

**МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВПО УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра станков и инструментов

И.Т. Глебов, А.И. Кузнецов

ОБОРУДОВАНИЕ ОТРАСЛИ

**УСТРОЙСТВО
ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ
И ОСНОВЫ ИХ ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

Методические указания
для студентов очной и заочной форм обучения
направления 250400 “Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств”
по профилю 250400.62, 250400.68
“Технология деревообработки”

Екатеринбург 2013

Материал рассмотрен и рекомендован к изданию
методической комиссией факультета МТД

Протокол № 4 от 5.02.2013 г.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент,
зав. кафедрой станков и инструментов

В.Г. Новоселов

Редактор

Подписано в печать	Объем 0,46 п. л	Формат 60×84 1/16
Плоская печать	Заказ №	Тираж 30 экз.
Поз.		Цена руб. 00 коп

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Введение

Еще совсем недавно для обработки деревянных деталей сложного профиля применялись станки вертикально фрезерные, работающие по копиру. В современных условиях для выполнения подобных работ повсеместно используются станки с **числовым программным управлением** (ЧПУ).

Станки с ЧПУ работают в автоматическом режиме по управляющей программе с высокой производительностью, надежностью, обеспечивают высокую точность размеров обработанных деталей, полностью вытесняют ручной труд. Одна и та же управляющая программа станка может быть использована многократно и в любое время. Программа работает надежно независимо от утомляемости станочника.

Сейчас российский рынок деревообрабатывающих станков с ЧПУ многообразен и отличается назначением, структурными схемами станков, сложностью, стоимостью.

Станки с ЧПУ – конструктивно сложные машины. У них наблюдается тенденция к возрастанию функциональности и усложнению оборудования. В результате этого цена станка стремится к увеличению. Обычно цену считают в евро за 1 кв. м площади габаритных размеров. Средняя цена станков европейских производителей составляет 19,8...22,6 тыс. евро/кв.м.

В предлагаемых методических указаниях рассмотрена конструкция простейшего фрезерного станка с ЧПУ, показан способ подготовки программы обработки детали по периметру, действие которой можно наблюдать на станке.

1. Общие сведения

Фрезерный станок с ЧПУ BEAVER 9A показан на рис. 1. Станок предназначен для фрезерования и гравирования поверхностей мебельных фасадов, дверных полотен, обработки плитных материалов и др. Рама 1 станка сварная. На ней расположен стол 7 и закреплены продольные направляющие 3, на которых установлен портал 4 (П-образная конструкция) с возможностью перемещения по оси Y. На портале смонтированы поперечные направляющие с суппортом, имеющим возможность перемещаться вдоль оси X. Кроме того, на суппорте на вертикальных направляющих смонтированы салазки перемещения по оси Z, на них закреплен шпиндель 5 с фрезой в цанговом патроне и щетка 6.



Рис. 1. Фрезерный станок с ЧПУ:
 1 – рама; 2 – блок управления; 3 – продольные направляющие;
 4 – портал; 5 – шпиндель механизма главного движения;
 6 – ограждение-щетка для удаления стружек; 7 – стол

В блоке управления станка имеется частотный преобразователь, регулирующий частоту вращения высокооборотного электродвигателя шпинделя.

Все направляющие имеют круглое поперечное сечение и взаимодействуют со скользящими ползунами. Перемещения по направляющим обеспечиваются винтами с шариковыми гайками и приводом от шаговых электродвигателей мощностью по 1 кВт (рис. 2).

Итак, портал 3 смонтирован на направляющих 1 и перемещается с помощью винта 2 электродвигателем M_2 ; суппорт 5 установлен на направляющих 4 и перемещается электродвигателем M_1 ; суппорт 6 установлен на вертикальных направляющих с приводом от электродвигателя M_3 . Такая конструкция обеспечивает перемещение шпинделя 7 в трех взаимно перпендикулярных направлениях.

