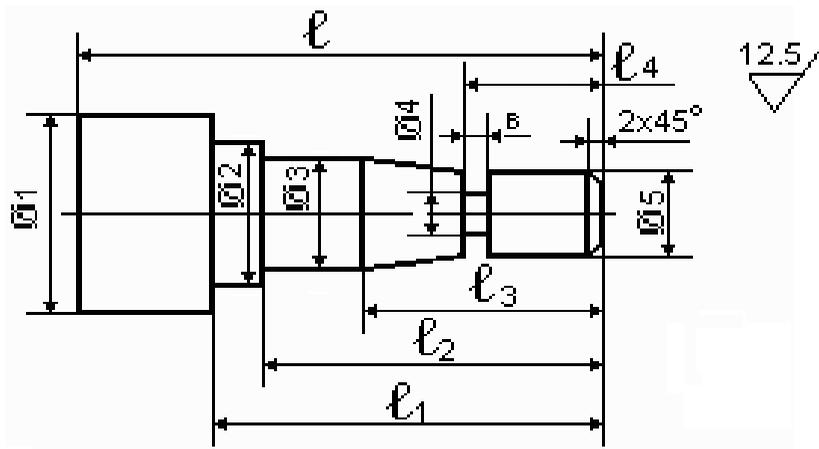
6. Полученные данные свести в табл. 4.3.

7. Сделать заключение о проделанной работе.

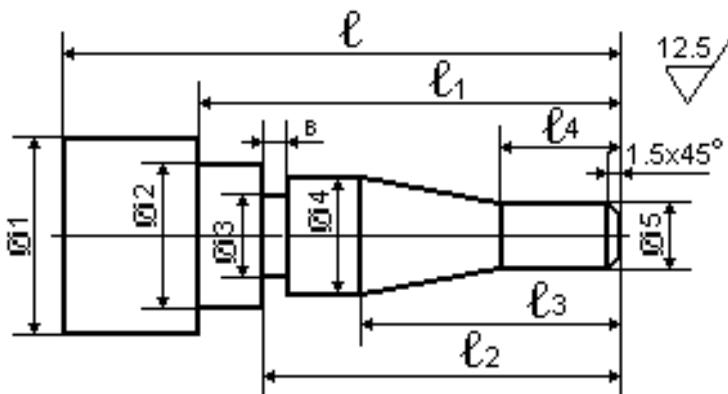
8. Оформить отчет.



