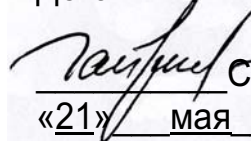


УТВЕРЖДАЮ

Декан АВТФ



С.А. Гайворонский

«21» мая 2008 г.

УПРАВЛЕНИЕ ГИБКИМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ МОДУЛЕМ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы № 2
по курсам «Гибкие производственные системы»,
«Технологическое оборудование с ЧПУ» для студентов
III–IV курсов, обучающихся по специальностям
220401 «Мехатроника», 220200 «Автоматизация управления»

УДК 621.914.1:658(07)

ББК 34.634я7

У67

Управление гибким производственным модулем фрезерования:
У67 методические указания к выполнению лабораторной работы № 2 по курсам «Гибкие производственные системы», «Технологическое оборудование с ЧПУ» для студентов III–IV курсов, обучающихся по специальностям 220401 «Мехатроника», 220200 «Автоматизация управления» / сост. В.Н. Шкляр, С.В. Леонов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 31 с.


ISBN 5-98298-234-2

УДК 621.914.1:658(07)

ББК 34.634я7

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры интегрированных
компьютерных систем управления
«12» мая 2008 г.

Зав. кафедрой ИКСУ
доктор технических наук,
профессор


А.М. Малышенко

Председатель
учебно-методической
комиссии


В.И. Рейзлин

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент ТПУ

С.А. Гайворонский

ISBN 5-98298-234-2

© Шкляр В.Н., Леонов С.В., составление, 2008

© Составление. Томский политехнический университет, 2008

© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2008

УПРАВЛЕНИЕ ГИБКИМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ МОДУЛЕМ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

1. Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является изучение, программирование, отладка и экспериментальное исследование гибкого производственного модуля фрезерования. При выполнении лабораторной работы рассматриваются вопросы функционирования технологического обеспечения модуля, системы управления, разработки управляющих программ для изготовления изделий и их отладки на имитаторе.

2. Описание учебного гибкого производственного модуля фрезерования

2.1. Назначение комплекса, его состав и характеристики

Общий вид учебного гибкого производственного модуля фрезерования изделий представлен на рис. 1.

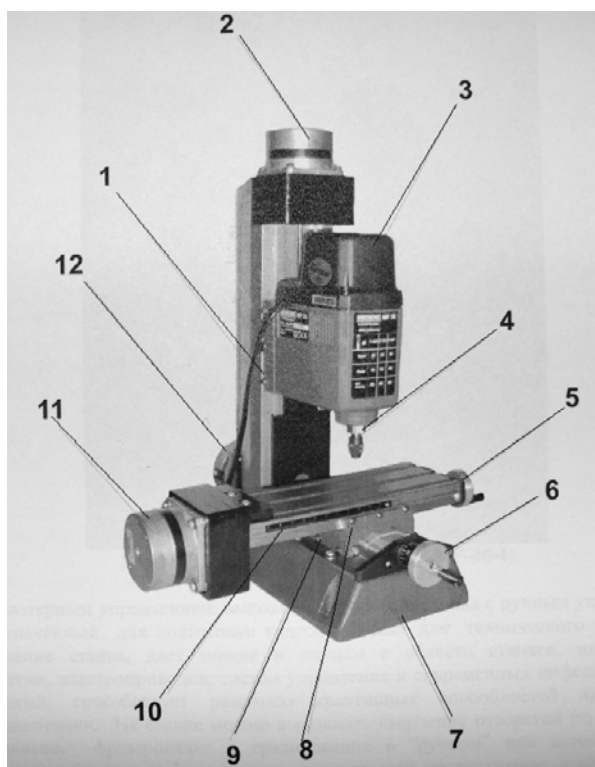


Рис. 1. Общий вид станка (версия MF70-4Ф4):

1 – регулировочные винты оси Z; 2 – шаговый двигатель оси Z; 3 – фрезерная головка; 4 – цанговый патрон; 5 – рукоятка ручного перемещения привода X; 6 – рукоятка ручного перемещения привода Y; 7 – литая станина станка; 8 – регулировочные винты привода X; 9 – регулировочные винты привода Y; 10 – T-образные продольные крепежные пазы; 11 – шаговый двигатель оси X; 12 – шаговый двигатель оси Y

Учебный минигабаритный фрезерный станок модели MF-3Ф4 с компьютерным управлением, выполненный на базе станка с ручным управлением, предназначен для обучения программированию фрезерных станков с ЧПУ, а также для отладки кадров программы и реализации не сложных деталей из дерева и пластмассы. Применение станка дает возможность получить навыки в области станков с ЧПУ, инструмента, технологии, электроприводов, систем управления и современных информационных технологий. На станке можно выполнять сверление отверстий по заданным координатам, фрезерование и гравирование в ручном или автоматическом режиме 2-мерных и 3-мерных поверхностей.

Управление станком осуществляется персональным компьютером, работающим под управлением операционной системы Windows. Управляющие программы для обработки деталей составляются с использованием стандартных функций. Компьютерные имитаторы станка и устройства числового программного управления позволяют имитировать обработку на станке (т. е. производить отладку программы путем воспроизведения виртуальной детали по созданной управляющей программе), а затем запускать лабораторный фрезерный станок на изготовление реальной детали.

