

**Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.»**

ПОДГОТОВКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНОГО СТАНКА С ЧПУ

Электронное издание локального распространения

Методические указания к курсовой работе по курсу
«Автоматизация производственных процессов в машиностроении»
для студентов направления

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2024

Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.

Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.

Составители: Насад Татьяна Геннадиевна, Козлов Геннадий Александрович

Под редакцией Насад Т.Г.

Рецензент И.А. Маслякова

410054, Саратов, ул. Политехническая, 77
Научно-техническая библиотека СГТУ
тел. 52-63-81, 52-56-01
<http://lib.sstu.ru>

Регистрационный номер

© Саратовский государственный
технический университет, 2023

Цель работы: изучить особенности ручного программирования и составить управляющую программу обработки заданной детали для токарного станка с ЧПУ мод.16K20Ф3С5.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Токарная обработка на станках с ЧПУ предназначена для формообразования торцовых и любых соосных поверхностей вращения, а также резьб как наружного, так и внутреннего типа. В общем случае конфигурация токарных резцов, используемых на токарных станках с ЧПУ, непосредственно не определяет форму обрабатываемой поверхности. Поэтому при формообразовании используется движение не по одной оси станка, а по двум согласованным – продольной, вдоль оси детали, и поперечной, перпендикулярной к оси вращения детали. Первой оси станка с ЧПУ принято присваивать обозначение Z, а второй – обозначение X (ГОСТ 23597 – 79).

В связи со спецификой конфигурации обрабатываемых деталей, представляющих собой тела вращения, геометрические расчёты при программировании токарной обработки сводятся к решению задач на плоскости в осевом сечении. Осями системы координат детали, в которой выполняются расчёты, является ось X, совпадающая с осью вращения детали, и ось Y, лежащая, как правило, в одной из торцовых плоскостей.

Станкостроительной промышленностью выпускается большое количество моделей токарных станков с различными устройствами с ЧПУ. Из них наиболее характерные принципы работы и программирования имеют токарные станки мод. 16K20Ф3С5 с устройством ЧПУ типа H22-1M. На примере указанной модели станка рассмотрим этапы технологической подготовки и методику разработки управляющих программ (УП). Методы и приёмы составления и расчёта УП с небольшими изменениями могут быть использованы и для других токарных станков с ЧПУ.

Станок 16K20Ф3С5 является наиболее массовой моделью токарного станка среднего размера с высотой центров 220 мм.

Станки этой модели предназначены для полуавтоматической токарной обработки деталей со ступенчатыми цилиндрическими, конусными, фасонными, наружными и внутренними поверхностями.

Кроме того, предусмотрена возможность нарезания резцом крепёжных резьб и других винтовых поверхностей.

Станок мод. 16K20Ф3С5 оснащён шестипозиционной револьверной головкой с горизонтальной осью вращения, установленной на поперечном суппорте. Поиск инструмента и поворот в нужную позицию револьверной головки осуществляется автоматически. В шпиндельной бабке станка предусмотрено переключение вручную трёх диапазонов

скоростей, что вместе с девятискоростной автоматической коробкой скоростей и с учётом перекрытия некоторых ступеней обеспечивает получение 22 частот вращения шпинделя в диапазонах: 12,5 – 200; 50 – 800; 125 – 2000 об/мин.

Краткая характеристика токарного станка мод. 16K20Ф3С5, оснащённого устройством ЧПУ типа Н22-1М, дана в табл. 1.

Согласование систем координат при программировании токарной обработки

В процессе подготовки УП для станков с ЧПУ деталь рассматривается в технологической системе (станок-приспособление-инструмент-деталь). Заготовка устанавливается на станке с помощью приспособления, которое фиксирует положение будущей детали относительно начального положения рабочих органов станка, определяющих и положение режущего инструмента.

Траектория инструмента строится относительно контура детали, а затем преобразуется в движение соответствующих рабочих органов станка. Для этого используются системы координат детали, станка и инструмента.

Система координат станка является главной расчётной системой, в которой определяются предельные перемещения, начальные и текущие положения рабочих органов станка. Систему координат станка с ЧПУ выбирают в соответствии с ГОСТ 23597-79.

Система координат детали служит для пересчёта размеров, заданных на чертеже детали, в координаты опорных точек её контура. В этой же системе координат производится расчёт опорных точек траектории инструмента. Под опорными точками понимают точки начала, конца, пересечения или касания геометрических элементов, из которых образованы линии контура детали и траектории инструмента.

Система координат инструмента предназначена для задания положения его режущей части относительно державки.

Инструмент описывается в рабочем положении в сборе с державкой. При описании всех инструментов для токарных станков с ЧПУ удобно использовать единую систему координат инструмента $X_{и}O_{и}Z_{и}$, оси которой параллельны соответствующим осям стандартной системы координат станка и направлены в ту же сторону. Начало системы координат $O_{и}$ принимают в базовой точке инструментального блока,

Таблица 1

Техническая характеристика станка мод.16K20ФЗС5

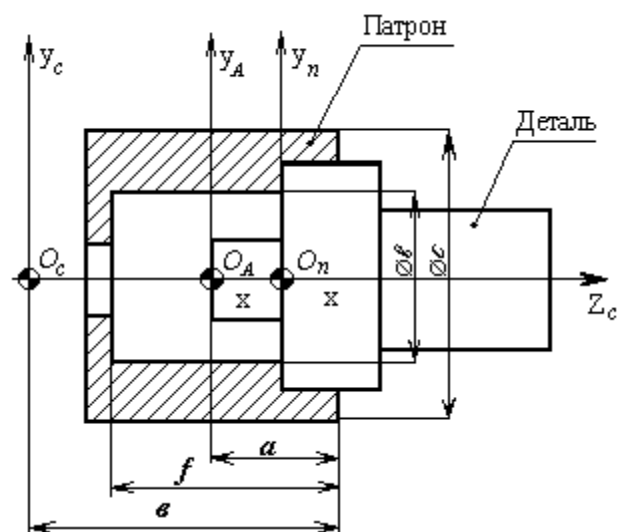
Х а р а к т е р и с т и к а	Показатель
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм: над станиной	400
над суппортом	220
Расстояние между центрами, мм	1000
Диаметр отверстия шпинделя, мм	52
Фланцевый конец шпинделя по ГОСТ 12593-72	6К
Центр шпинделя по ГОСТ 13214-79	Морзе N6
Наибольшая высота державки резца, мм	25
Число позиций револьверной головки	6
Наибольший шаг нарезаемой резьбы, мм	20
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5-2000
Число ступеней частот вращения шпинделя: общее/по программе	22/9
Наибольшее перемещение суппорта, мм: по оси X	250
по оси Z	900
Число подач	Бесступенчатое регулирование
Диапазон скоростей рабочих подач, мм/мин: по оси X	1,5-600
по оси Z	3-1200
Дискретность отсчёта, мм: по оси X	0,005
по оси Z	0,01
Скорость быстрых перемещений, мм/мин: по оси X	2400
по оси Z	4800
Точность обработки размеров, мм: диаметральных	0,03
линейных	0,05
Мощность привода главного движения, кВт	10

выбираемой с учётом особенностей его установки на станке. Связь систем координат детали, станка и приспособления показана на рис.1.