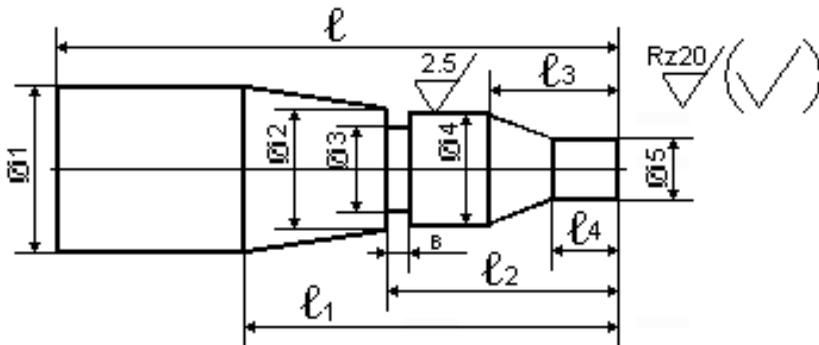
ПРИЛОЖЕНИЕ 1



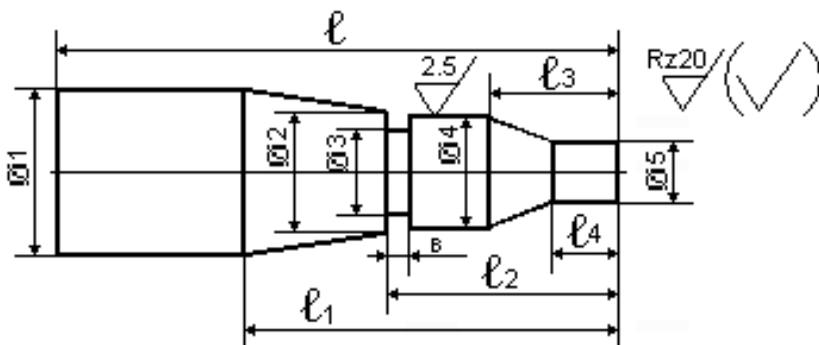
Вариант	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	l	l1	l2	l3	l4	в	Материал
1	20	16	12	6	8	50	35	30	18	10	1.5	Сталь 35
2	20	18	14	8	10	50	40	35	20	12	1.5	СЧ-15
3	25	20	15	10	12	55	45	35	25	15	2.0	ЛС 59-1
4	25	22	16	9	12	60	45	30	20	15	2.0	Сталь 40
5	30	25	20	16	18	65	50	35	25	20	2.5	СЧ 20



Вариант	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	ℓ	ℓ1	ℓ2	ℓ3	ℓ4	в	Материал
6	30	26	21	22	16	60	50	35	20	10	1.3	Сталь 45
7	30	25	18	20	15	65	55	38	22	15	1.5	СЧ-25
8	32	30	22	10	18	65	50	40	18	12	1.5	АЛ-2
9	25	22	17	24	14	70	55	35	20	15	2.0	Сталь 40Х
10	30	28	23	19	20	70	60	40	25	18	2.0	Сталь 50



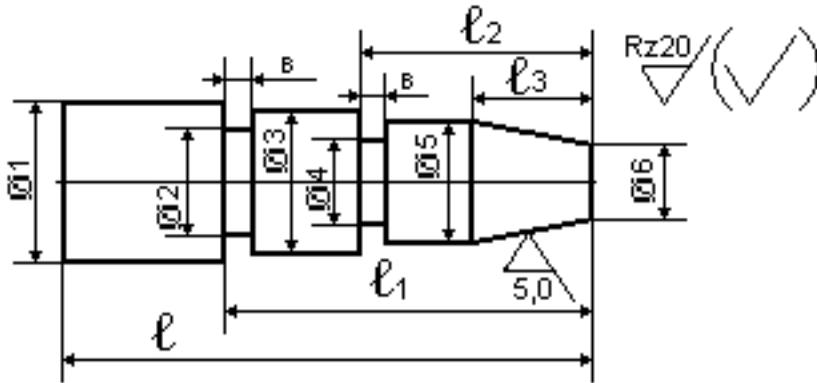
Вариант	$\varnothing 1$	$\varnothing 2$	$\varnothing 3$	$\varnothing 4$	l	l_1	l_2	l_3	l_4	R	α°	b	Матер.
11	20	16	10	12	50	35	25	12	2	3	45	1.3	СЧ-30
12	22	18	11	14	55	40	25	15	3	4	45	1.5	Ст-45Х
13	25	20	13	15	60	40	30	15	3	5	30	1.5	СЧ-15
14	28	22	14	15	60	45	30	16	4	5	30	1.8	Ст-50
15	30	24	13	16	55	42	28	15	4	4	45	2.0	Л-60



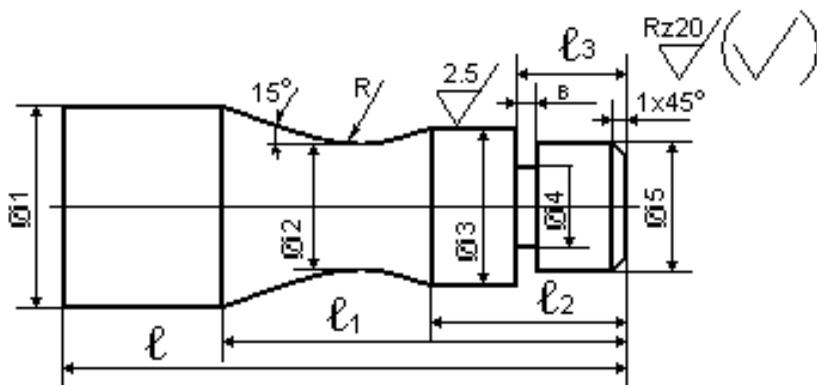
Вариант	$\varnothing 1$	$\varnothing 2$	$\varnothing 3$	$\varnothing 4$	$\varnothing 5$	l	l_1	l_2	l_3	l_4	b	Матер.
16	22	18	13	15	10	50	35	20	12	8	1.2	КЧ35-10
17	25	22	17	18	12	55	40	22	15	10	1.3	Ст. 20Х
18	30	25	18	20	15	60	40	25	18	12	1.5	ЛО62-1
19	30	28	20	22	15	60	45	28	20	14	1.8	СЧ – 20
20	35	32	22	25	20	65	45	35	25	18	2.0	Ст. 50Г