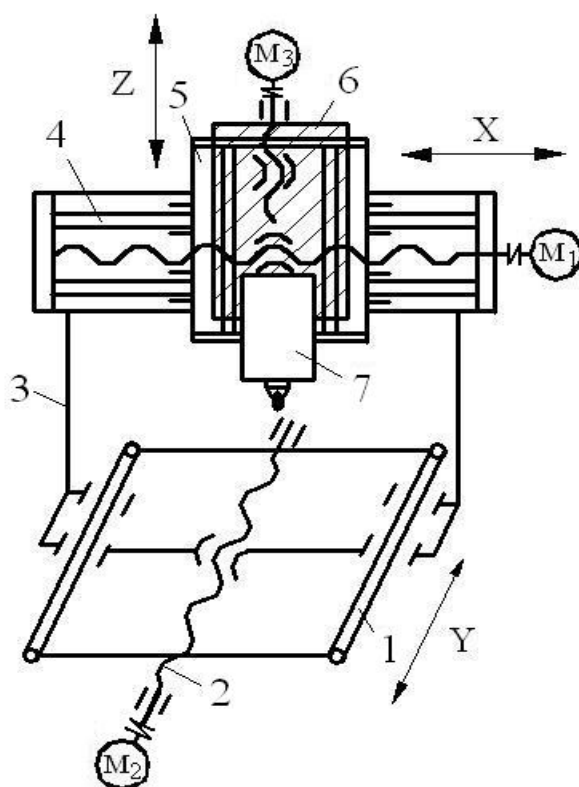


Рис. 2. Схема фрезерного станка:

1 – продольные направляющие; 2 – винт; 3 – портал; 4 – поперечные направляющие портала; 5 – суппорт поперечного перемещения; 6 – суппорт вертикальных перемещений; 7 – шпиндель

Основные технические характеристики приведены ниже.

Размеры стола, мм	900×900
Перемещения суппортов, мм:	
– по оси X	900
– по оси Y	700
– по оси Z	100
Скорость перемещения суппортов, м/мин ...	до 4
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	до 24000
Мощность шпинделя, кВт	1,5
Диаметр цанги для крепления фрезы, мм ...	3,6
Мощность шаговых двигателей, кВт	1×3
Габаритные размеры, мм	1000×1200×1230
Масса, кг	300

2. Конструкция станка

2.1. Функциональные узлы и системы

2.1.1. Рама

Основу конструкции станка составляет рама, выполненная в виде устойчивой к деформациям жесткой сварной коробчатой конструкции. Рама обеспечивает гашение вибраций, возникающих в процессе работы.

На раме смонтированы функциональные механизмы: механизм базирования заготовки, суппорт с одним шпинделем, направляющие оси и блок управления.

2.1.2. Механизм базирования заготовки

Механизм базирования станка включает стол и упоры, прижимы для закрепления и позиционирования заготовок на столе механическим способом.

Для получения обработанных поверхностей высокого качества требуется, чтобы механизмы фиксации и базирования были достаточно жесткими и снижали вибрацию заготовки.

2.1.3. Ходовые винты

Ходовые винты обеспечивают перемещение суппортов по направлению осей координат. Они должны обладать высокой жесткостью, в сочетании с высокой плавностью и точностью хода. В них не допускается образование люфтов и большие силы трения. Для этого винты снабжаются шариковыми гайками (рис. 3). В такой передаче между витками резьбы винта и гайки расположены шарики, которые заменяют трение скольжения на трение качения и многократно уменьшают сопротивление передачи и увеличивают срок ее службы.



Рис. 3. Шарико-винтовая передача

1.2.4. Двигатели

В станках с ЧПУ для выполнения перемещений по осям применяются шаговые электродвигатели или серводвигатели.

Принцип действия простейшего шагового двигателя, работающего на постоянном электрическом токе, показан на рис. 4, а. Двухполюсный ротор из магнитомягкой стали с клювообразными выступами помещен в четырехполюсный статор. Одна пара полюсов выполнена из постоянных магнитов, на другой – находится обмотка

управления.

Пока тока в обмотках управления нет, ротор ориентируется вдоль постоянных магнитов и удерживается около них с определенным усилием, которое определяется магнитным потоком полюсов. При подаче постоянного напряжения на обмотку управления возникает магнитный поток примерно вдвое больший, чем поток постоянных магнитов.