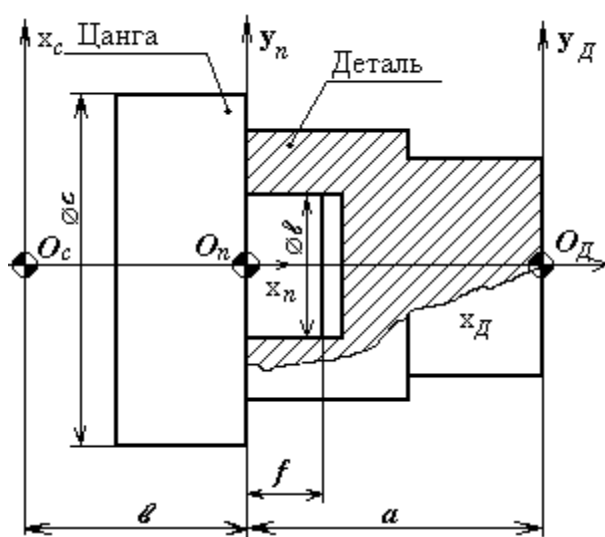
Одна из координатных осей токарного станка Z_c совпадает с осью вращения шпинделя, а вторая ось X_c ей перпендикулярна и проходит через нулевую точку системы координат станка O_c . Координатными осями приспособления (патрона или цанги) являются X_p , совпадающая с осью вращения шпинделя, и ось Y_p , лежащая в плоскости опорного торца. Расстояние $\mathbf{v}$ от начала системы координат станка O_c до начальной точки системы координат приспособления O_p имеет постоянную величину для каждого из используемых приспособлений. Помимо этого, конфигурация базовых элементов зажимного приспособления характеризуется наружным диаметром $\mathbf{\varnothing c}$ и координатой наружного торца патрона $\mathbf{d}$, которые используются для расчёта траектории инструмента, гарантирующей отсутствие столкновения его с приспособлением. Кроме того, задают диаметр $\mathbf{\varnothing b}$, который характеризует либо диаметр отверстия в патроне (при отрицательном значении $\mathbf{f}$, определяющем глубину этого отверстия), либо диаметр разжимной оправки (при положительной величине $\mathbf{f}$).

Начало системы координат детали O_d обычно выбирается технологом-программистом, исходя из удобства описания её конфигурации. Согласование систем координат детали и приспособления осуществляется заданием размера $\mathbf{a}$, определяющего в системе координат детали расположение опорного торца зажимного приспособления. При этом различают нормальный установ детали (рис.1,а), когда направление осей $O_d X_d$ и $O_p X_p$ совпадает, и обратный (рис.1,б), если оси имеют противоположное направление.

Координаты нулевой точки X_o и Z_o задаются относительно системы координат станка, а настроечные размеры режущего инструмента W_x и W_z , задаваемые в карте наладки инструмента, позволяют определять расположение расчётной точки инструмента в системе координат станка [6,7].



а)



б)

Рис.1.Схема согласования систем координат при программировании токарной обработки на станке с ЧПУ: а - нормальный установ детали в токарном патроне; б - обратный установ детали в цанговом патроне.

МЕТОДИКА РУЧНОЙ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ И ФОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Расчёт программ для станков с ЧПУ выполняют либо вручную, либо автоматически с использованием ЭВМ.

Рассмотрим для детали “Переходник” методику ручной подготовки УП и примеры оформления документов на технологический процесс и операцию, выполняемую на токарном станке с ЧПУ мод. 16K20Ф3С5.

Подготовка технологических данных

Комплектность и правила оформления документов на технологические процессы и операции, выполняемые на станках с ЧПУ, определены в ГОСТ 3.1418-82. Комплектность документов устанавливается разработчиком в зависимости от типа производства и разрабатываемых видов технологических процессов (операций).

Чаще всего исходным документом для выполнения этого этапа является маршрутная карта (ГОСТ 3.1118-82), пример заполнения которой дан на рис.2.

В качестве заготовок для деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ средних размеров в условиях серийного производства, используется разрезной прокат. При диаметрах заготовок от 50 мм и выше используются штучные заготовки на одну деталь. Для деталей, максимальный диаметр которых меньше 50 мм, возможно использование одной заготовки на несколько деталей.

Заготовки для деталей, обрабатываемых в центрах, должны быть зацентрированы с двух сторон, а один из торцев подрезан.

При использовании в качестве заготовок поковок необходимо предварительно обтачивать поверхности, используемые для закрепления. Термообработка заготовок (улучшение), если она требуется, должна проводиться перед программной операцией [4].

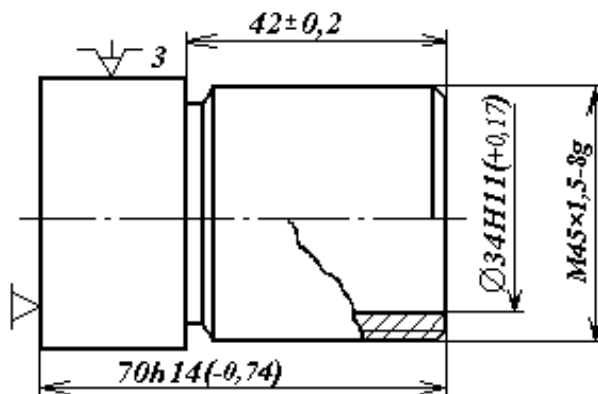
Приложением к маршрутной карте может быть карта заказа (КЗ/П - рис.3), обязательно эскиз детали (рис.5-7). При разработке данных документов определяют последовательность переходов, назначают режимы резания с учётом величин припусков на обработку, требований к детали, силовых и других возможностей станка, режущего инструмента и оснастки перечисленные документы оформляют по ГОСТ 3.1418-82, ГОСТ 3.1104-81 и ГОСТ 3.1702-79, а, кроме того, используют справочно-нормативные материалы [1-3, 5].

