

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра инновационных технологий
и оборудования деревообработки

И.Т. Глебов

ОБОРУДОВАНИЕ ОТРАСЛИ

**ОСВОЕНИЕ НАВЫКОВ РАБОТЫ
НА СТАНКЕ С ЧПУ**

Методические указания к практическому занятию
для студентов всех форм обучения
направления 350302 «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»
по профилю «Технология деревообработки»

Екатеринбург 2018

Материал рассмотрен и рекомендован к изданию
методической комиссией института ИЛБидС

Протокол № 1 от 15.09.2017 г.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент,
зав. кафедрой ИТОД

В.Г. Новоселов

Введение

В настоящее время на деревообрабатывающих предприятиях идет вытеснение устаревших станков новыми видами оборудования. На смену станкам общего назначения пришли станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Технология деревообработки переходит на принципиально новый технологический уровень.

Дереворежущие станки с ЧПУ широко применяются при производстве оконных и дверных блоков (обгонка блоков в размер по периметру), в изготовлении мебельных фасадов, раскрое плитных материалов на профильные заготовки, выполнении отверстий, гнезд, обработке брусковых и гнутоклееных деталей, деталей стульев и др.

В жилищном строительстве станки используют для оформления каминов, арок, панелей и различных элементов интерьеров из натуральной древесины. Станки с ЧПУ удобны в производстве деревянных лестниц, особенно при изготовлении различной формы ступеней винтовых лестниц, оригинальных столбов и балясин.

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

Предлагаемые методические указания позволят студенту ознакомиться с конструкцией фрезерного станка с ЧПУ и получить первоначальные умения и навыки составления управляющих программ и изготовления изделия на станке.

1. Конструкция станка с ЧПУ

Для решения практических задач используются разнообразные станки с числовым программным управлением, отличающиеся по функциональному назначению и конструкции. Однако все они построены по одному принципу: перемещение режущего инструмента в пространстве осуществляется по прямоугольным декартовым координатам

Простейший фрезерный станок с ЧПУ показан на рис. 1. Станок предназначен для фрезерования и гравирования поверхностей мебельных фасадов, дверных полотен, обработки плитных материалов и др. Станина станка сварная. На станине закреплены продольные направляющие, на которых установлен портал (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 смонтирован суппорт перемещения по оси Z , на нем закреплен шпиндель с фрезой в цанговом патроне.

Станок снабжен блоком управления, на котором смонтирован пульт управления. 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.

Электродвигатели M_1 , M_2 , M_3 – шаговые двигатели, обеспечивающие на один электрический импульс, полученный с компьютера, поворот вала на строго определенный угол. Линейное перемещение фрезы вдоль координатных осей соответствует 0,01 мм на каждый электрический импульс, полученный с компьютера.

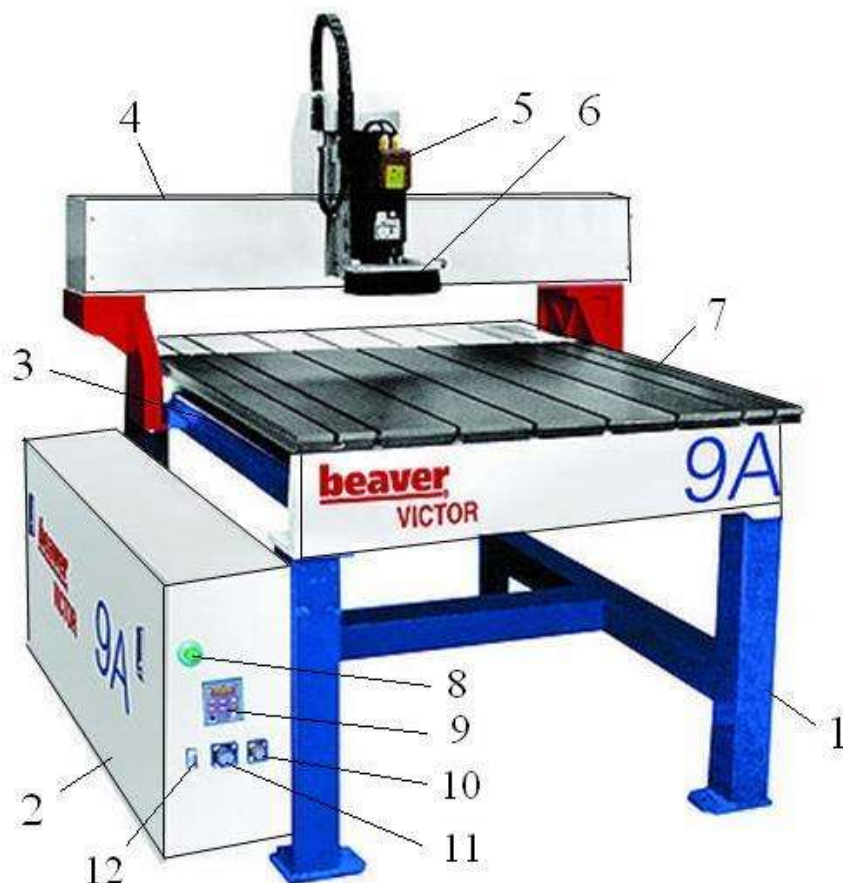


Рис. 1. Фрезерный станок с ЧПУ:

- 1 – рама; 2 – блок управления; 3 – продольные направляющие;
- 4 – портал; 5 – шпиндель механизма главного движения;
- 6 – ограждение-щетка для удаления стружек; 7 – стол; 8 – сигнальная лампа;
- 9 – панель управления частотным преобразователем; 10 – кнопка «Пуск»;
- 11 – кнопка «Аварийный стоп»; 12 – разъем подключения компьютера

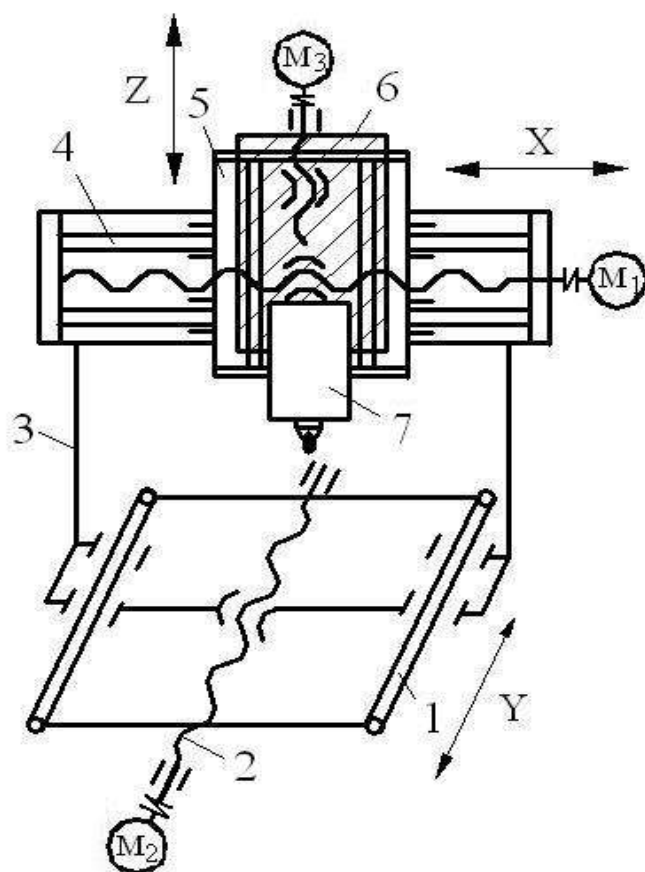


Рис. 2. Схема фрезерного станка:

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

2. Главный шпиндель

В современных фрезерных станках шпиндель, называемый осью С, расположен вертикально, имеет мощность до 15 кВт с регулируемой частотой вращения до 24000 мин^{-1} . Он установлен на высокоточных подшипниковых опорах. В станке BEAVER-9A использован электродвигатель переменного тока мощностью 1,5 кВт.

В опорах шпинделя использованы подшипники качения с предварительным натягом и увеличенным числом тел качения.

Для управления частотой вращения вала асинхронного двигателя применяется преобразователь частоты. Преобразователь представляет собой электронное устройство, построенные на базе микропроцессорной техники. Необходимая частота вращения режущего инструмента на станке BEAVER-9A достигается при ручной настройке.

3. Управление станком

Для автоматического управления работой станка завод изготовитель оснащает станок специальной программой. Например, для управления работой станка BEAVER-9A на компьютер рекомендуется установить программу контроля движения VicStudio™ и карту контроля движения. Кроме того, станок снабжается калибровочным блоком для выполнения автоматической калибровки (установки торцовых режущих кромок фрезы на заданную высоту). 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. Программа VicStudio™ включает большое количество мелких подпрограмм, обращение к которым обеспечивает выполнение того или иного режима работы станка.

4. Окно программы VicStudio™

Включение и выключение станка выполняется с помощью пульта управления, на котором расположены выключатель питания (зеленая кнопка), ручка контроля скорости вращения шпинделя, выключатель аварийной остановки и пятнадцатипигольная штепсельная вилка, соединенная с картой контроля движения, установленной внутри компьютера.

Для выполнения операций ознакомительного пуска станка с ЧПУ необходимо, чтобы компьютер был подключен к станку на панели управления, а на компьютер были предварительно установлена карта контроля движения и инсталлирована программа VicStudio™.

Включаем компьютер. На рабочем столе находим ярлык программы VicStudio™. Двойным щелчком на ярлык запускаем программу. Ниже изображено окно VicStudio™ (рис. 3).