Станок является бесконсольно-фрезерным и имеет крестовый стол (координаты X и Y). На стойке станка установлены направляющие, по которым перемещается шпиндельная головка (вертикальная координата Z). Автоматизированный координатный стол станка под управлением персонального компьютера позволяет выполнять точные работы по пластику и дереву. Кинематическая схема всех трех приводов подачи аналогична и состоит из следующих элементов: электродвигатель, муфта, винтовая передача с шагом 1 мм. Основные технические характеристики модуля фрезерования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики модуля фрезерования

№	Наименование	Величина
1	Напряжение питания	220 В
2	Потребляемая мощность	150 Вт
3	Предельные габариты заготовки (ширина / длина / высота)	45/120/70 мм
4	Пределы частот вращения инструмента	5000...20000 мин ⁻¹
5	Диаметр инструмента	1...3 мм
6	Тип системы управления	PCNC
7	Количество одновременно управляемых координат	3
8	Точность перемещений	0,1 мм
9	Интерфейс связи с управляющей ЭВМ	LPT
10	Габариты (ширина / длина / высота)	320/380/420 мм
11	Масса	11 кг

Приводы подач и главного движения обеспечивают бесступенчатое регулирование скорости в соответствии с заданным в управляющей программе значением. В качестве двигателей приводов подач используются шаговые электродвигатели, преобразующие электрические импульсы в дискретные механические перемещения. Применение шаговых электродвигателей в составе станков с ЧПУ обусловлено следующими достоинствами:

- угол поворота ротора определяется числом импульсов, поданных на обмотку двигателя;
- прецизионное позиционирование и повторяемость с точностью 3...5 % от величины шага;
- высокая надежность привода за счет бесконтактной коммутации катушек обмотки двигателя;
- широкий диапазон регулирования скорости с получением низких частот вращения вала двигателя без использования промежуточного редуктора.

2.2. Система управления станка

Система управления станка, кроме устройств электроавтоматики и электропривода, содержит устройство числового программного управления (УЧПУ). В УЧПУ нового поколения принято выделять системную платформу PC (Personal Computer) и прикладную компоненту NC (Numerical Control, т. е. ЧПУ), от которых происходит общее обозначение класса PCNC. В системе PCNC поддерживается:

- мобильность прикладных модулей (т. е. их переносимость на другие системные платформы);
- коммуникабельность модулей (т. е. их способность к взаимодействию через единую коммуникационную среду системной платформы);
- масштабируемость системы в целом (т. е. возможность изменять как функциональность прикладной компоненты, так и вычислительные возможности системной компоненты).

В системную платформу PCNC входят: аппаратная часть, операционная система и средства поддержания межмодульной коммуникации.

В качестве операционной системы для однокомпьютерного варианта PCNC используется Windows NT с дополнительным расширением реального времени на уровне устройств (devices), к которым относятся контроллеры ввода-вывода. В двухкомпьютерном варианте PCNC применяют две разные операционные системы: Windows NT в терминале и одну из операционных систем реального времени (UNIX, VxWorks или др.).

Модели УЧПУ оцениваются рядом характеристик, определяющих наличие у системы эксплуатационных, функциональных и сервисных возможностей:

- число программируемых координат;
- тип системы;
- число одновременно управляемых координат;
- дискретность задания координат, мм;
- вид интерполяции (круговая, объемная, винтовая);
- смещение начала (нуля) отсчета (программируемое);
- индикация положения, функций и кадра;
- возможность управления от ЭВМ;
- наличие системы редактирования УП;
- максимальная скорость привода (быстрота перемещения), мм;
- предельная скорость рабочей подачи, мм/мин;
- системы диагностики и самодиагностики;
- наличие диалогового режима;
- тип управляемого привода;
- защитные функции.

УЧПУ обеспечивают режимы ручного и автоматического управления станком, режим редактирования управляющих программ и ввода параметров и корректоров.

Для управления станком MF70-4Ф4 (выполненном на базе станка Proххон) применяется УЧПУ класса PCNC с программой STEPPER CNC, имеющей интерфейс, способствующий быстрому обучению персонала, ранее работавшему в операционных системах Windows.

Программа управляет всеми приводами станка в режиме реального времени и обеспечивает поддержку общепромышленного стандарта программирования станков с ЧПУ GCODE RS-274 с базовым набором основных команд (включая спектр команд линейной и круговой интерполяции). STEPPER CNC имеет в своем составе встроенный имитатор, позволяющий работать на компьютере без подключенного станка MF70-4Ф4, отлаживать и тестировать написанные учащимися программы на виртуальной 3-мерной модели станка.

2.3. Программное обеспечение мехатронного модуля

Программное обеспечение мехатронного модуля фрезерования STEPPER CNC содержит необходимые инструментальные средства для написания и отладки управляющих программ. Для разработки программ используется встроенный редактор текста, проверяющий наличие синтаксических ошибок и отладчик, позволяющий имитировать работу привода подач и главного движения.

Для нормального функционирования системы управления станком требуется использование IBM, совместимой с современной вычислительной техникой, с поддержкой EPP 1.9 LPT порта. При этом необхо-

димо учитывать, что при работе с процессорами Intel Pentium-4 нужно отключить поддержку HT (Hyper Threading).

Запускается программа с помощью ярлыка «STEP CNC» и после запуска работает в режиме ИМИТАТОР, позволяющем не только проверять работоспособность новых текстов управляющих программ, но и выполнять управление станком в ручном режиме. Для автоматического выполнения управляющей программы необходимо осуществить выход в НОЛЬ станка по всем координатам. На рис. 2 приведено главное окно программы.