Подп. N		Подп. и дата		Взам. N		Дубл. N		Подп. и дата		01146.00006									
НПО "Чайка"				МАРШРУТНАЯ КАРТА				406423.029				01146.00006							
								ПЕРЕХОДНИК				Литера	0						
Материал						Код ед. ве- личины	Масса Дета- Ли	Заготовка				Ед. норм	Норма расход	Коеф. исп. матер.					
Наименование, марка				Код				Код и вид	Профиль и размеры	Кол. дет.	Масса								
Бронза Бр. АМц9-2 ГОСТ 18175-78						кг	0,41	Пруток	Ø50 x 2000	27	33,6	кг	1,24	0,33					
Номер			НАИМЕНОВАНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОПЕРАЦИИ					Оборудование (код , номер)		Приспособление и инструмент (код , номер)		К шт	Кол. раб	Кол. одн обр. дет	Код т.с	Объем производства партии	T _{п.з.}		
Цеха	Участка	Операции										Код профес.	Разряд	Ед. нормир.	Код. вн.		T _{шт}		
03	02	005	4180. ЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ					16K20		Патрон 3-х кул.		1	1	1	х				
			Отрезать заготовку							Резец прорезной		22	3	1	р				
05	01	010	4110. ТОКАРНАЯ					16K20		Патрон 3-х кул.		1	1	1	х				
			(60140. 00006)									22	4	1	р				
05	01	015	4114. ТОКАРНАЯ ПРОГРАММНАЯ					16K20Ф3С5		Патрон 3-х кул.		1	1	1	х				
			(60146. 00006)									26	26	1	р				

Рис. 2

					01146.00006	1	1
			НПО "Чайка"	406423.029	-	50146.00006	
			ПЕРЕХОДНИК				O ₁
			Наименование операции		Оборудование, устройство ЧПУ		
			ТОКАРНАЯ		16K20Ф3С5, Н22 - 1М		
			Дата РП	Дата ВП		Кол. запусков	Тираж программы
			03.04.86	16.04.86	450	4	4

ЭСКИЗ ДЕТАЛИ



Выполнение остальных размеров по чертежу детали.

ЭСКИЗ ЗАГОТОВКИ

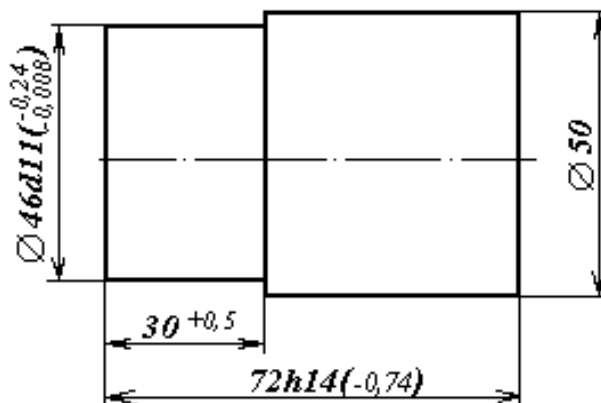
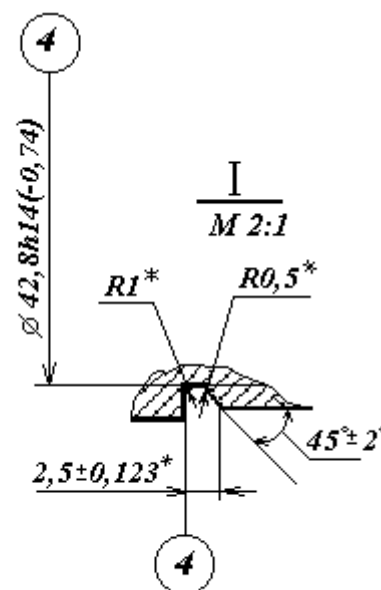


Рис. 3

Дубл.	Взам.	Подп.					Разраб.	Иванов		04.04.86
							Соглас.	Воронов		05.04.86
							Н. контр.			
КЗ/П			Для разработки управляющих программ							

						01146.00006	1	1
Разраб.	Попов			НПО "Чайка"	406423.029	-	20146.00006	
Соглас.	Сидоров							
				ПЕРЕХОДНИК			05 01	015
Н. контр.	Васильева							

Technical drawing of a mechanical part (Fig. 1) showing a cross-section with dimensions and labels. The part has a total height of $32H11(-0,074)$ and a total width of $70h14(-0,74)$. The top surface is flat with a width of $42 \pm 0,2$. The bottom surface has a fillet with a radius of $1,6 \times 45^\circ$ and a width of $42 \pm 0,2$. The part is labeled with 1, 2, 3, 4, and 5. A vertical dimension of $M45 \times 1,5-8g$ is indicated on the right side.



* Размеры обеспечиваются заточкой резца

Рис.4

KЭ

Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
																01146.00006		2			
										406423.029					60146.00006			015			
						ПИ	ДилиВ	L	t	i	S	n	V	Tв	To						
14	8313-0944Н14 ГОСТ 14810-69 - пробка																				
15																					
P16	2					Ø30	74	15	1	150	800	75,4	0,34								
17																					
O18	4. Расточить отв. Ø32Н11 (+0,16) напроход																				
T19	АД.382.000 ТУ2 035-297-72 - блок инструментальный; К.01.4499.000 ГОСТ 1948-80 - резец расточной;																				
20	8132-0948Н11 ГОСТ 14810-69 - пробка																				
P21	3					Ø32	74	1	1	120	800	80,4	0,13								
22																					
O23	5. Точить канавку в размер: 2,5±0,125 и фаску 1,1×45°																				
T24	АД.382.000 ТУ2 035-297-72 - блок инструментальный; К.01.4163.000 ТУ2 035-588-77 - вставка резцовая;																				
P25	3					Ø42,8	3	2,2	1	100	800	107,6	0,03								
26																					
O27	6. Нарезать резьбу М45 х 1,5 -8g																				
T28	АД.382.000 ТУ2 035-297-72 - блок инструментальный; К.01.4271.000 ТУ2 035-588-77 - вставка резцовая;																				
29	8211-1148 8g ГОСТ 17764-72 - кольцо; 8211-0148 8g ГОСТ 17763-72 - кольцо																				
ОК		Рис. 6. Обработка деталей на металлорежущих станках с ЧПУ																			

14

Разработка карты наладки инструмента

Карта наладки инструмента (КН/П) является сводным технологическим документом, определяющим состав режущего инструмента на весь технологический процесс или отдельную технологическую операцию. Совместно с КН/П дополнительно используют карты эскизов (КЭ). Оба этих документа содержат следующую информацию:

- способ закрепления заготовки в приспособлении;
- контуры обрабатываемых поверхностей;
- координаты нулевого положения суппорта;
- расстановку инструментов в revolverной головке станка и их обозначение;
- расстояния (вылеты) от оси резцедержателей до формообразующей вершины каждого инструмента в продольном и поперечном направлениях;
- указание для каждой поверхности, каким инструментом она должна быть обработана;
- наладочные размеры, величины коррекции инструментов, а также номера соответствующих корректоров.