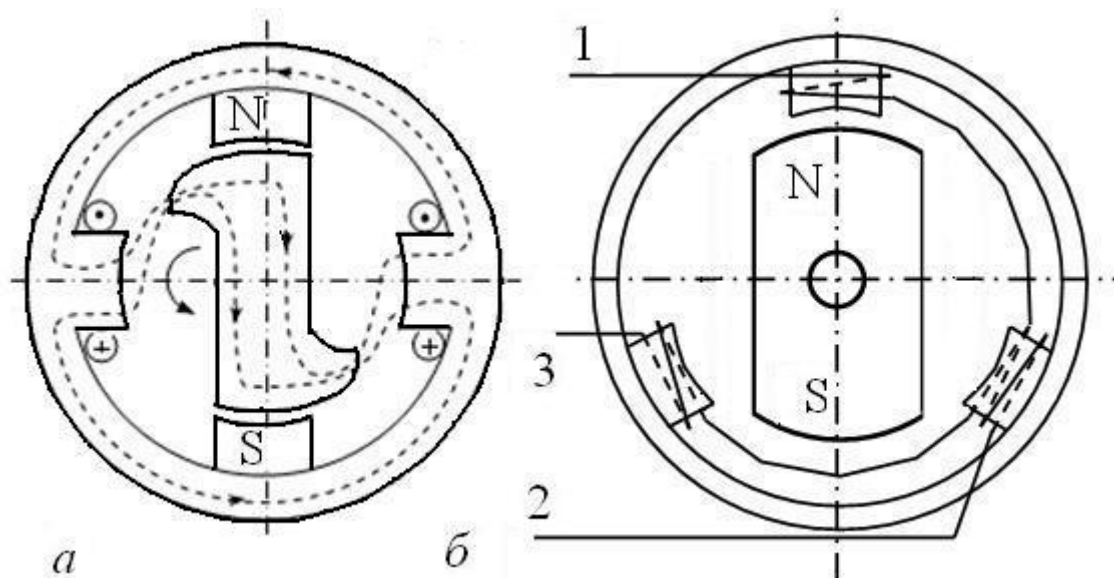


Рис. 4. Шаговый двигатель с шагом:
 $a - 90^\circ$; $b - 60^\circ$; 1, 2, 3 – провода обмоток полюсов

Под действием электромагнитного усилия, создаваемого этим потоком, ротор поворачивается на 90° , преодолевая нагрузочный момент и момент, развиваемый постоянными магнитами, стремясь занять положение соосное с полюсами управляющей обмотки. Поворот происходит в сторону клювообразных выступов, так как магнитное сопротивление между статором и ротором в этом направлении меньше, чем в обратном. Следующий управляющий импульс отключает напряжение с обмотки управления, и ротор поворачивается под действием потока постоянных магнитов в сторону клювообразных выступов снова на 90° .

На рис. 4, б показан реверсивный шаговый двигатель с шагом 60° . Его статор состоит из трех явно выраженных полюсов с обмот-

ками, соединенными в звезду. Питание двигателя осуществляется по трем проводам, причем так, что по одному проводу подводится напряжение одной полярности, а к двум другим – напряжение противоположной полярности. При изменении порядка коммутации ротор двигателя будет вращаться в противоположную сторону.

Ротор двигателя выполнен в виде постоянного магнита. Такой ротор четко фиксируется в любом из своих устойчивых состояний, расположенных с шагом 60° .

Если статор электродвигателя сделать шестиполюсным, то шаг двигателя будет равен 30° .

Достоинством однофазных шаговых двигателей с постоянными магнитами является простота конструкции и схемы управления. Для фиксации ротора при обесточенной обмотке управления не требуется дополнительная энергия, угол поворота сохраняет свое значение и при перерывах в питании.

Простота конструкции и легкость управления, возможность работы без обратной связи – основные факторы, повышающие потребность в шаговых электродвигателях при изготовлении станков с ЧПУ.

Однако у них есть и недостатки. Их толчковая и дискретная работа может привести к ухудшению шероховатости обработанной поверхности. При недостаточной мощности возможен сбой шагов, ротор может не повернуться, в результате произойдет сбой точности обрабатываемой поверхности.

1.2.5. Шпиндель

Шпиндель станка с ЧПУ выполняется точным, жестким, с повышенной износостойкостью шеек, посадочных и базирующих поверхностей.

Опоры шпинделя должны обеспечить точность шпинделя в течение длительного времени в переменных условиях работы, повышенную жесткость, небольшие температурные деформации. Точность вращения шпинделя обеспечивается, прежде всего, высокой точностью изготовления подшипников.

В опорах шпинделей применяют подшипники качения. Для уменьшения влияния зазоров и повышения жесткости опор обычно устанавливают подшипники с предварительным натягом или увеличивают число тел качения.