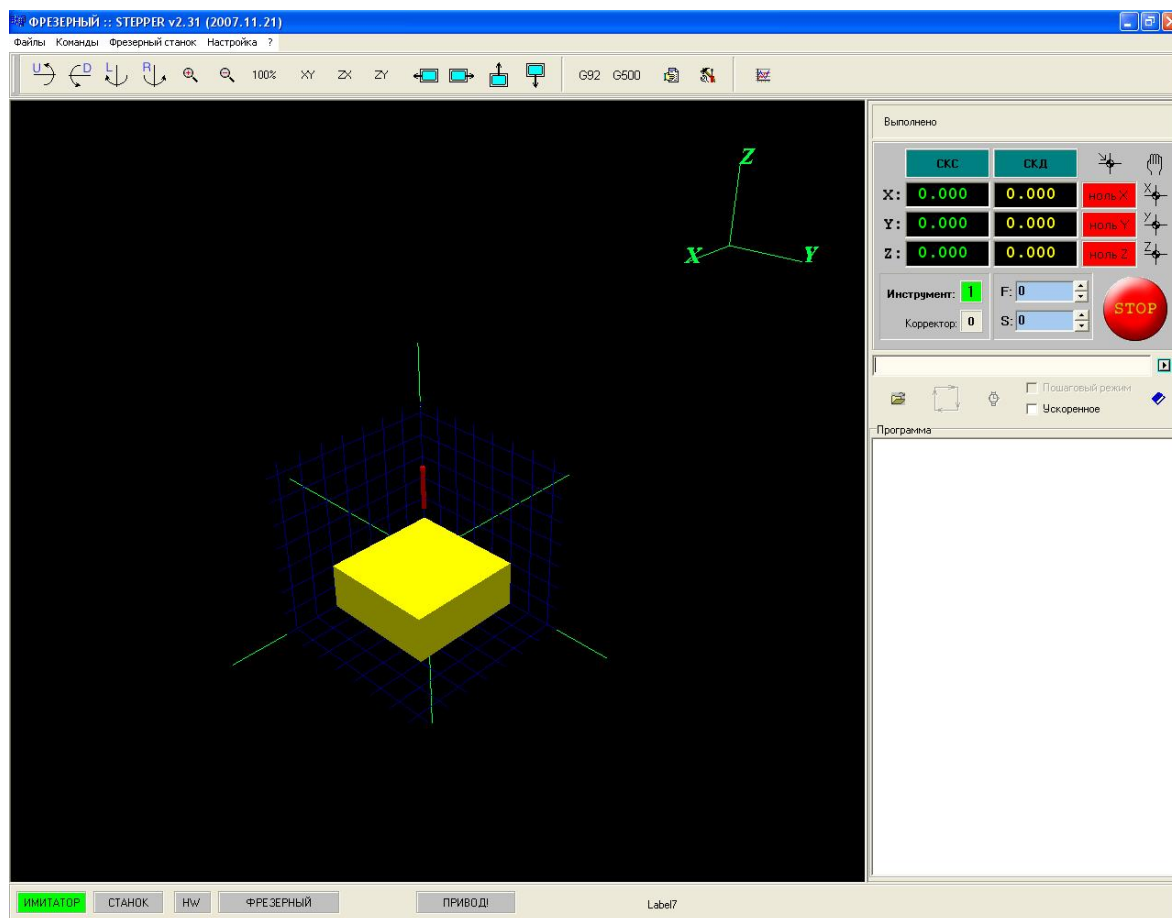


Рис. 2. Главное окно программы

В главном окне имеются панели оперативного контроля и управления станком: панель статуса, панель инструментов, панель управления.

На панели статуса (рис. 3) отображается текущий режим работы системы СТАНОК или ИМИТАТОР. В зависимости от текущего режима работы станка одна из 2-х кнопок подсвечивается зеленым цветом, показывая ее активное состояние.



Рис. 3. Панель статуса

Панель инструментов содержит следующие функциональные кнопки (рис. 4 – слева направо, сверху вниз):

- вызов диалога «Настройка оборудования»;
- вызов диалога настройки функции G500 (сообщения пользователя);
- вызов диалога настройки функции G92 (система координат детали);
- системные сообщения;
- определить фиксированную точку;
- текст управляющей программы;
- окно визуализации;
- поворот точки обзора вокруг горизонтальной и вертикальной осей (4 кнопки: U, D, L, R);
- увеличение и уменьшение изображения (2 кнопки);
- изображение 100%;
- вид на плоскости OXY, OZX и OZY (3 кнопки);
- перемещение изображения в плоскости экрана (4 кнопки).

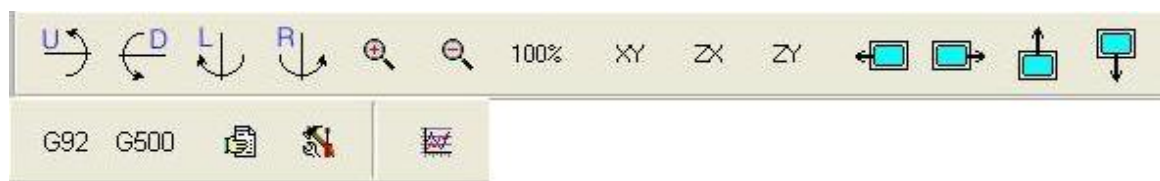


Рис. 4. Панель инструментов

На панели управления, приведенной на рис. 5, размещены основные функциональные кнопки для выполнения ручного и автоматического режима работы модуля фрезерования. В верхней части панели кнопки выполняют следующие действия:

- перемещение стола с заготовкой вдоль оси Y (2 кнопки: +Y и -Y);
- перемещение стола с заготовкой вдоль оси X (2 кнопки: +X и -X);
- перемещение инструмента вдоль оси Z (2 кнопки: +Z и -Z);
- вывод суппорта в **НОЛЬ** станка (3 кнопки: X, Y, Z).

Также панель управления содержит командную строку, предназначенную для ввода и исполнения отдельных команд. Выполнение команды начинается после нажатия на клавишу «Enter» на клавиатуре управляющей ЭВМ. В нижней части панели управления производится установка и контроль скорости линейного перемещения привода подач по оси X, Y, Z.