«Робототехника и мехатроника»



Вариант	$\varnothing 1$	$\varnothing 2$	$\varnothing 3$	$\varnothing 4$	$\varnothing 5$	$\varnothing 6$	l	l_1	l_2	l_3	b	Материал
21	18	15	16	10	12	8	50	35	20	10	1.2	СЧ-30
22	22	16	18	13	15	10	50	40	25	12	1.4	БРАЖ9-4
23	25	18	20	17	18	12	55	45	25	12	1.5	Ст. 40
24	28	19	22	18	20	15	60	45	30	15	1.5	Ст. 35Х
25	32	26	28	22	25	15	65	50	32	18	2.0	АЛ 19



Вариант	$\varnothing 1$	$\varnothing 2$	$\varnothing 3$	$\varnothing 4$	$\varnothing 5$	l	l_1	l_2	l_3	b	R	Материал
26	22	18	22	14	15	60	45	25	15	2	10	АК М7
27	30	20	25	14	18	55	45	20	15	2	12	Ст. 50Х
28	32	20	25	18	20	65	50	30	20	2.2	15	СЧ-25
29	35	22	28	19	20	70	60	40	25	2.5	20	Ст. 45
30	40	20	32	20	22	80	65	42	28	2.5	20	ЛС59-1



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1 Твердость обрабатываемого материала по Бринелю НВ

Сталь углеродистая и легированная					
Марка стали	Твердость НВ	Марка стали	Твердость НВ	Марка стали	Твердость НВ
35	144 – 156	20X	170	50X	245
40	156 – 190	35X	185	50Г	232
25	185 – 215	40X	205	18ХГТ	156 – 159
50	215 – 269	45X	226	30ХГС	207 – 217
Серый чугун			Ковкий чугун		
Группа твердости	Марка отливки	Твердость НВ	Группа твердос	Марка отливки	Твердость НВ
1	СЧ 15	190	1	КЧ30-6	163
	СЧ 20	200		КЧ30-10	149
2	СЧ 25	210	2	КЧ35-10	208
	СЧ 30	220		КЧ40-3	208
Медные сплавы					
Марка	Твердость НВ	Марка	Твердость НВ	Марка	Твердость НВ
Л-60	100	ЛО62-1	100	БРАЖ10-4	180
ЛС59-1	90	БРАЖ9-4	150	БРКН1-3	90
Алюминиевые сплавы					
АЛ-2	50	АЛ5-1	70	АЛ7	60
АЛ-4	70	АК5М7	80	АЛ19	90



Таблица 2 Подача S для черного наружного точения, мм/об

t, мм	Диаметр детали, мм	Обрабатываемый материал	
		Сталь	Чугун, Медные, алюминиевые сплавы
До 3	до 20	0.3 – 0.4	0.3 – 0.4
	40	0.4 – 0.5	0.4 – 0.5
	60	0.5 – 0.7	0.6 – 0.8

Таблица 3 Поправочный коэффициент K_s на величину подачи

Вид обработки	Тип реза	V, м/мин	Марка стали		
			20;30;20Х 35;40; 18ХГ	45;50;30Х; 40Х;45Х; 30ХГС	50Г;40У; 50У; 50ХФ
Наружное и торцевое точение	Черновой проходной	<100	1.7	1	1
	Проходной прорезной	>100	1.3	1	0.9
	Проходной Контурный	<100	1.1	1	0.25
		>100	1.2	1	1.4
Растачивание	Черновой	<100	1	1	0.9
	Расточной	>100	1	1	0.8
	Расточной контурный	<100	1.1	1	1.25
		>100	1.2	1	1.3