Приводом главного движения в станках с ЧПУ обычно используется электродвигатель переменного тока. Для управления частотой вращения вала асинхронного двигателя применяется преобразователь частоты. Преобразователь представляет собой электронное устройство, построенные на базе микропроцессорной техники. Управление частотой вращения режущего инструмента достигается автоматически после введения параметров электродвигателя в программу управления.

В станке BEAVER- 9A шпиндель, называемый осью С, имеет мощность до 1,5 кВт с регулируемой частотой вращения до 24000 мин⁻¹. Он установлен на высокоточных подшипниковых опорах.

1.2.6. Система управления станка

Система управления является центральной частью станка с ЧПУ. Она включает различные системные CNC- программы (Computer numerical control), установленные на заводе изготовителе станка. Ввод и вывод информации выполняет программа ввода-вывода. Распознавание кода и отделение геометрической информации от технологической выполняет программы расшифровки. Перемещение режущего инструмента по прямолинейной и криволинейной траектории обеспечивает программа интерполяции. За последовательностью обработки следит управляющая программа памяти.

Важнейшей технической характеристикой системы ЧПУ является ее **разрешающая способность**, т. е. минимально возможная величина линейного и углового хода исполнительного элемента станка, соответствующая одному управляющему импульсу. Большинство современных систем ЧПУ имеют **дискретность 0,001; 0,01 мм/импульс.**

1.2.7. Управление станком BEAVER-9A

Управление открытыми подсистемами станка осуществляется с компьютера. Для этого заводы изготовители рекомендуют специальные программы и устройства. Например, для управления работой станка BEAVER-9A рекомендуется на компьютер установить программу контроля движения VicStudio™ и карту контроля движения. Кроме того, станок снабжается калибровочным блоком для выполнения автоматической калибровки. Блок выполнен в виде металлической пластинки толщиной 4 мм, подключенной кабелем к гнезду, расположенному на верхней части шпинделя.

Программа VicStudio™ поддерживает G коды, обеспечивает ручное управление станком, пошаговый или автоматический возврат к машинному началу координат, отслеживает динамический тренинг перемещений на экране, выполняет автоматическую калибровку шпинделя по оси Z.

1.2.8. Система координат станка

Конструкцией станка с ЧПУ заложены условия определения положения режущего инструмента в пространстве. Любая точка траектории перемещения инструмента определяется системой координат. Для этого при изготовлении станка в ближнем левом углу стола устанавливается нулевая точка, в которой условно помещается начало прямоугольной декартовой системы координат с осями абсцисс X, ординат Y, аппликат Z (рис. 5). Оси координат располагаются параллельно физическим осям (направляющим) станка. Ось X – в основном всегда проходит горизонтально.

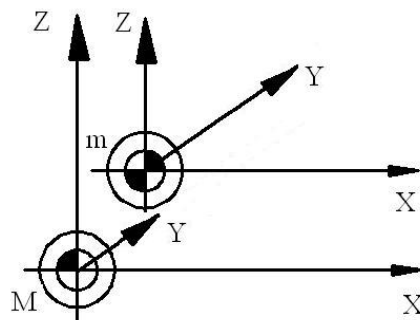


Рис. 5 . Координатные оси станка

Система координат является правосторонней. Ее начало расположено в точке **M**, система называется машинной. Машинная система координат системой ЧПУ станка не распознается.

Действительное перемещение по координатным осям ограничено конечными переключателями, установленными в крайних точках каждой физической оси (направляющих) станка. После включения станка система ЧПУ позволит определить контрольную точку **m**, которая будет служить отправной точкой в системе измерений. Контрольная точка **m** служит началом координат станка и может не совпадать с точкой **M**. Таким образом, нулевая точка станка **m** - это физическая позиция, установленная производителем станка при помощи конечных выключателей или датчиков и не подлежит изменению пользователем. В этой точке расположено начало координат станка и это положение фиксируется конечными выключателями осей. От этой точки происходит отсчет перемещений.

1.2.9. Направления осей координат

Положительные направления осей определяются правилом правой руки. Если правую руку положить на стол ладонью вверх и три первых пальца постараться расположить перпендикулярно друг другу, то получим: большой палец укажет положительное направление оси X, указательный палец – положительное направление оси Y, средний палец – оси Z (рис. 6).