Примеры оформления КН/П и КЭ на токарную операцию даны на рис.8 и 9.

Расчёт опорных точек контура детали “Переходник”

Определение геометрических элементов контура детали ведётся по заданным на чертеже размерам. Размеры детали и величины межоперационных припусков на обработку могут задаваться с отклонениями или обозначениями квалитетов.

Вычисление координат опорных точек контура детали ведётся в системе координат детали с помощью уравнений, описывающих геометрические элементы и соотношения в треугольниках.

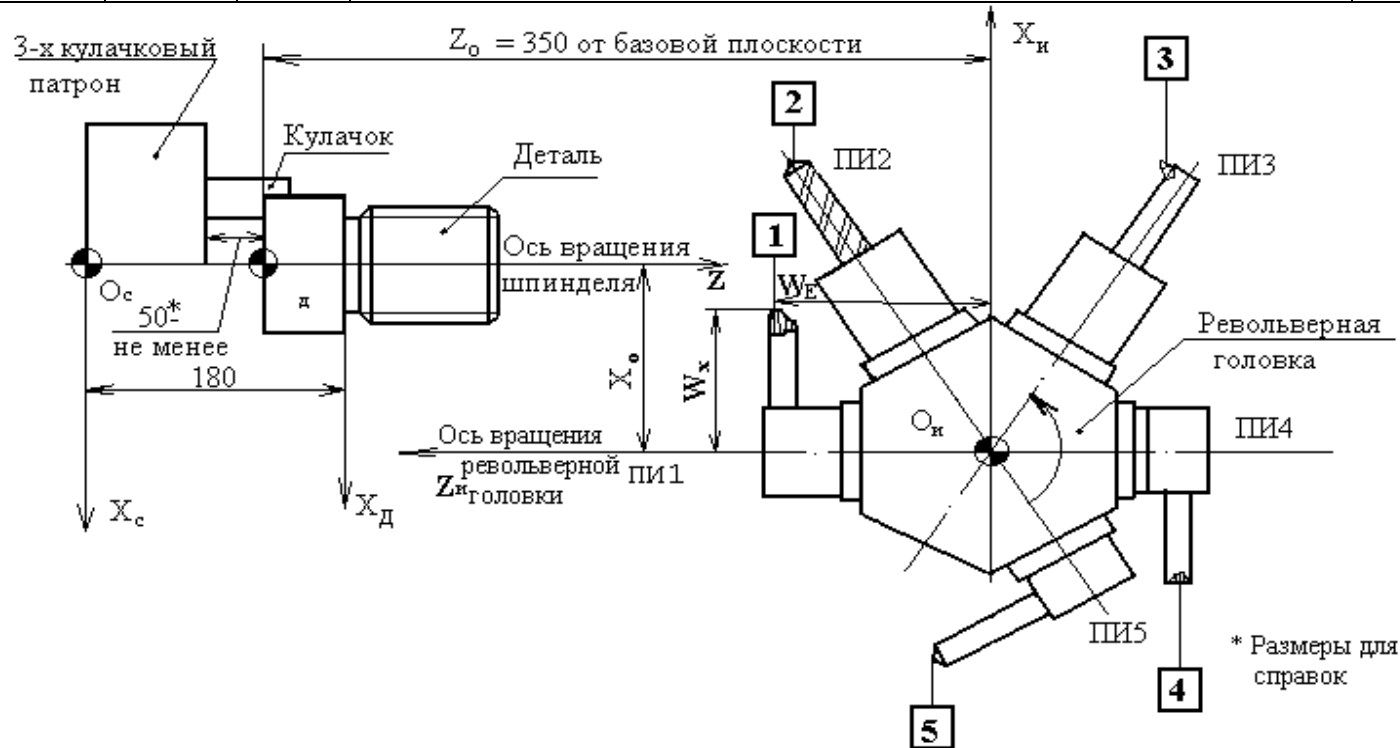
В данном примере расчёт перемещений инструмента, для упрощения, производится по контуру детали без учёта радиуса резца, считая его близким к нулю. Далее величины приращений переводятся в количество импульсов управления приводом по каждой координате с учётом цены импульса для станка мод. 16K20Ф3С5 в мм.

Расчёт координат опорных точек детали “Переходник” ведётся с использованием геометрической информации из КЭ по переходам 1-5 (рис.10-14), а определение приращений и количества импульсов по формулам:

Дубл.			
Взаим.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Разраб.	Попов			НПО "Чайка"	406423.029	-	42146.00006		
Соглас.	Сидоров								
				ПЕРЕХОДНИК				05 01	015
Н. контр.	Васильева								



$X_c O_c Z_c$ - система координат станка
 $X_d O_d Z_d$ - система координат детали
 $X_i O_i Z_i$ - система координат инструмента

X_0, Z_0 - координаты исходного положения револьверной головки
 W_x, W_z - координатные расстояния вершины режущих инструментов

Рис.8

ПЕРЕХОД 2

Рис. 11

KЭ

							01146.00006	1	1
Разраб.	Попов			НПО "Чайка"	406423.029	-	20146.00006		
Соглас.	Сидоров								
				ПЕРЕХОДНИК				05 01	015
Н.контр.	Васильева								

Рис. 12

KЭ

							01146.00006	1	1
Разраб.	Попов			НПО "Чайка"	406423.029	-	20146.00006		
Соглас.	Сидоров								
				ПЕРЕХОДНИК				05 01	015
Н.контр.	Васильев								

Рис. 13

1

20146.00006

015

Рис. 14

22

$$\Delta X_{i-(i+1)} = X_i - X_{i+1} \text{ (мм); } \Delta X_{\text{имп}} = \Delta X / 0,005 ;$$

$$\Delta Z_{i-(i+1)} = Z_i - Z_{i+1} \text{ (мм); } \Delta Z_{\text{имп}} = \Delta Z / 0,01 ,$$

где 0,005 – цена импульса (дискретность отсчёта) по оси X;

0,01 – цена импульса по оси Z;

i – номер опорной точки.