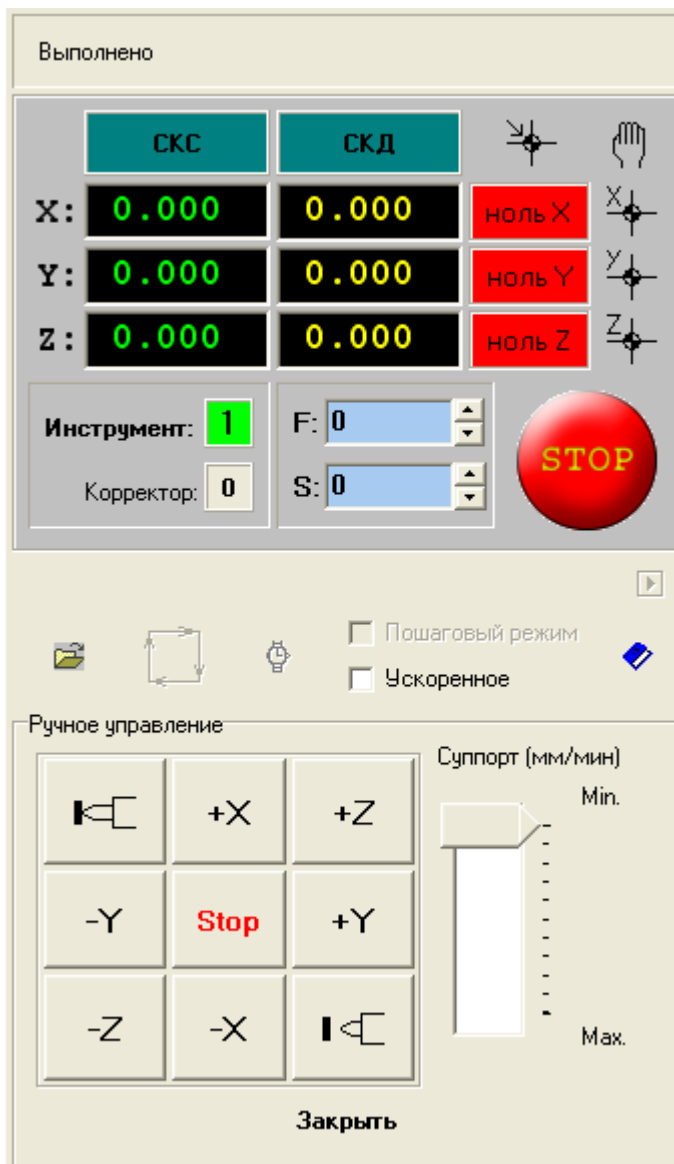


Рис. 5. Панель управления

информационная панель главного окна программы, приведенная на рис. 7. Информационная панель дополнительно может отображать значение текущей скорости суппорта F и привода главного движения S.



Рис. 7. Информационная панель

На рис. 8 приведена панель автоматического режима работы. Данная панель предназначена для загрузки файла и выполнения управ-


Дополнительно к основным панелям в главном окне программы имеется панель координат (рис. 6). Панель координат служит для отображения положения суппорта в системе координат станка (СКС) и в системе координат детали (СКД).



Рис. 6. Панель координат

На панели координат также размещены индикаторы нулевого положения, предназначенные для отображения нулевого положения суппорта, «ноль X», «ноль Y» и «ноль Z».

Для отображения информации о текущем корректуре инструмента и номере инструмента служит

ляющей программы в автоматическом режиме. Запуск управляющей программы производится нажатием на кнопку .

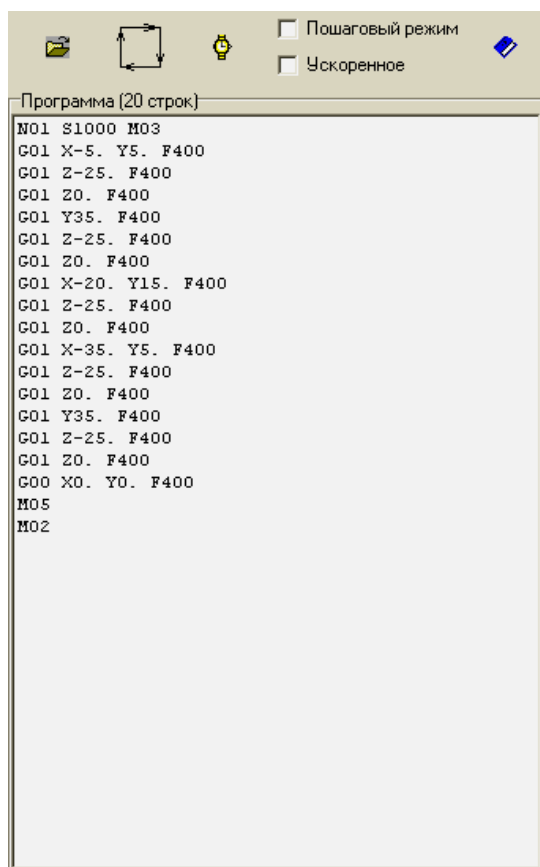


Рис. 8. Панель автоматического режима

Необходимо отметить, что в режиме ИМИТАТОР на фрезерном станке при выполнении управляющей программы можно ускорить визуализацию перемещений инструмента, установив флаг «Ускорение».