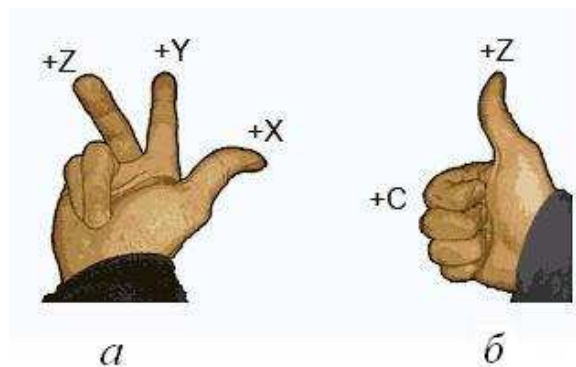


Рис. 6. Правило правой руки для определения направления:
a – осей координат станка; *б* – вращения вокруг осей

2. Основы программирования

2.1. Управляющая программа

2.1.1. Общие сведения

На каждую деталь, обрабатываемую на станке с ЧПУ, составляется управляющая программа, в которой отражаются все геометрические и технологические требования, необходимые для обработки. В геометрической информации указываются координаты опорных точек контура детали, траектории перемещения режущего инструмента. В технологической информации приводится частота вращения и скорость подачи режущего инструмента, а также параметры инструмента.

Язык программирования обычно называют языком **ISO 7-bit** или языком G и M кодов. Коды разработаны международной организацией стандартов для всего мира и отражены в стандарте ISO 6983-1:1982 и ГОСТ 20999-83. Коды состоят из двоичных чисел с 7 информационно несущими двоичными разрядами.

2.1.2. Структура управляющей программы

Для обработки какого-либо участка заготовки на станке с ЧПУ необходимо выполнить несколько команд, объединенных в кадр.

Кадр представляет собой часть управляющей программы, вводимой и обрабатываемой как единое целое и содержащей не менее одной команды (ГОСТ 20523-80). Под кадром понимают некоторую совокупность слов данных, расположенных в определенном порядке, которые несут вспомогательную, геометрическую и технологическую информацию. Структура одного кадра показана на рис. 7.

Каждый кадр должен содержать слово «Номер кадра» (N), информационные слова и слово «Конец кадра». Рекомендуемый вариант написания данного слова для отечественных систем ЧПУ – ПС или (;). Кадр состоит, как минимум, из номера и одной команды, например N30 M30;

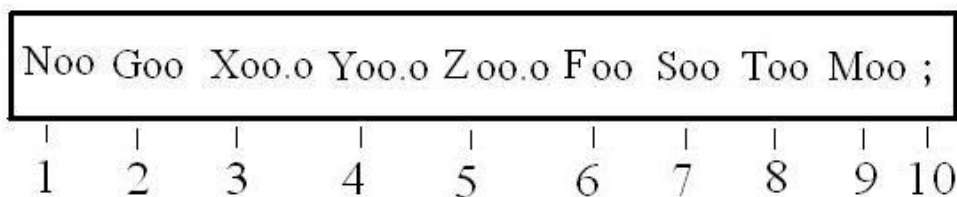


Рис. 7. Структура одного кадра:

1 – порядковый номер кадра; 2 – слово подготовительной функции; 3, 4, 5 – координаты точки траектории перемещения по осям X, Y, Z, мм; 6 – скорость подачи, мм/мин; 7 – частота вращения шпинделя, мин⁻¹; 8 – номер инструмента в магазине станка; 9 – вспомогательная функция; 10 – символ конца кадра.

Слово данных состоит из адреса (прописной буквы латинского алфавита) и цифры, например G91, M30, X10 и т.д. Количество слов в кадре переменное. Слова в кадре управляющей программы должны быть записаны в определенном формате (виде и порядке) и соответствовать требованиям конкретной системы ЧПУ.

Все линейные перемещения должны быть выражены в миллиметрах и их десятичных долях. Скорость подачи должна задаваться с размерностью мм/мин.

2.1.3. Подготовительные функции

Подготовительные функции в управляющей программе записывают словами, имеющими адрес G с одно- или двузначным числом. Они подготавливают перемещение режущего инструмента относительно обрабатываемой заготовки, системы координат станка, координатных плоскостей, следят за коррекцией режущего инструмента, вызовом подпрограммы и паузы и т.д.. Наиболее часто используемые слова приведены в табл. 1.