Результаты геометрического расчёта координат опорных точек сведены в карту геометрической информации (табл. 2).

Таблица 2

Карта геометрической информации для обработки
детали " Переходник "

N Пере- Хода	N опор- ной точки	Абсолютные размеры , мм		Размеры в приращениях			
				ΔX		ΔZ	
		X	Z	Мм	имп	мм	имп
1	2	3	4	5	6	7	8
1	O₁	110	288	0	-	-214	-21400
	1	110	74	-87,6	-17,520	0	-
	2	22,4	74	0	-	-44	-4400
	3	22,4	30	0,6	120	0	-
	4	23	30	0	-	40	4000
	5	23	70	-24	-4800	0	-
	6	-1	70	0	-	0,5	50
	7	-1	70,5	21,4	4280	0	-
	8	20,4	70,5	2,6	520	-2,6	-260
	9	23	67,9	87	17400	0	-
	10	110	67,9				
	O₁	110	288	0	-	220,1	22010
2	O₂	140	78	-140	-28000	0	-
	1	0	78	0	-	-6	-600
	2	0	72	0	-	-82	-8200
	3	0	-10	0	-	82	8200
	2	0	72	140	28000	0	-
	4	140	72				
	O₂	140	78	0	-	6	600

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8
3	O₃	150	100	0	-	-28	-2800
	1	150	72	-133,92	-26784	0	-
	2	16,08	72	0	-	-79	-7900
	3	16,08	-7	-0,52	-104	0	-
	4	15,56	-7	0	-	79	7900
	5	15,56	72	134,44	26888	0	-
	1	150	72	0	-	28	2800
	O₃	150	100	0	-	28	2800
4	O₄	110	288	0	-	-260	-26000
	1	110	28	-85	-17000	0	-
	2	25	28	-3,7	-740	0	-
	3'	21,3	28	0,1	20	0	-
	3''	21,4	28	2,6	520	0	-
	4	24	28	86	17200	0	-
	1	110	28	0	-	260	26000
	O₄	110	288	0	-	260	26000
5	O₅	110	288	0	-	-213,5	-21350
	1	110	74,5	-87,49	-17498	0	-
	2	22,51	74,5	0	-	-45,5	-4550
	3	22,51	29	1,49	298	0	-
	4	24	29	0	-	45,4	4540
	5	24	74,4	-1,64	-328	0	-
	6	22,36	74,4	0	-	-45,4	-4540
	7	22,36	29	1,64	328	0	-
	8	24	29	0	-	45,5	4550
	9	24	74,5	-1,75	-350	0	-
	10	22,25	74,5	0	-	-45,5	-4550
	11	22,25	29	1,75	350	0	-
	12	24	29	0	-	45,44	4544
	13	24	74,44	-1,84	-368	0	-
	14	22,16	74,44	0	-	-45,44	-4544
	15	22,16	29	1,84	368	0	-
	16	24	29	0	-	45,5	4550
	17	24	74,5	-1,92	-384	0	-
	18	22,08	74,5	0	-	-45,5	-4550
	19	22,08	29	87,92	17584	0	-
	20	110	29	0	-	259	25900
	O₅	110	288	0	-	259	25900

Обработка винтовых поверхностей

Крепёжные и ходовые резьбы, червяки и другие винтовые поверхности могут обрабатываться на токарных станках с ЧПУ, имеющих связь между поступательным и вращательным движениями рабочих органов. Эта связь, в отличие от жёсткой механической на обычных токарно-винторезных станках, осуществляется синхронизацией линейной интерполяции движения подачи с вращением шпинделя с помощью датчика углового положения.

Технологические схемы многопроходной обработки крепёжных резьб показана на рис.15. Их строят, исходя из того, что форма резьбового резца соответствует профилю обрабатываемой резьбы. На схеме (рис.15,а) представлен общий случай радиального перемещения резьбового резца под некоторым углом α к направлению винтовой поверхности. Частными случаями этой схемы являются схемы, которые предусматривают заглубление резца перпендикулярно к направлению винтовой поверхности (рис.15,б) и вдоль одной из сторон профиля резьбы (рис.15, в, г). По схемам на рис.15, д, е перемещение резца производят поочерёдно вдоль обеих сторон профиля резьбы. При нарезании резьбы по схемам (рис.15, а, б) в резании участвуют одновременно обе режущие кромки резца, стружка имеет корытообразную форму, что повышает её жёсткость и тем самым увеличивает нагрузку на резец. Нарезание резьбы по схемам (рис.15, в, г) обеспечивает лучшее стружкообразование, но приводит к неравномерному изнашиванию режущих кромок резца. Схемы на рис.15, д, е позволяют наряду с удовлетворительным стружкообразованием достигнуть равномерности изнашивания обеих кромок резца. Резьбонарезание по схеме (рис.15,е) предусматривает образование зазора между переходами ε , исключая трение ненагруженной кромки резца, что повышает стойкость инструмента.

Нарезание резьбы М45х1,5 (переход 5) на детали "Переходник" приведём по схеме (рис.5,е).

Исходными данными для расчёта опорных точек начал проходов служат: диаметр резьбы $D=45$ мм, шаг резьбы $P=1,5$ мм, число проходов $K=5$ и зазор между проходами $\varepsilon=0,02$ мм. Расчётная схема нарезания резьбы приведена на рис.16.

Высота исходного треугольника $H = P \sqrt{3/2} = 1,3$ мм.

Глубина разделяемой на переходы впадины равна $h = H - H/8 - H/6 = 0,92$ мм.