На панели автоматического режима имеется меню со следующими основными группами (для фрезерного станка):

- **файлы** (содержит пункты, относящиеся к работе с файлами: «Загрузка управляющей программы», «Настройка программы» и «Выход»);
- **команды** (содержит команды, общие для токарного и фрезерного станка: «Станок», «Имитатор», «Фрезерный станок», «Системные сообщения», «Управляющая программа», «Графика»);
- **фрезерный** (содержит команды: «Видео», «Параметры», «Фиксированные точки», «Настройка оборудования», «Инициализация оборудования»);

- **диагностика** (содержит команды проверки правильности назначенных режимов резания, алгоритмы выявления ошибок и сбоев в работе устройства);
- **справка** (содержит краткую информацию о программном обеспечении, разработчиках и минимальных требованиях, предъявляемых к управляющей ЭВМ).

Общий вид меню «Фрезерный» приведен на рис. 9. Команда «Видео» позволяет подключить Web-камеры для наблюдения за зоной резания или зоной обслуживания оборудования в составе гибкой производственной системы.

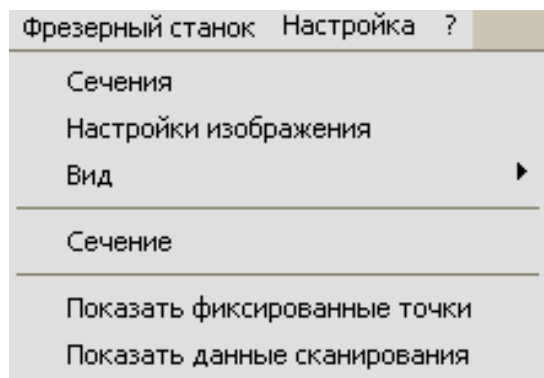


Рис. 9. Общий вид меню «Фрезерный»

Команда «Параметры» открывает окно, приведенное на рис. 10. В закладке «Общие» производится настройка точности имитации для выбора степени детализации элементов детали. Чем меньше размер элемента, тем точнее имитируется обработка, но при этом увеличиваются требования к вычислительной мощности ЭВМ. Функция «Цвет фона» позволяет выбрать необходимый фон в имитаторе фрезерного станка.

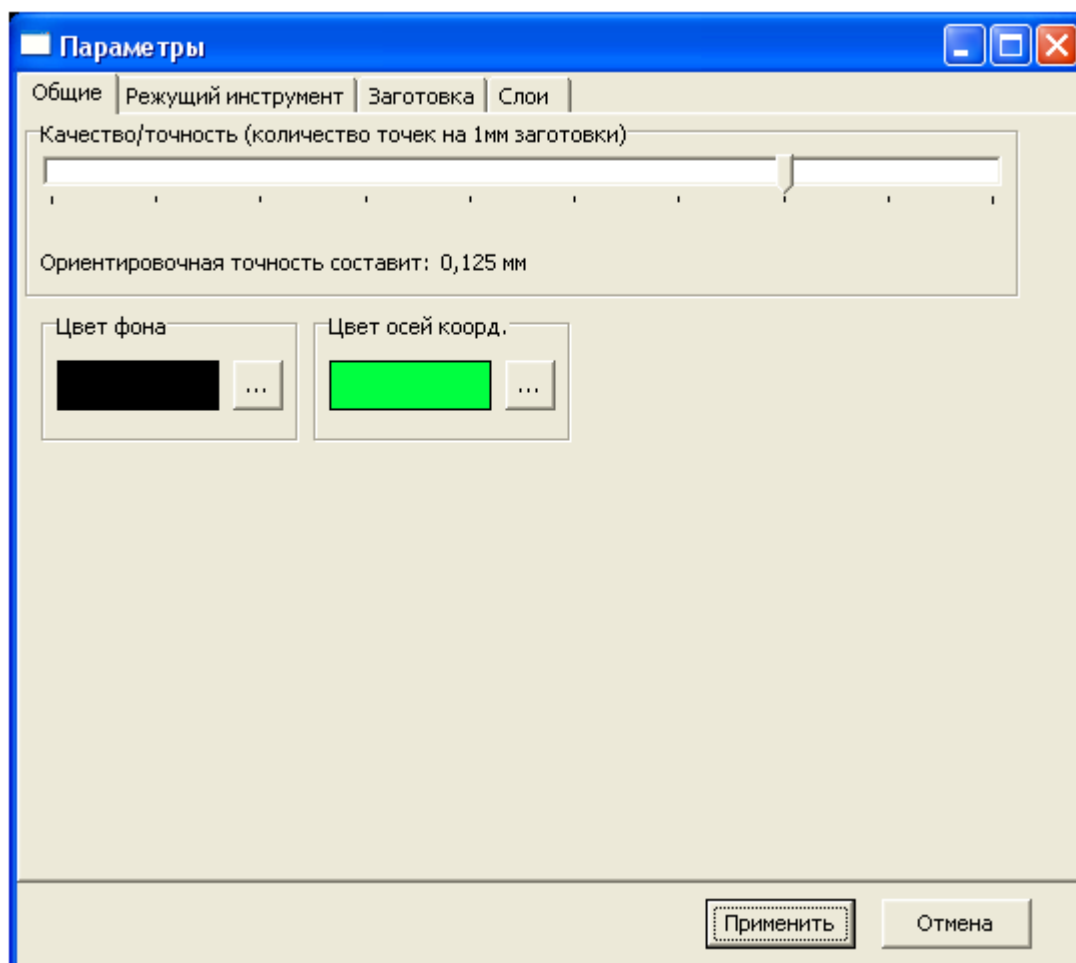



Рис. 10. Настройка имитатора фрезерного станка

В закладке «Режущий инструмент» производится выбор типа инструмента: «Концевая фреза», «Торцевая фреза», «Дисковая фреза».

А также задаются параметры инструмента (диаметр d и длина фрезы H) и цвет режущего инструмента.

В закладке «Заготовка» указываются размеры заготовки по координатам X , Y , Z и выбирается цвет заготовки.