Таблица 4 Скорость резания V при точении проходными, под-резными и расточными резцами, м/мин.

t, мм	S, мм/об	Обрабатываемый материал					
		Сталь	Медные и Алюминиевые сплавы		Серый чугун	Ковкий чугун	
		Материал инструмента					
		Твердые сплавы	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав			
До 1	0.3	150	48	125	255	100	115
	0.5	130	40	106	210	88	105
	0.8	120	33	81	180	80	93
2.5	0.3	120	35	99	180	80	94
	0.5	105	27	78	150	70	82
	0.8	93	22	63	135	60	70

Таблица 5 Поправочный коэффициент K_1 на скорость резания при обработке стали

Марка обрабатываемой стали	Твердость НВ	Материал режущей части инструмента	
		Быстрорежущая сталь	Твердый сплав
35;40;45;50	156 – 207	1.0	1.0
	170 – 229	0.85	0.9
	207 – 269	0.65	0.75
20X;35X;40X; 45X;50X;	135 – 179	1.05	1.1
	170 – 217	0.75	0.9
	207 – 255	0.6	0.75
50Г; 18ХГТ; 30ХГС	149 – 170	0.9	0.95
	170 – 229	0.7	0.8
	229 – 269	0.55	0.7



«Робототехника и мехатроника»

Таблица 6 Поправочный коэффициент K1, на скорость резания при обработке чугуна

Вид обрабатываемого чугуна	Твердость НВ	Условия работы	
		Без корки	По корке
Серый чугун	163 – 229	1.0	0.8
	170 – 241	0.9	0.7
Ковкий чугун	130 – 170	1.0	0.7
	207 – 229	0.64	0.55

Таблица 7 Поправочный коэффициент K2 на скорость резания в зависимости от стойкости инструмента

Материал		Стойкость Тр, мин		
обрабатываемой детали	инструмента	до 30	45	50
		Сталь	Быстрореж.	1.3
T15K6	2.0		1.77	1.55
T14K8	1.6		1.42	1.26
T5K10	1.25		1.13	1.0
Серый чугун	ВКЗМ, ВК2	1.6	1.5	1.4
	ВК4, ВК6	1.35	1.25	1.15
	ВК8	1.15	1.1	1.0
Ковкий чугун	ВКЗМ, ВК2	2.1	1.92	1.75
	ВК4, ВК6	1.75	1.6	1.45
	ВК8	1.45	1.32	1.2

Таблица 8 Поправочный коэффициент K3 на скорость резания в зависимости от вида обработки

Переход	Условия обработки		Коэффициент K
Растачивание	d, мм	<75	0.35
Поперечное точение	d2 d1	0.4	1.35
		0.5 – 0.75	1.2
		0.8 – 1.0	1.05
Примечание: d – диаметр, мм; d1, d2 – наибольший и наименьший диаметры обработки, мм.			

Таблица 9 Глубина резания t при чистовой обработке материалов



«Робототехника и мехатроника»

Обрабатываемая поверхность	t , мм
Наружный диаметр	0.7 – 0.8
Торец при точении к центру	0.6 – 0.8
Торец при точении от центра	0.15 – 0.20

Таблица 10 Подача S при чистовом точении резцами с пластинам из твердого сплава или быстрорежущей стали, мм/об

Шероховатость R_a , мкм	Обрабатываемый материал	V , м/мин	Радиус при вершине резца r , мм	
			0.5	1.0
10 – 5	Сталь углеродист и легирован.	<50	0.3 – 0.5	0.45 – 0.6
		>50	0.4 – 0.55	0.55 – 0.65
	Чугун бронза и алюминиевые сплавы	$V_{min} \dots V_{max}$	0.26 – 0.4	0.40 – 0.50
5 – 2.5	Сталь углеродист и легирован.	<50	0.18 – 0.25	0.25 – 0.3
		>50	0.25 – 0.3	0.3 – 0.35
	Чугун бронза и алюминиевые сплавы	$V_{min} \dots V_{max}$	0.15 – 0.25	0.25 – 0.4



Таблица 11 Подача S для прорезке и отрезке, мм/об.