Таблица 1

Перечень наиболее часто применяемых кодов подготовительных функций G

Подготовительная функция G	Описание
G00	Линейная интерполяция при ускоренном перемещении
G01	Линейная интерполяция со скоростью подачи
G02	Круговая интерполяция по часовой стрелке
G03	Круговая интерполяция против часовой стрелки
G90	Программирование в абсолютных координатах
G91	Программирование в относительных координатах

3. Составление управляющей программы

3.1. Чертеж детали. Задание на обработку детали

На станке с ЧПУ BEAVER-9A планируется обработка основных заготовок по периметру хвостовой фрезой диаметром 6 мм. Чертеж детали приведен на рис. 8. Толщина детали 10 мм.

Требуется составить управляющую программу. Движение фрезы должно выполняться по эквидистантой траектории *abcd*.

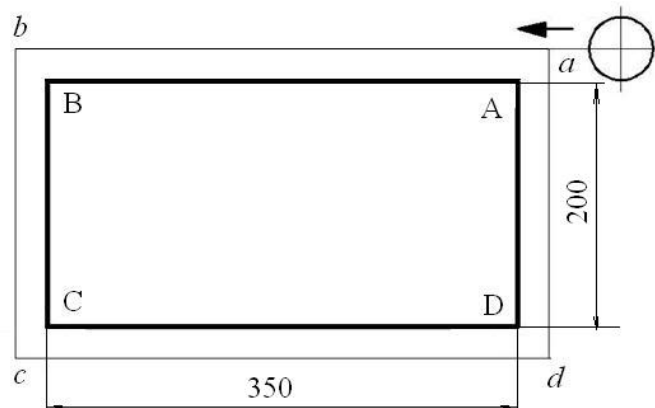


Рис. 8. Деталь. Схема обработки

3.2. Переработка чертежа детали. Выбор начала координат детали

Для составления программы чертеж детали переделывают так, чтобы удобно было рассчитать координаты опорных точек эквидистантной траектории. Начало координат детали принимаем в точке С (рис. 9).

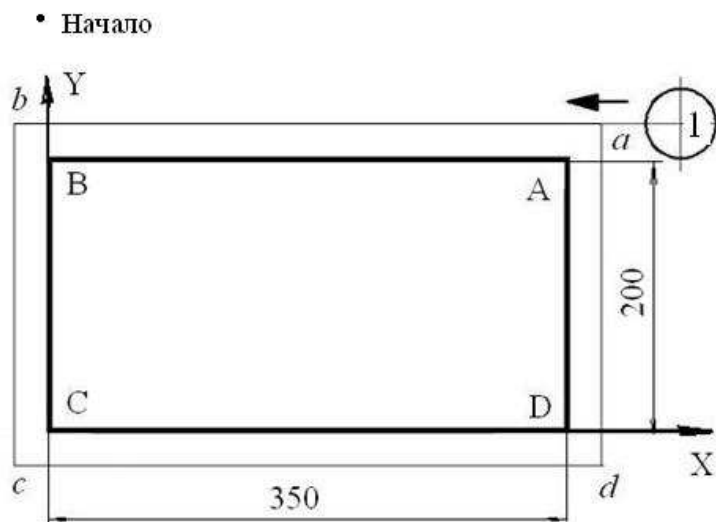


Рис. 9. Чертеж для расчета координат эквидистантной траектории

Эквидистантная траектория отступает от контура детали на величину радиуса фрезы $r = 3$ мм.

3.3. Подготовка исходных данных

Найдем координаты фиксированных точек детали и эквидистантной траектории и занесем их в табл. 2.

Таблица 2

Координаты фиксированных точек

Координаты точек детали			Координаты точек эквидистантой траектории		
Точки	X	Y	Точки	X	Y
A	350	200	<i>a</i>	353	203
B	0	200	<i>b</i>	0	203
C	0	0	<i>c</i>	-3	-3
D	350	0	<i>d</i>	353	-3
Начало программы	0	250	1	360	203

Принимаем скорость подачи фрезы 1600 мм/мин, частоту вращения шпинделя 8000 мин⁻¹.

3.4. Составление программы

Управляющую программу записываем столбиком в виде кадров. В правом столбике приведены комментарии кадров.