В закладке «Слой» производится выбор цвета слоев, на которые разбивается заготовка. Каждый слой можно отображать своим цветом. Изменение цвета производится следующим образом:

1. Выберите слой.
2. Нажмите кнопку .
3. Выберите цвет.

Команда «Фиксированные точки» в подменю «Фрезерный» выводит окно, в котором напротив номера точки задаются координаты фиксированных точек, использующихся в программе. Допускается изменение значения фиксированной точки. Окно с группой E_{xx} показывает значения переменных $E_0...E_{99}$.

Команда «Настройки оборудования» открывает окно, приведенное на рис. 11.

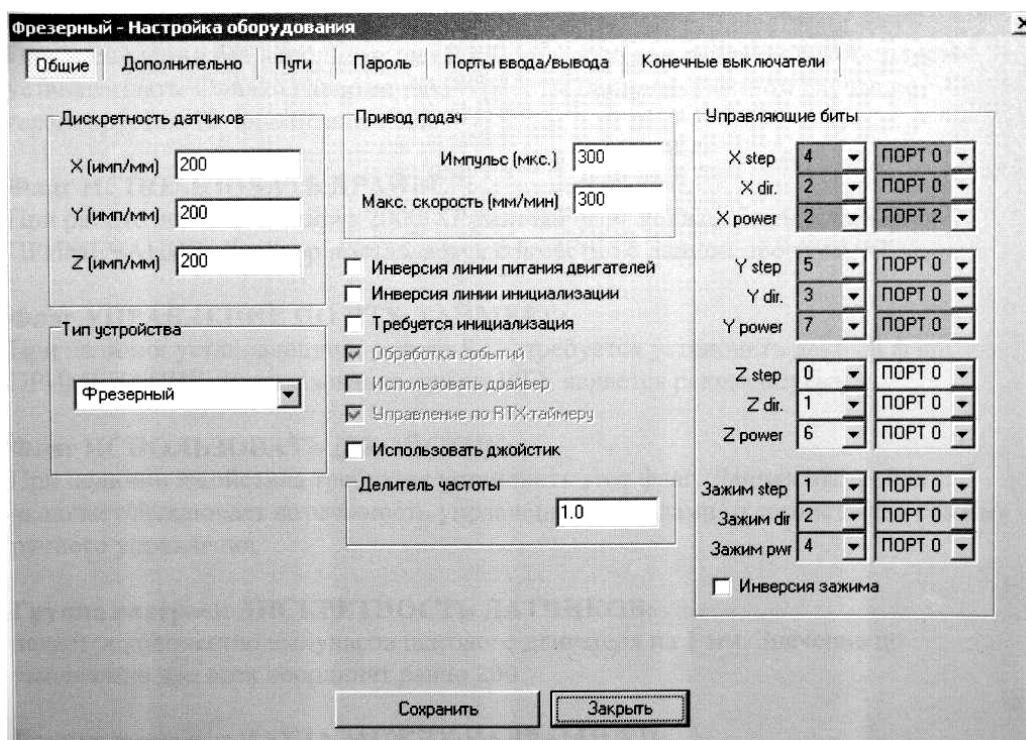


Рис. 11. Общий вид окна «Настройки оборудования»

Изменения в окне «Настройки оборудования» рекомендуется проводить только при настройке мехатронного модуля. Настройки касаются следующих действий:

- **инверсия линии питания двигателей;**
- **инверсия линии инициализации;**

- **требуется инициализация** (при неустановленном флаге игнорируется настройка «Инверсия линии инициализации»);
- **обработка событий** (при управлении без использования RTX-таймеров данный флаг рекомендуется устанавливать, однако может измениться равномерность хода привода подач);
- **использовать драйвер** (при работе с операционной системой Windows 2000/XP данный флаг должен быть установлен);
- **управление по RTX-таймеру** (рекомендуется при наличии RTX-пакета);
- **использовать джойстик** (установить флаг при наличии джойстика для управления приводами в ручном режиме);
- **дискретность датчиков** (задается количество импульсов шагового двигателя на 1 мм, по умолчанию оно равно 200);
- **пауза между кадрами управляющей программы;**
- **делитель частоты** (настройка соотношения скоростей привода при выполнении одновременных перемещений, например линейной интерполяции);
- **приоритет процесса** (настройка системного приоритета программы в случае, когда пакет RTX не используется);
- **приоритет потока управления;**
- **тип устройства** (выбор типа станка);
- **привод подач** (настройка минимальной ширины импульса и максимальной скорости для шагового двигателя привода подач);
- **внешний редактор** (указывается путь до текстового редактора, по умолчанию – Notepad.exe).

В закладке «Дополнительно» окна «Настройки оборудования» (рис. 12) производится настройка механической части модуля:

- **коррекция люфта** (настройка числа импульсов шагового двигателя, равного величине люфта, и установка флага «Включить коррекцию люфта»);
- **коррекция потери импульсов** (настройка числа импульсов потери шагового двигателя и установка флага «Включить коррекцию»);
- **разгон** (установка параметров разгона двигателя для более плавного пуска);
- **ручное управление** (панель ручное управление выводится в отдельном окне).