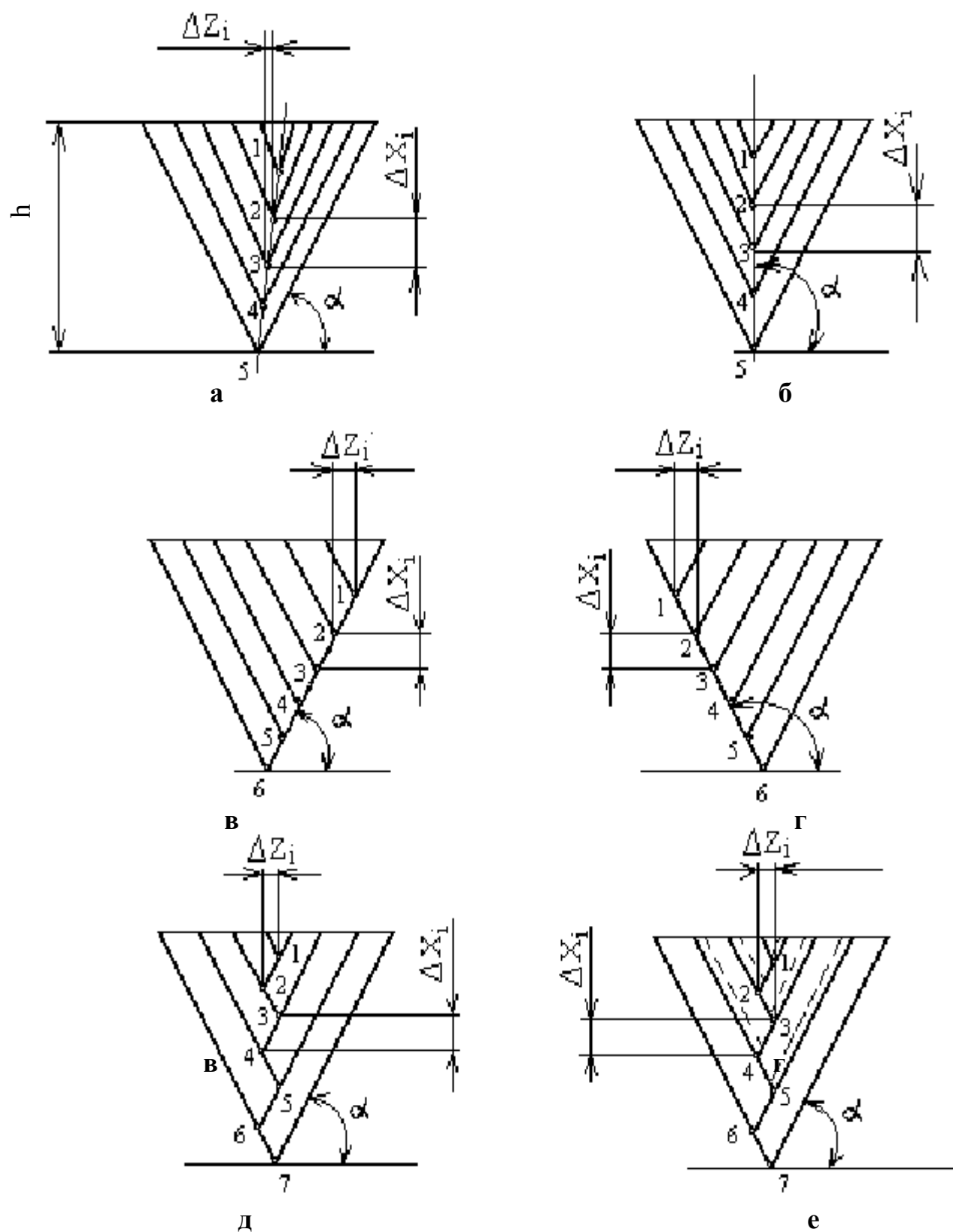


Рис. 15. Схема обработки резьбы на токарных станках с ЧПУ

Постоянство сечения стружки на i -м переходе достигается разделением припуска по закону геометрической прогрессии, то есть:

$$t_i = (h/\sqrt{K}) (\sqrt{i} - \sqrt{i-1})$$

Приращения координаты ΔZ вершины резбового резца на i -м переходе определяются по формуле

$$\Delta Z_i = -t_i * \operatorname{ctg} \alpha \quad (\text{при чётных } i);$$

$$\Delta Z_i = t_{i-1} * \operatorname{ctg} \alpha \quad (\text{при нечётных } i, \text{ кроме } i=1),$$

то есть $\Delta Z_1 = 0$.

Приращения координаты ΔX с целью образования зазора: первое приращение увеличивают на $(K-1)\epsilon$, а последующие уменьшают на величину ϵ :

$$\Delta X_1 = -t_1 - (K-1)\epsilon;$$

$$\Delta X_i = -t_i + \epsilon.$$

Тогда координаты начал проходов в системе координат станка:

$$X_i = D - 2\Delta X_i;$$

$$Z_i = L_{Z5} + 3P + \Delta Z_i,$$

где L_{Z5} - координата торца детали по оси Z (для перехода 5).