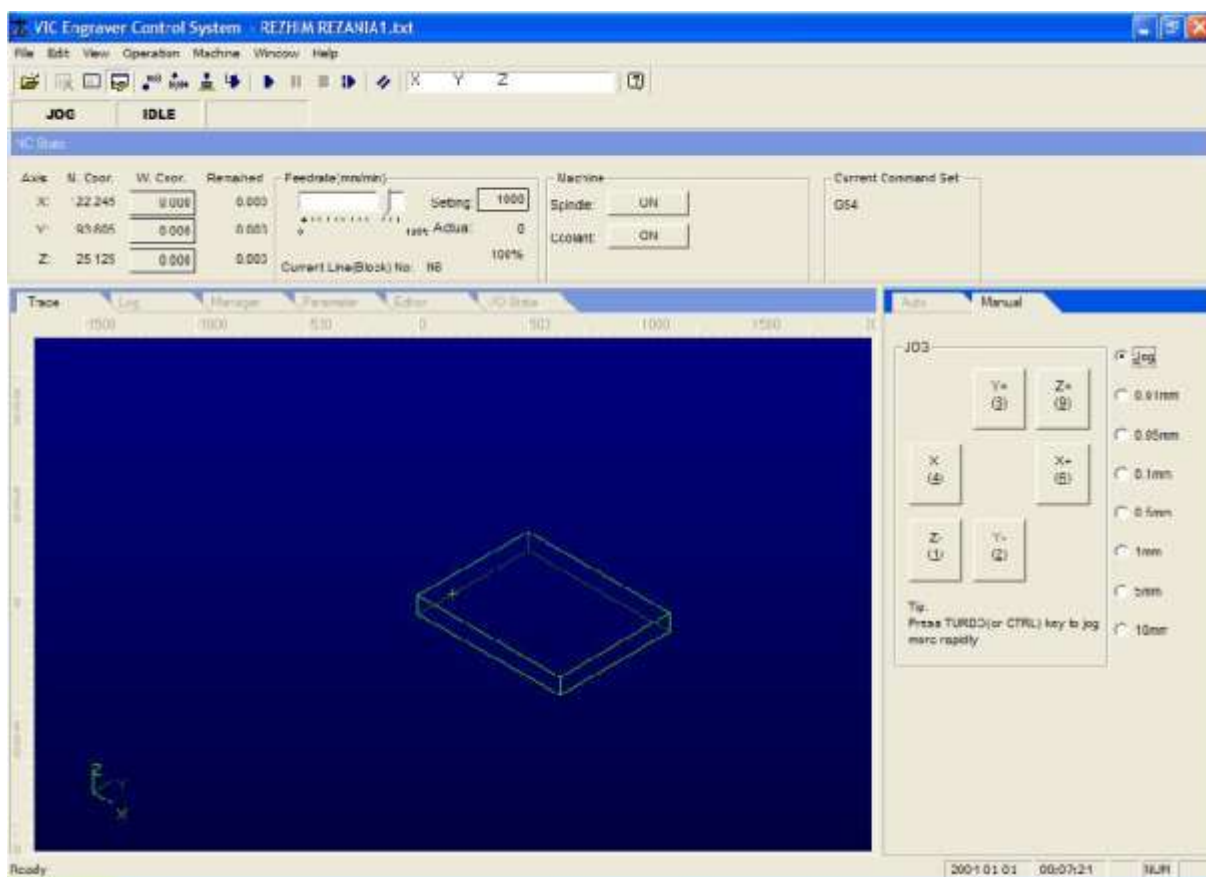








Рис. 3. Окно программы VicStudio™

В первой строке окна отражен заголовок программы, с которой сейчас работает оператор – это REZHIM REZANIA1.txt.

Ниже расположены строки меню и панели инструментов. На панели инструментов расположены кнопки:

-  – simulate (имитация), позволяет проверить правильность написания программы без включения станка;
-  – start (F9) (пуск) – вызывает перемещение шпинделя станка по управляющей программе;
-  – pause (F10) (пауза);
-  – force to stop (F11) (принудительная остановка);
-  – resume (F8) (резюме, возобновление, продолжение);
-  – reset (Ctrl+F12) (сброс, переустановка, обнуление).

В средней части окна программы VicStudio™ расположено широкое окно состояния. В нем отражаются оси (axis) координат

станка X, Y, Z, положение шпинделя станка в машинной системе координат (M. Coor) и в системе координат управляющей программы (W.Coor). Здесь же расположены кнопки включения (ON) шпинделя (spindel) и его охлаждения жидкостью (coolant).

Слева внизу расположено большое по площади функциональное окно. В нем при включенной кнопке «Trace» показан стол станка и на нем крестиком отражено положение шпинделя в машинной системе координат. Сделайте несколько кликов (до 10) мышью по окну. Вы заметите, что размеры стола увеличиваются или уменьшаются. Стол можно увидеть полностью. Если в окно VicStudio™ загрузить управляющую программу (это сделаем потом), а затем нажать кнопку имитации, то на столе будет начерчена замкнутая линия обрабатываемого контура детали. Сравнивая эту линию с чертежом детали, можно судить о правильности написанной управляющей программы.

Ручное управление. Справа внизу окна VicStudio™ расположено окно автоматического или ручного управления. Щелкая мышью на кнопки auto (автоматическое) или manual (ручное), мы делаем активными окна автоматического или ручного управления. На рис. 3 активным является окно ручного управления. В нем показаны кнопки, положение которых похоже на расположение клавиш малой клавиатуры. Посмотрите на клавиши малой клавиатуры компьютера. Обратите внимание, клавиши 2 и 8 стрелками указывают на направление перемещения шпинделя по оси Y, клавиши 4 и 6 – по оси X, а клавиши 1 и 9 – по оси Z. Управлять перемещением шпинделя можно как клавишами малой клавиатуры, так и кнопками окна ручного управления.