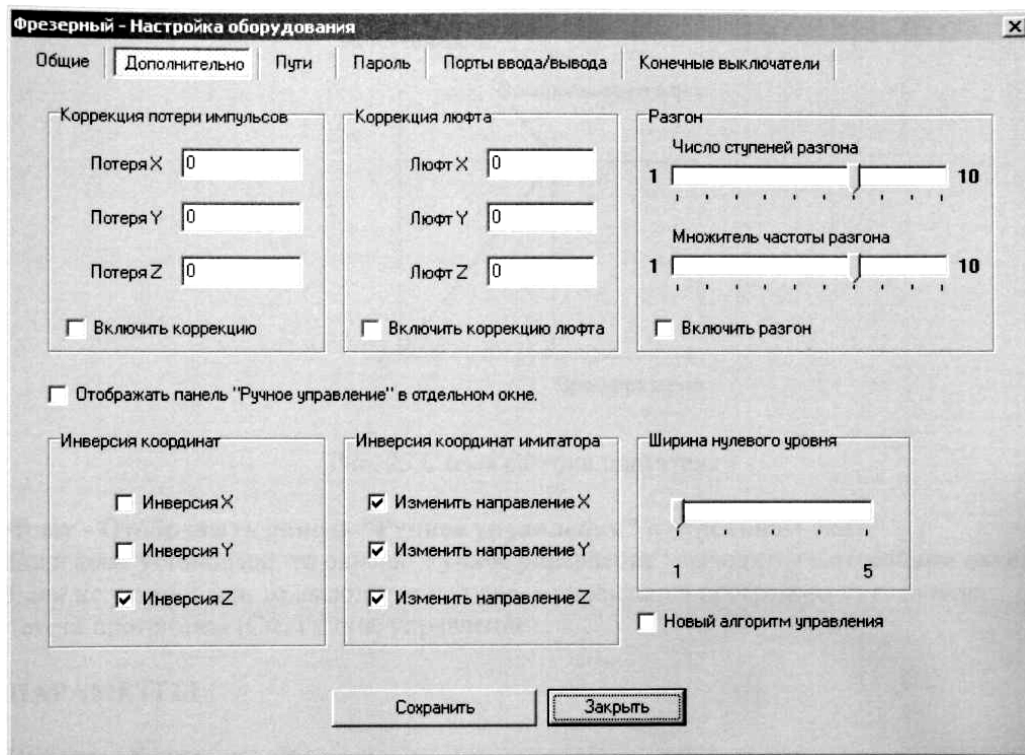


Рис. 12. Общий вид окна «Дополнительно»

На рис. 13 приведено окно имитации процесса обработки заготовки.

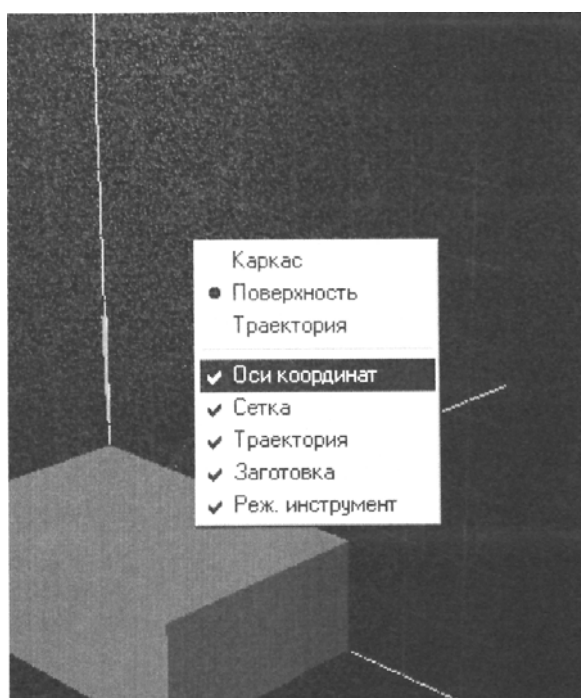


Рис. 13. Общий вид окна имитации процесса обработки

После нажатия правой клавиши мыши на данном окне вызывается подменю, содержащее следующие команды:

- **каркас** (каркасное изображение детали и режущего инструмента);
- **поверхность** (изображение с отображением поверхностей заготовки);

- **траектория** (только траектория режущего инструмента);
- **показывать** (подменю детализации изображения с включением следующих элементов изображения: «Оси координат», «Сетка», «Траектория», «Заготовка», «Режущий инструмент»).

3. Программирование УЧПУ модуля фрезерования

3.1. Формат кадра, буквенные адреса, оси координат

Управляющая программа (УП) обработки детали состоит из последовательности кадров. Формат кадра (по ГОСТ 20999-76) имеет вид:

**N04. G02. X+053. Z+053. R+053. I+053. J+053 K+053. F023
F05 E034. S+04. T04. D02. M02. P08. Q08. H04. L04.**

Формат дополнительных буквенных адресов:

A+053. B+053. C+053. U+053. V+053. W+053. Y+053. O08

Назначение буквенных адресов:

N – номер кадра;

G – подготовительная функция, постоянный цикл;

X, Z – геометрические данные по осям **X** и **Z** в абсолютных величинах или в приращениях;

U, W – геометрические данные по осям **X** и **Z** в приращениях;

R – радиус дуги;

I, K – координаты центра окружности; геометрические данные по осям **X, Z**; программирование может осуществляться на радиус и на диаметр;

S – частота вращения шпинделя, скорость резания;

H – количество повторов управляющей программы;

T – функция инструмента, N-инструмента, N-корректора;

D – номер корректора;

M – вспомогательная функция;

L – вызов управляющей программы (подпрограммы);

P, Q – номер первого и последнего кадра некоторой части УП;

F, E – функция подачи, шаг резьбы;

A, B, C, J, V, Y, O – дополнительные параметры циклов и управляющих программ.

В одном кадре можно записать:

- **F, E** – значение подачи (шага резьбы);
- множество **G**-функций из группы настроечных;
- функцию **T** или функцию **D**;
- до шести **M**-функций, выполняемых до перемещения;
- **S**-функцию;
- одну **G**-функцию из группы основных (с учетом модальности);
- до четырех **M**-функций, выполняемых после движения;

- L-функцию (вызов подпрограммы) и после нее любые буквенные адреса в качестве параметров.