Расчётная схема для нарезания резьбы

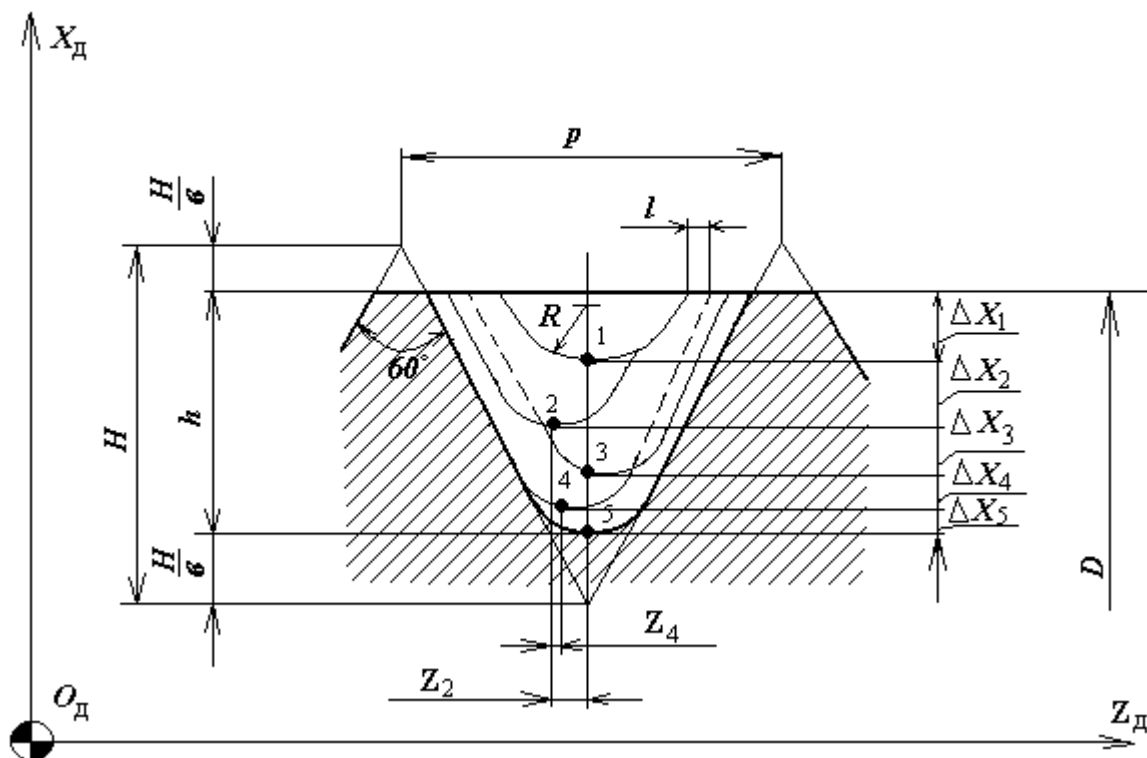


Рис. 16. Расчётная схема для нарезания резьбы

Глубина проходов t_i , приращения координат ΔX_i , ΔZ_i , рассчитанные по приведённым формулам, и координаты (размеры в мм) точек начал проходов в системе координат станка сведены в табл. 3.

Таблица 3

**Карта геометрической информации
для нарезания резьбы М45 х 1.5**

№ прохода i	t_i	ΔX_i	ΔZ_i	X_i	Z_i
1	0.41	-0.49	0	44.02	74.50
2	0.17	-0.15	-0.10	43.72	74.40
3	0.13	-0.11	0.10	43.50	74.50
4	0.11	-0.09	-0.06	43.32	74.44
5	0.10	-0.08	0.06	43.16	74.50

Кодирование и запись управляющей программы

Технологический процесс обработки детали на станке с ЧПУ, детализированный до элементарных перемещений и технологических команд, служит исходной информацией для кодирования, записи, контроля и редактирования УП.

Структуру УП, её формат и методы кодирования управляющей информации, вводимой с перфолент, определяет ГОСТ 20999-78.

Геометрическую информацию, содержащуюся в графах 6 и 8 табл.2, и соответствующие коды необходимо записать в карте кодирования информации (ККИ) в виде последовательности букв и цифр, т.е. закодировать. При этом необходимо соблюдать правила программирования устройства ЧПУ типа Н22-1М.

Кодирование информации в устройстве Н22-1М, которым оснащён станок мод. 16К20Ф3С5, производится в коде ИСО-7бит (ГОСТ 13052-74). Программоносителем является восьмидорожечная перфолента шириной 25.4 мм, параметры которой регламентирует ГОСТ 10860-68.

Закрепление символов за командами и порядок записи управляющей информации в кадре программы для этого устройства ЧПУ приведены в табл.4.

Структура и формат программы

Слово		Содержание	Использование
Адрес	Разрядность		
№	3	Номер кадра	Обязательно в начале кадра
G	2	Подготовительная функция	Изменение условий перемещений
X Z	4-6	Перемещение по осям X,Z	Обязательно, если X=0 Обязательно, если Z=0 Знаки "+" и "-" указывать обязательно
M	3	Вспомогательная функция	Обязательно
F	5	Функция подачи	При изменении подачи
S	3	Скорость главного движения	При изменении скорости
T	3	Функция инструмента	При смене инструмента
L	2	Номер корректора	При вводе и отмене коррекции
D	6	Шаг резьбы	Только при G33 со знаком "+"
I K	6	Координаты центра круга	Обязательно при I=0 Обязательно при K=0 Обязательно со знаком "+"
LF	-	Конец кадра	Обязательно в конце кадра
%		Начало программы	Предшествует первому кадру

Слово "Номер кадра" служит для обозначения элементарного участка УП и является вспомогательной информацией. Номер адреса задаётся адресом № и целым десятичным числом. Слово "Подготовительная функция" определяет режим работы устройства ЧПУ. Эти слова задаются адресом G. Каждый кадр заканчивается символом LF. Все остальные адреса записываются между G (или №) и LF в произвольном порядке. В одном кадре не допускается запись более одной подготовительной функции. Нулевая информация по адресам X,Z,K,I не указывается. В кадрах, где присутствуют команды G26 и G27, геометрическая информация не указывается, а подход к нулевой точке станка возможен только по одной координате.

Слово "Функция подачи" определяет скорость подачи, которая в кадре записывается под адресом F и задаётся пятью разрядами. Старший разряд после адреса - признак режима обработки. В четырёх младших разрядах задаётся величина скорости подачи в мм/мин.

Первый разряд может принимать значения, которые соответствуют следующим режимам: 1 - разгон, 2 - торможение, 7 - признак ускоренного перемещения. В режиме торможения все величины подач уменьшаются в 20 раз. Рабочие подачи можно задавать в диапазоне от 1 до 1200 мм/мин., причём если задавать режим торможения, то будут отрабатываться подачи в диапазоне 0.05-60 мм/мин. При задании ускоренного перемещения (F70000) перемещение допускается только по одной из координат.

Слово "Скорость главного движения" записывается с адресом S и определяет частоту вращения шпинделя в об/мин. Код частоты вращения шпинделя станка мод. 16K20Ф3С5 назначается согласно табл. 5.

Таблица 5

Код частоты вращения шпинделя S000	Диапазоны					
	1		2		3	
	Об/мин	Мкр кгс·м	Об/мин	Мкр кгс·м	Об/мин	Мкр кгс·м
:01	12.5	130	50	100	125	57.7
:02	18	130	71	100	180	40
:03	25	130	100	72.15	250	28.86
:04	35.5	130	140	51.5	355	20.3
:05	50	130	200	36	500	14.4
:06	71	130	280	25.8	710	10.16
:07	100	72.15	400	18	1000	7.2
:08	140	51.5	560	12.86	1400	5
:09	200	36	800	9	2000	3.6

ПРИМЕЧАНИЕ. В табл. 5 вместо символа (:) ставится значение старшего разряда "0" или "1". При назначении "0" команда S начинается вместе с отработкой геометрической информации (например, S007), а при назначении "1" - после ответа о выполнении команды аналогичного назначения.

Вспомогательная функция M и функция инструмента T задаются словами с адресами и трёхзначными кодовыми числами. Старший разряд после адреса может принимать значения "0" или "1". При наличии "0" выполнение этих команд начинается с отработкой геометрической информации, а при наличии "1" - после ответа о выполнении команды аналогичного назначения. Функции M и T кодируют в соответствии с рекомендациями ГОСТ 13052-74.