Справа в окне столбиком расположены шаги дискретных перемещений jog, используемые при инкрементном режиме работы. Выберем шаг перемещения, например, 1 мм. Для этого мышью щелкнем по окружности, в результате в ней обозначится точка, шаг становится активным.

Сейчас с помощью кнопки пуск включим станок. Послушаем характерный звук. Теперь мышью кликнем по кнопке X или Y. Шпиндель переместится по соответствующим осям строго на задан-

ную величину перемещения (1 мм). Таким образом, в *инкрементном режиме* работы постарайтесь переместить шпиндель в центр стола.

Перемещение шпинделя можно выполнить также в *ручном толчковом режиме* работы, используя клавиши малой клавиатуры. Например, кратковременно нажмите клавишу 6 малой клавиатуры. Шпиндель станка переместится по оси X на некоторую величину. Сделайте это же для перемещения по другим осям. Так выполняется толчковое перемещение. Теперь подержите клавишу непрерывно в течение 2...4 с и заметите непрерывное перемещение шпинделя. Потренируйтесь. Попробуйте перевести шпиндель в середину стола или какую-нибудь другую точку.

5. Система координат станка

Любая точка траектории перемещения инструмента определяется тремя координатами в прямоугольной системе координат. Для станков с ЧПУ такая система координат, рекомендована Международной организацией по стандартизации (ISO). Число координатных осей, их расположение в пространстве и начало отсчета (нулевая точка станка) устанавливаются производителем станка и не подлежит изменению пользователем. Система координат станка является основной расчетной системой для ЧПУ, в которой определяются все перемещения, начальные и текущие положения исполнительных органов станка.

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. 4). Оси координат располагаются параллельно физическим осям (направляющим) станка. Ось X – в основном всегда проходит слева направо относительно рабочего места оператора.

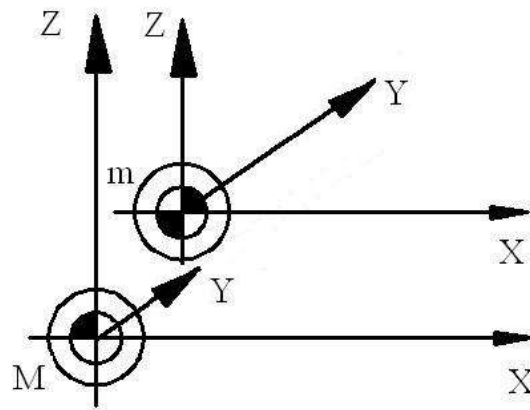


Рис. 4 . Координатные оси станка

Система координат является правосторонней. Ее начало расположено в точке M , система называется машинной (англоязычное обозначение MCS – machine coordinate system). Эта точка в технической документации обозначается пиктограммой и буквой латинского алфавита M . Машинная система координат системой ЧПУ станка не распознается.

6. Структура управляющей программы

Для обработки какого-либо участка заготовки на станке с ЧПУ необходимо выполнить несколько команд, объединенных в кадр. Управляющая программа записывается в виде символа начала программы % и набора таких кадров, которые исполняются системой ЧПУ последовательно друг за другом. При этом в кадр записывается только та геометрическая, технологическая и вспомогательная информация, которая изменяется по отношению к предыдущему кадру.

Кадр представляет собой часть управляющей программы, вводимой и обрабатываемой как единое целое и содержащей не менее одной команды (ГОСТ 20523-80).

На каждое перемещение по прямой или по дуге окружности записывается свой кадр.

Под кадром понимают некоторую совокупность слов данных, расположенных в определенном порядке, которые несут вспомогательную, геометрическую и технологическую информацию. Структура одного кадра показана на рис. 5.

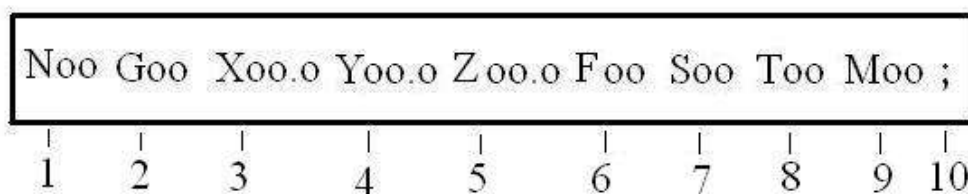


Рис. 5. Структура одного кадра:

- 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.

Управляющую программу можно набирать на компьютере в текстовом редакторе «Блокнот». Каждый кадр программы набирается с новой строки. При переводе строки с помощью клавиши «Enter» указывается невидимый код окончания строки, который выступает как код окончания кадра. В связи с этим, символ окончания кадра (;) при наборе программы в текстовом редакторе «Блокнот» можно не указывать.

Слово данных является базовым элементом текста управляющей программы. Слово состоит из адреса и цифры, например G91, M30, X10 и т.д. Буквенная составляющая слова в теории ЧПУ называется адресом, потому что она определяет «назначение следующих за ним данных, содержащихся в этом слове» (ГОСТ 20523-80).