%

O0002 (OBGONKA ABS)

Начало, название, абсолютная система координат

N1 G21 G54 G80 G90

Кадр безопасности

N2 G00 X0 Y250 Z60 S8000 M03

Ускоренное движение в точку начала программы с вращением фрезы по часовой стрелке.

N3 G00 X360 Y203

Ускоренное перемещение в точку 1.

N4 G01 Z-12 F500

Врезание в точку 1 на глубину 12 мм.

N5 G01 X0 Y203 F1600

Перемещение в т. *b*.

N6 G01 X-3 Y-3

Перемещение в т. *c*.

N7 G01 X353 Y-3

Перемещение в т. *d*.

N8 G01 X353 Y203

Перемещение в т. *a*.

N9 G00 Z60

Подъем фрезы на высоту 60 мм.

N10 G00 X0 Y250 Z60 M05

Возврат в начало программы, выключить вращение шпинделя

N11 M2

Конец программы

%

Примечание. G21 – обеспечивает ввод перемещений в мм; G54 – позволяет системе ЧПУ переключиться на заданную систему координат; G80 – отменяет все ранее установленные постоянные циклы обработки; G90 – программирование в абсолютных координатах.

Контрольные вопросы и задания

1. Часто говорят: «Станок с ЧПУ типа CNC». Как это понимать?
2. Изобразите кинематическую схему станка с ЧПУ.
3. Перечислите основные функциональные механизмы станка с ЧПУ.
4. Изобразите схему шагового электродвигателя и поясните, как он работает.
5. Дайте характеристику главного шпинделя.
6. Дайте характеристику разрешающей способности и дискретности системы ЧПУ станка.
7. Какую роль выполняет система координат станка? Ноль станка. Укажите местонахождения нуля станка.
8. Как направлены оси системы координат станка?
9. В стойке станка изготовителем установлены программы, обеспечивающие функционирование системы ЧПУ. Какие это программы?
10. Что такое кадр? Покажите на примере структуру кадров.
11. Что такое слово в кадре? Какие слова данных используются в программе?
12. Для чего используются подготовительные функции в языке ISO 7-bit?
13. Покажите примерами виды технологической информации, записываемой в управляющей программе.
14. Покажите примерами роль вспомогательной функции, записываемой в управляющей программе.
15. Траектория перемещения фрезы при обработке контура детали проходит через точки A(0; 8,7), B(8,7; 13,7), C(13,7; 5), D(5; 0). Напишите перемещения фрезы, начиная от точки A, в относительной системе отсчета.
16. Траектория перемещения фрезы при обработке контура детали проходит через точки A(0; 5), B(10; 5), C(10; 0), D(0; 0). Напишите перемещения фрезы, начиная от точки A, в относительной системе отсчета.
17. Траектория перемещения фрезы при обработке контура детали проходит через точки A(-5; 2), B(5; 2), C(5; -2), D(-5; -2). Напишите перемещения фрезы, начиная от точки A, в относительной системе отсчета.
18. Приведите пример линейной интерполяции. Какими словами кадра она выполняется?

Библиографический список

1. Ловыгин, А.А. Современный станок с ЧПУ и САМ/САD система/ А.А. Ловыгин, А.В. Васильев, С.Ю. Кривцов. – М.: «Эльф ИПР», 2006, 286 с.
2. ГОСТ 20999-83. Устройства числового программного управления для металлообрабатывающего оборудования. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 27 с.
3. ГОСТ 20523-80 Устройства числового программного управления станками. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 27 с.

Оглавление

Введение	3
1. Общие сведения	4
2. Конструкция станка	6
2.1. Функциональные механизмы	6
2.1.1. Станина	6
2.1.2. Механизм базирования заготовки.....	6
2.1.3. Ходовые винты	7
2.1.4. Двигатели	7
2.1.5. Шпиндель	9
2.1.6. Система управления станка.....	10
2.1.7. Управление станком BEAVER-9A	11
2.1.8. Система координат станка.....	11
2.1.9. Направления осей координат	12
2. Основы программирования	13
2.1. Управляющая программа.....	13
2.1.1. Общие сведения	13
2.1.2. Структура управляющей программы	14
2.1.3. Подготовительные функции.....	15
3. Составление управляющей программы	15
3.1. Чертеж детали. Задание на обработку детали	15
3.2. Переработка чертежа детали. Выбор начала координат	16
детали.....	16
3.3. Подготовка исходных данных.....	17
3.4. Составление программы	17