Выбор номера корректора задаётся функцией L с двумя разрядами, старший из которых предназначен для обозначения возможностей ввода коррекции. При программировании: 1 - означает ввод коррекции по оси X, 2 - ввод коррекции по оси Z, 3 - ввод коррекции по осям X и Z одновременно.

Кодирование и запись программы для обработки на станке мод. 16K20Ф3С5 детали "Переходник" приведены на рис. 17-19.

После кодирования и записи УП обязательно должна пройти этап проверки и отладки. Для обнаружения ошибок в УП имеется несколько способов. Один из них, например, способ выявления геометрических

ошибок, состоит в следующем. При помощи микрокалькулятора подсчитывают сумму импульсов, записанных в табл. 2 для перемещений в направлении $+X$, а затем в направлении $-X$. При этом сумма положительных шагов должна равняться сумме отрицательных. Аналогично сравнивают число шагов в направлениях $+Z$ и $-Z$. Такая проверка необходима до набивки перфоленты, а также в случае внесения изменений в УП в процессе её отладки [8].

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Разработать управляющую программу обработки детали на станке мод. 16K20Ф3С5. Эскиз и размеры детали, для которой необходимо разработать УП, выдаются преподавателем.

Порядок выполнения работы следующий:

1. Изучить техническую характеристику токарного станка мод. 16K20Ф3С5 и особенности программирования устройства ЧПУ типа Н22-1М.
2. Выбрать заготовку составить маршрут обработки детали.
3. Разработать операционный технологический процесс обработки заданной детали. Выбрать режимы резания, инструмент, оснастку.
4. Выбрать систему координат детали. Составить карту наладки инструмента на программную операцию.
5. Произвести наладку и определить траекторию движения инструмента по каждому переходу программной операции.
6. Произвести расчёт опорных точек и кодирование информации.
7. Произвести запись текста управляющей программы и её проверку.

								01146.00006	3	1	
				НПО " Чайка "		406423.029		-		71146.00006	
				ПЕРЕХОДНИК						05 01	015
				Оборудование, устройство ЧПУ				Особые указания			
				Токарный 16K20Ф3С5, H22-1M				-			
				№кадра	Кодирование информации, содержание кадра				Содержание перехода		
					%				Начало программы		
				1	№001 G26 T101 M014 LF						
				2	№002 G01 F10600 S029 L31 LF						
				3	№003 Z-21400 F70000 LF Быстрый ход						
				4	№004 X-17520 LF						
				5	№005 Z-04400 F10130 LF Рабочая подача						
				6	№006 X+00120 LF						
				7	№007 Z+04000 F70000 LF						
				8	№008 X-04800 F10130 LF						
				9	№009 Z+00050 LF						
				10	№010 X+04280 F70000 LF						
				11	№011 X+00520 Z-00260 F10130 LF						
				12	№012 X+17400 F70000 LF						
				13	№013 Z+22010 LF						
				14	№014 G40 F10600 L31 LF Отмена коррекции						
				15	№015 G01 F10600 T102 L22 LF						
				16	№016 X-28000 F7000 LF						
				17	№017 Z-00600 F11200 LF При ходе менее 20мм						
				18	№018 Z-08200 F10150 LF						
				19	№019 Z+08200 F70000 LF						
				20	№020 G25 X+999999 LF Возврат в исх. точку						
				21	№021 G01 Z+00600 F11200 LF						
				22	№022 G40 F10600 L22 LF						
				23	№023 G01 F10600 T103 L33 LF						
				24	№024 Z-02800 F70000 LF						
Дубл.	Взам.	Подп.									

ККИ

Рис. 17. Для разработки управляющих программ

							01146.00006	2
						406423.029	71146.00006	015
				№ кадр	Кодирование информации, содержание кадра			Содержание перехода
				25	№025 X-26784 LF			
				26	№026 Z-07900 F10120 LF			
				27	№027 X-00104 LF			
				28	№028 Z+07900 F70000 LF			
				29	№029 X+26888 LF			
				30	№030 Z+02800 LF			
				31	№031 G40 F10600 L33 LF			
				32	№032 G01 F10600 T104 L34 LF			
				33	№033 Z-26000 F70000 LF			
				34	№034 X-17000 LF			
				35	№035 X-00740 F10100 LF			
				36	№036 G04 X+00020 F20100 LF			Выдержка времени
				37	№037 G01 X+00520 F10600 LF			
				38	№038 X+17200 F70000 LF			
				39	№039 Z+26000 LF			
				40	№040 F10600 L34 LF			
				41	№041 G01 F10600 T105 L35 LF			
				42	№042 Z-21350 F70000 LF			
				43	№043 X-17498 LF			
				44	№044 G33 X+000256 Z-004550 D+000150 LF			Нарезание резьбы
				45	№045 G01 X+00298 F10600 LF			
				46	№046 Z+04540 F70000 LF			
				47	№047 X-00396 F10600 LF			
				48	№048 G33 X+000256 Z-004540 D+000150 LF			D-шаг резьбы в
				49	№049 G01 X+00328 F10600 LF			импульсах
Дуб	Взам	Под						

ККИ

Рис. 18. Для разработки управляющих программ

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА О РАБОТЕ

Отчёт должен содержать:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Технологические документы, необходимые при разработке УП для токарных станков с ЧПУ.
4. Выводы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие конструкционные особенности и технологические возможности имеют современные токарные станки с ЧПУ ?
2. От чего зависит выбор системы координат детали ?
3. Какие способы базирования и закрепления заготовок применяют на токарных станках с ЧПУ ?
4. В чём состоит преимущество задания геометрической информации в относительной системе координат ?
5. Каков порядок записи информации в кадре УП для устройства ЧПУ типа H22-1M ?
6. Какие причины вызывают появление ошибок при разработке УП ?
7. Как выявить ошибки в геометрической части УП ?

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. - М.: Машиностроение, 1983.
2. Марголит Р.Б. Наладка станков с программным управлением. - М.: Машиностроение. 1983. Гл. 1,4,6,9.
3. Дерябин А.Л. Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ. - М.: Машиностроение, 1984. Гл. 1-4.
4. Евгенийев Г.Б. Основы программирования обработки на станках с ЧПУ. - М.: Машиностроение, 1983. Гл. 1,2,4.

Время, отведённое на лабораторную работу

Подготовка к работе	0,5 акад. часа
Выполнение работы	1,5 акад. часа
Оформление отчёта	1,5 акад. часа
Отчёт о лабораторной работе	0,5 акад. часа