Например:

– S6000 (в качестве адреса используется первая буква английского слова *speed* «скорость», а данные – частота вращения шпинделя 6000 мин⁻¹);

– F1000 (скорость движения подачи описана словом F – первой буква английского слова *feed* «подача» и данными 1000 мм/мин);

В словах целая часть числа отделяется от дробной десятичной точкой. Незначащие нули можно не записывать, например, слово X250.500 можно записать X250.5.

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

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 и т.д. Наиболее часто используемые слова приведены в табл. 1.

Таблица 1

Простейшие коды подготовительных функций G

Код 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

Слова данных вспомогательной функции M записываются в виде адресного символа M с добавлением от одного до четырехзначного числа после него. Это технологические коды. Они управляют следующими действиями (табл. 2):

- сменить инструмент;
- включить/выключить шпиндель;
- вызвать/закончить подпрограмму.

Таблица 2

Некоторые вспомогательные функции

Код M	Описание
M02	Конец программы
M03	Начать вращение шпинделя по часовой стрелке
M04	Начать вращение шпинделя против часовой стрелки

7. Система координат детали

Система координат детали является главной системой для программирования обработки и назначается чертежом или эскизом детали. Система координат детали задается технологом или программистом при разработке технологии изготовления детали на станке с ЧПУ. Она имеет свои оси координат, свое начало отсчета, относительно которого определены все размеры детали и задаются коорди-

наты всех опорных точек контуров детали. Точку начала координат детали обозначают символом W . В системе координат детали пишется управляющая программа для обработки детали на станке.

Начала координат детали обычно размещают в нижнем левом углу на верхней поверхности детали.

8. Контрольные точки траектории движения

Каждое изделие в конструкторской документации изображается чертежом, выполненным по методу прямоугольного проецирования. При этом характерные точки детали, по которым определяются размеры, можно задать координатами в прямоугольной декартовой системе координат на плоскости с координатами x , y или в пространстве с координатами x , y , z .

На рис. 6, *a* показан чертеж детали толщиной 5 мм. Для программирования чертеж переделан (рис. 6, *б*), на нем узловые точки детали заданы в абсолютной системе координат.

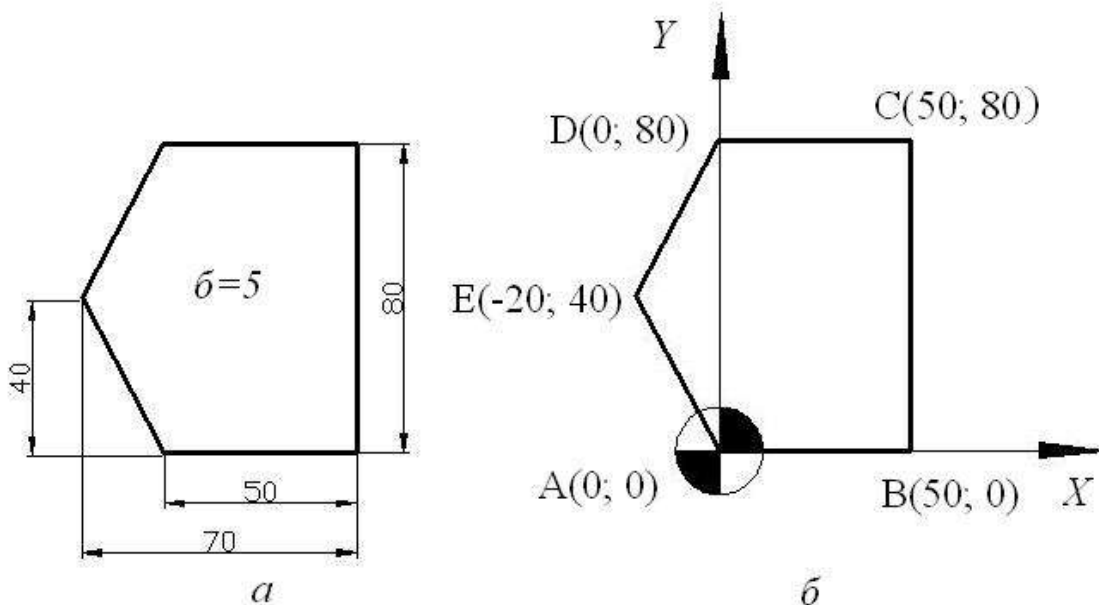


Рис. 6. Деталь:

a – чертеж детали; *б* – деталь с узловыми точками в абсолютной системе координат

9. Интерполяция

9.1. Линейная интерполяция

Чертеж любой детали представляет собой совокупность отрезков прямых линий и дуг окружности.

Прямолинейную траекторию перемещения режущего инструмента можно разложить на множество элементарных прямолинейных перемещений, параллельных координатным осям. Такие перемещения в теории ЧПУ называют интерполяциями. Для выполнения таких перемещений система ЧПУ имеет специальный электронный блок – **интерполятор**, обеспечивающий расчет промежуточных точек траектории для выполнения элементарных перемещений.