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Обрабатываемый материал			
		Закаленная сталь с твердостью HRC		Сталь и стальное литье	Чугун
		50	50		
до 20	1.3	0.06	0.04	0.05 – 0.1	0.11 -0.14
до 40	3	0.08	0.05	0.10 – 0.12	0.16 – 0.19
до 60	3 – 6	0.1	0.08	0.13 – 0.16	0.20 – 0.024



Таблица 12 Скорость резанья V , м/мин при прорезке и отрезке твердосплавными резцами при подаче S

Твердость обрабатываемого материала													
Сталь конструкционная углеродистая и легированная								Чугун					
								Ковкий					серый
S , мм/об	126 – 140	141 – 158	159 – 177	178 – 200	201 – 226	227 – 255	256 – 286	149 – 163	до 201	163 – 220	140 – 229	170 – 256	197 – 269
0.09	245	218	193	172	153	136	120	100	84	75	75	66	59
0.12	193	172	153	136	120	107	95	89	75	66	66	59	52
0.16	153	136	120	107	95	85	75	79	66	59	59	52	46
0.22	120	107	95	85	75	67	59	70	59	52	52	46	41
0.29	95	85	75	67	59	53	47	62	52	46	46	41	36
0.39	75	67	59	53	47	42	37	55	46	41	41	36	32
0.52	59	53	47	42	37	33	29	49	41	36	36	32	29

Таблица 13 Скорость резанья V при прорезке и отрезке резцами



из быстрорежущей стали P18 при подаче S

Обрабатываемый материал			S, мм/об, до	V, м/мин
Сталь конструкционная углеродистая			0.1	42
			0.13	36
			0.16	31
Чугун серый	Твердость HB	143 – 229	0.1	28
		197 – 269		22
		143 – 229	0.14	25
		197 – 269		20
		143 – 229	0.18	22
		197 – 269		17.7
Чугун ковкий	Твердость HB	149 – 163	0.1	28
		163 – 229		22
		149 – 163	0.14	25
		163 – 229		20
		149 – 163	0.18	44
		163 – 229		24



Таблица 14 Поправочные коэффициенты на скорость резанья при прорезке и отрезке

Условия обработки канавок		K _{dv}	K _{ov}	K _{uv}	
Отношение d:D	0 – 0.4	1.0	-	-	
	0.5 – 0.7	0.96	-	-	
	0.8 – 1.0	0.84	-	-	
Характер обработки	без охл.	-	1.0	-	
	с охл.	-	1.4	-	
Марка твердого сплава при обработки различных материалов	Сталь	T5K10	-	-	1.0
		T15K6	-	-	1.54
	Чугун	BK6	-	-	1.0
		BK8	-	-	0.83



РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лопыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM- система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 280 с.
2. Устройства числового программного управления: Учебное пособие для технических вузов / И.Г. Гусев, В.Г. Елисеев, А.А. Маслов - М.: Высш. шк., 1996.
3. Сибикин М.Ю. Технологическое оборудование. Металлорежущие станки: Учебное пособие / М.Ю. Сибикин – М.: ФОРУМ, 2012. – 448 с.
4. Козырев Ю.Г. Применение промышленных роботов: Учебное пособие / Ю.Г. Козырев. – М.: КНОРУС, 2013. – 488 с.
5. Вереина Л.И., Краснов М.М., Фрадкин К.И. Металлообработка: Учебное пособие. – М.: ИНФРА, 2013. – 320 с.
6. Сибикин М.Ю. Технологическое оборудование. Металлорежущие станки: Учебное пособие / М.Ю. Сибикин – М.: ФОРУМ, 2012. – 448 с.
7. Лопыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM- система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 280 с.
8. Устройства числового программного управления: Учебное пособие для технических вузов / И.Г. Гусев, В.Г. Елисеев, А.А. Маслов - М.: Высш. шк., 1996.