Интерполятор сначала рассчитывает уравнение прямой линии по координатам двух точек (начальной и конечной точек траектории). Затем принимается значение $x = 0,01$ мм и по уравнению прямой линии находится значение y . Затем значения x и y реализуются в перемещения по осям X и Y . Далее процесс многократно повторяется. Таким образом, линейная интерполяция выполняется множеством мелких перемещений попеременно по каждой из линейных осей (рис. 7).

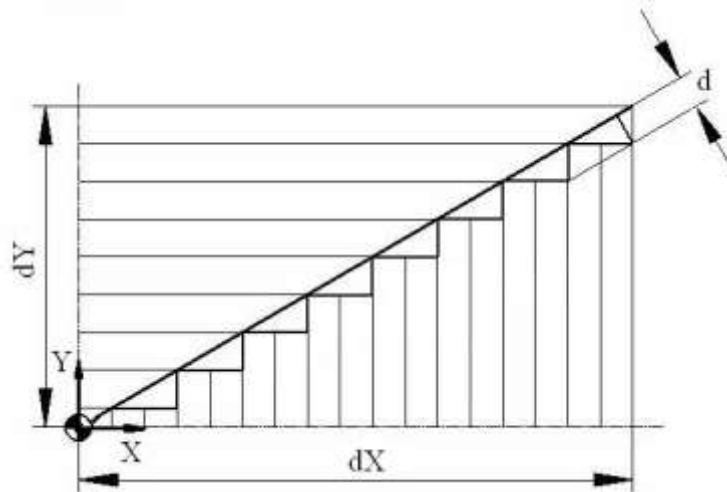


Рис. 7. Линейная интерполяция

Можно считать, что станок перемещает инструмент прямолинейно. Шаг интерполяции для различных станков равен 0,001 мм или 0,01 мм. На рисунке для отработки прямой на ось Y посылается один импульс, а на X - два импульса. Значение d определяет отклонение от

заданной геометрии. Однако при небольшом шаге перемещений на один импульс итоговую ломаную кривую можно считать плавной.

Для линейной интерполяции используются коды G00 или G01. Для кода G01 в кадре указывается значение скорости подачи. Для кода G00 скорость подачи в кадре не указывается, это максимально возможный ход, используется на холостом ходе.

9.2. Круговая интерполяция

При обработке деталей из древесины часто приходится выполнять элементы в виде окружности или дуги окружности. Для этого в системе ЧПУ используются коды G02 (при направлении движения по часовой стрелке), G03 (по направлению против часовой стрелки).

При перемещении по дуге окружности выполняется линейная аппроксимация, когда дуга заменяется короткими прямыми отрезками, а последние – ступеньками, стороны которых параллельны осям координат. Таким образом, дуга окружности заменяется ступенчатой линией, которая при малости шага ступенек близка по форме к дуге (рис. 8).

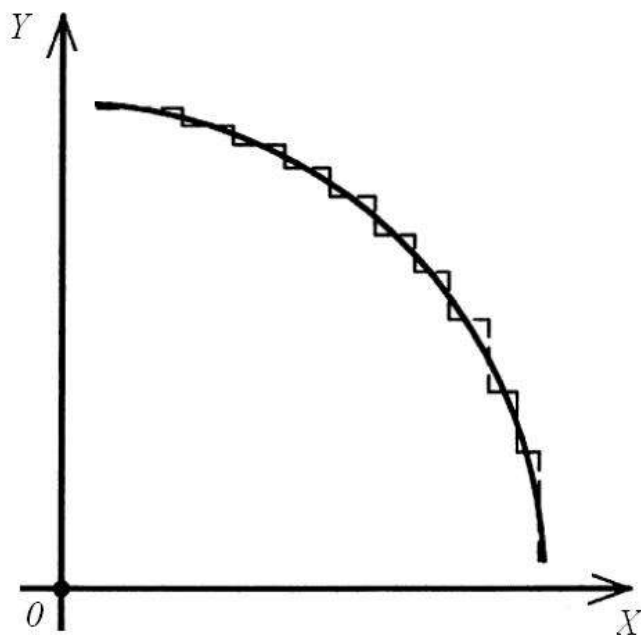


Рис. 8. Круговая интерполяция

При программировании окружность задают радиусом или координатами ее центра.

Пусть на чертеже изделия заданы координаты начальной точки $A(x_n, y_n)$ и конечной точки $B(x_k, y_k)$, через которые проходит дуга окружности радиуса R (рис. 9).

Через указанные точки можно провести две окружности с центрами в точках O_1 и O_2 , расположенных справа и слева от прямой линии AB и значениями радиуса $\pm R$.

Проведем хорду AB , которая отсекает от площади круга сегмент, и запомним следующие правила.

Если сегмент меньше полукруга и центр окружности расположен вне сегмента, то радиус окружности принимается со знаком плюс (+).

Если сегмент больше полукруга и центр окружности расположен внутри сегмента, то радиус окружности принимается со знаком минус (-).

Если значение AB равно диаметру круга (дуга окружности опирается на угол 180°), то значение R принимается со знаком плюс (+).

При программировании дуги указывается ее конечная точка и значение радиуса.

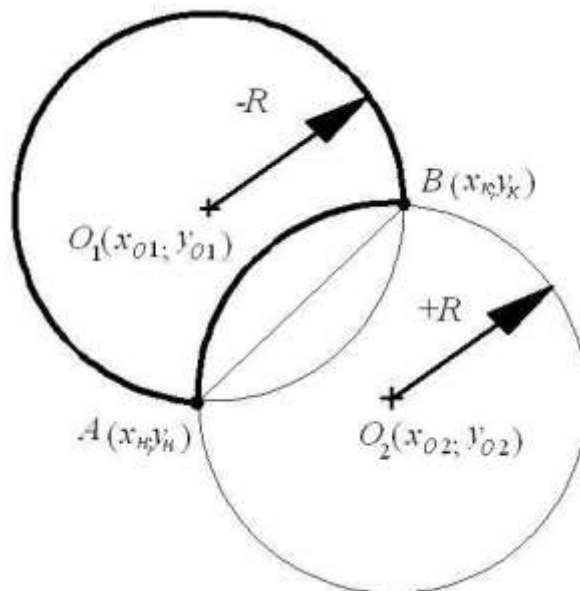


Рис. 9. Положение дуги окружности, проходящей через две заданные точки

10. Написание управляющей программы

Управляющую программу записывают в текстовом редакторе «Блокнот», откуда переносят на компьютер станка с ЧПУ, а затем в буфер программы VicStudioTM.


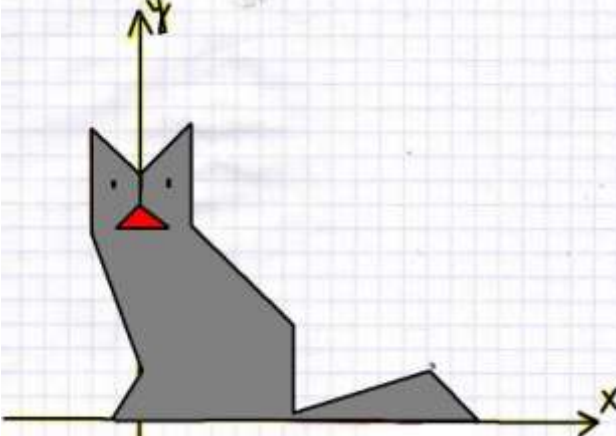
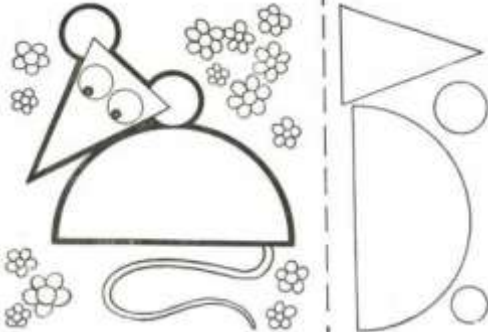
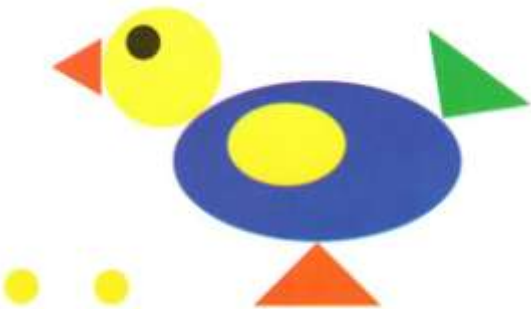
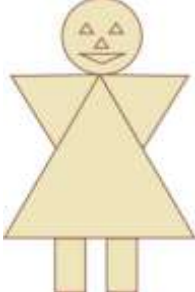
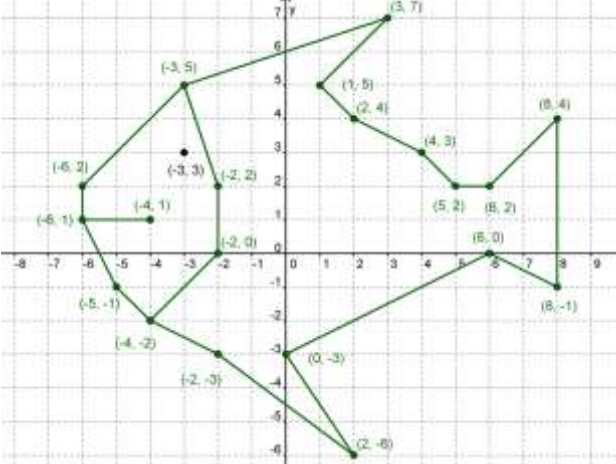
Управляющая программа для обработки детали (рис. 6, б) приведена ниже.

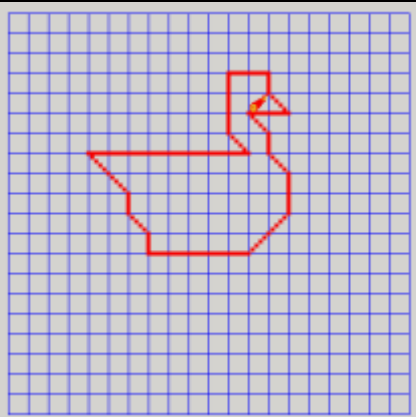



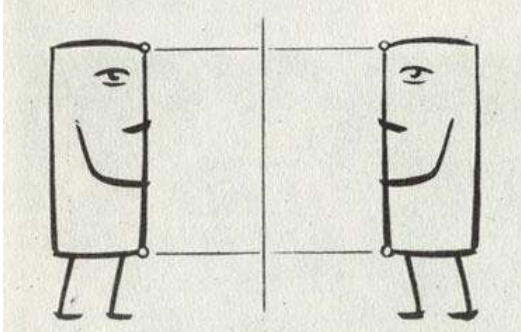
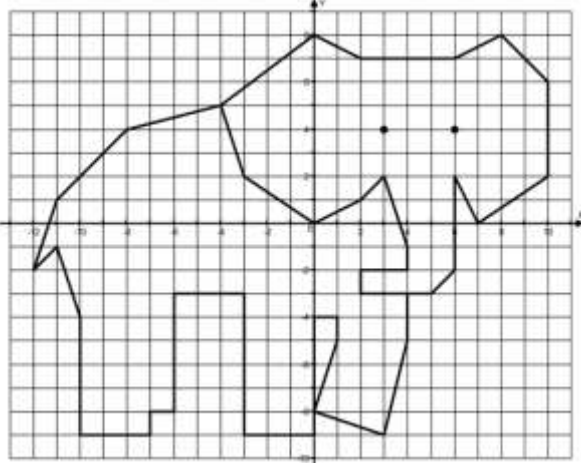
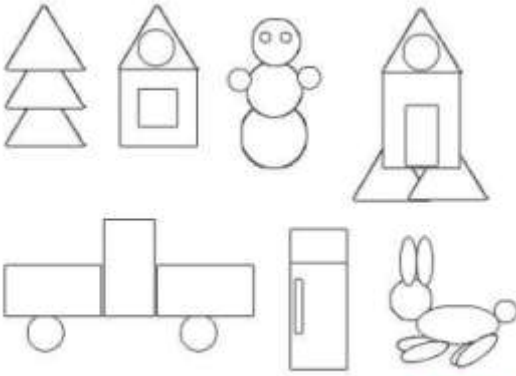
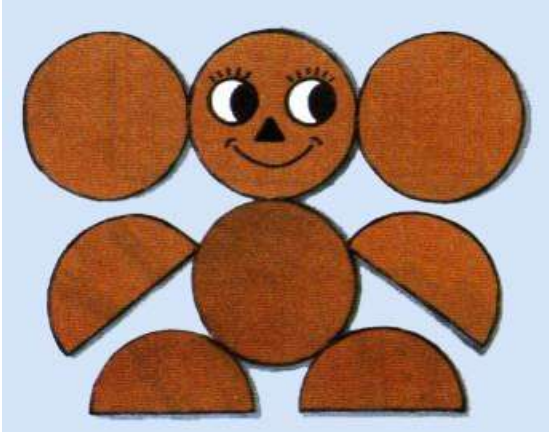
Программа	Комментарии
%	Символ начала и конца.
O0001 (REZHIM REZANIA ABS)	Обозначение, название в скобках, абсолютная система координат.
N1 G21 G40 G49 G54 G80 G90	Кадр безопасности.
N2 G01 Z-6 S6000 F1000 M03	Врезание на глубину 6 мм с вращением шпинделя по часовой стрелке (M03).
N3 G01 X50 Y0	Прямолинейное перемещение к точке <i>B</i>
N4 X50 Y80	Прямолинейное перемещение к точке <i>C</i> .
N5 X0 Y80	Прямолинейное перемещение к точке <i>D</i>
N6 X-20 Y40	Прямолинейное перемещение к точке <i>E</i> .
N7 X0 Y0	Прямолинейное перемещение к точке <i>A</i> .
N8 Z15	Подъем до плоскости безопасности
N9 M2	Останов шпинделя
%	Конец программы

Примечание. G21 – обеспечивает ввод перемещений в мм; G40 – отменяет автоматическую коррекцию на диаметр фрезы; G49 – отменяет компенсацию длины инструмента; G54 – позволяет системе ЧПУ переключиться на заданную систему координат; G80 – отменяет все ранее установленные постоянные циклы обработки; G90 – программирование в абсолютных координатах. Плоскость безопасности, плоскость к которой перемещается торец фрезы над деталью.

11. Задания на выполнение работы

Выберите из ниже приведенных вариантов рисунок, проставьте размеры (габариты не более 150×150 мм), проставьте координаты узловых точек, напишите управляющую программу, обработайте деталь на станке (глубина врезания 2 мм – гравировка).

	
	<p>Практическая часть.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Простейшим видом паркета является такой, в котором плоскость заполняется фигурами с помощью параллельного переноса и поворота. 
	
 <p>mi-rasraski.ru</p>	

Оглавление

Введение	3
1. Конструкция станка с ЧПУ	4
2. Главный шпиндель	6
3. Управление станком	7
4. Окно программы VicStudio™	7
5. Система координат станка	10
6. Структура управляющей программы	11
7. Система координат детали	13
8. Контрольные точки траектории движения	14
9. Интерполяция	15
9.1. Линейная интерполяция	15
9.2. Круговая интерполяция	16
10. Написание управляющей программы	18
11. Задания на выполнение работы	19