В общем случае L-функция делит кадр на две части: все буквенные адреса, записанные, в кадре после адреса L рассматриваются как параметры. Исключением является только адрес N, который в любом месте кадра рассматривается, как число повторений подпрограммы.

Выполнение функций в кадрах управляющей программы производится именно в указанном порядке, несмотря на то, что записаны они могут быть в произвольном порядке.

Подготовительные функции G и постоянные циклы разбиты на две группы (табл. 2).

Таблица 2

Подготовительные функции

Код функции	Описание	Группа
G00	Позиционирование*	осн
G01	Линейная интерполяция*	осн
G02 G03	Круговая интерполяция по часовой стрелке и против*	осн
G04	Выдержка времени	осн
G25	Установка зоны запрета перемещений	осн
G26	Отмена зоны запрета перемещений	осн
G27	Однопроходный продольный цикл*	осн
G28	Однопроходный цикл продольного резьбонарезания*	осн
G29	Однопроходный поперечный цикл*	осн
G33	Нарезание резьбы с постоянным шагом*	осн
G39	Однопроходный цикл поперечного резьбонарезания*	осн
G37	Выход в фиксированную точку	осн
G38	Возврат из фиксированной точки	осн
G53	Отмена линейного сдвига	настр
G56	Линейный сдвиг	осн
G60	Однопроходный чистовой цикл	осн
G61	Многопроходный черновой продольный цикл	осн
G62	Многопроходный черновой поперечный цикл	осн
G65	Цикл нарезания канавок цилиндрических	осн
G66	Многопроходный черновой цикл продольного резьбонарезания	осн
G67	Многопроходный черновой цикл поперечного резьбонарезания	осн
G68	Многопроходный черновой копировальный цикл	осн

Код функции	Описание	Группа
G69	Цикл нарезания торцовых канавок	осн
G83	Цикл глубокого сверления	осн
G84	Цикл нарезания резьбы метчиком или плашкой	осн
G90	Абсолютный размер	настр
G91	Размер в приращениях	настр
G92	Установка абсолютных накопителей положения	осн
G94	Подача в мм/мин	настр
G95	Подача в 1/мин	настр
G96	Постоянная скорость в м/мин	настр
G97	Отмена постоянной скорости резания	настр

В первую группу входят настроечные G-функции, не требующие в качестве параметров буквенных адресов; во вторую – основные G-функции, требующие в качестве параметров буквенные адреса.

Функции G, помеченные «*» (модальные), сохраняют свое значение до отмены их другой модальной G-функцией. Функция G00 является стартовой и активизируется при включении УЧПУ. Подготовительные функции G, в том числе циклы, имеют, как правило, параметры, задаваемые или в кадре УП с помощью буквенных адресов, или в режиме ввода параметров станка и УЧПУ. В обоих случаях, например, для задания направлений аварийного сбегания для внешних и внутренних резьб в одной и той же УП, значение параметра желательно оперативно изменить, в процессе выполнения УП.

Вспомогательные M-функции делятся на две группы. В первую группу входят M-функции, выполняемые до перемещения, заданного в кадре, во вторую – после перемещения.

В табл. 3 приведены вспомогательные функции, обслуживающие электроавтоматику станка. Цифрами во главе таблицы обозначено: 1 – код вспомогательной функции; 2 – назначение вспомогательной функции; 3 – функция начинает действовать до начала перемещения; 4 – функция начинает действовать после выполнения перемещения; 5 – функция действует до отмены другой функции; 6 – функция действует только в одном кадре.

Таблица 3

Вспомогательные функции

1	2	3	4	5	6
M00	Программируемый останов	–	+	–	+
M01	Останов с подтверждением	–	+	–	+
M02	Конец программы	–	+	–	+
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	+	–	+	–
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	+	–	+	–
M05	Останов шпинделя	–	+	+	–
M06	Смена инструмента	+	–	–	+
M08	Включение охлаждения	+	–	+	–
M09	Отключение охлаждения	–	+	+	–
M12	Реверс главного привода	+	–	+	–
M17	Конец управляющей программы	–	+	–	+
M19	Ориентированный останов шпинделя	+	–	–	+
M30	Конец УП с возвратом в начало	–	+	–	+

Под адресом L в кадре можно указать вызов управляющей программы, для этого предусмотрено четыре позиции. Номера с 900 по 999 зарезервированы под постоянные, внешние по отношению к УП, подпрограммы. Номера с 1000 указывают на внутреннюю подпрограмму, хранящуюся и редактируемую как часть УП. В последнем случае номер указывает номер кадра, с которого начинается подпрограмма. Заканчивается подпрограмма кодом M17. Число вложений подпрограмм – не более трех.

Все адреса (кроме H), записанные в кадре после адреса L, рассматриваются как параметры подпрограммы (параметрическое программирование), упаковываются в буфер и передаются подпрограмме.

Пример

N80 1.1230 A12.3 B72. – вызов подпрограммы;

Подпрограмма:

N1230#101=#1+#2 – #101 будет равно 84.300;

N1235#103=#2-#1 – #102 будет равно 59.700;

N1240 G00 X #101

N1250 G01 X#102 M17

Формат адреса F при минутной подаче (G94) есть F05 при дискретности 1 мм/мин. Разрешается задание минутной подачи с точкой, причем позиция точки соответствует мм/мин.

Пример. Подачу 5 мм/мин можно задать, как F200 или как F.2.

Вызов на дисплей – всегда с точкой.

Формат адреса F при оборотной подаче (G95) есть F023 при дискретности 1 мм/об. Точка соответствует мм/об.

Пример. F.3 задает подачу 0,3 мм/об, а F1.215 – 1,215 мм/об.

На рис. 14 и 15 показано положение осей координат станка.

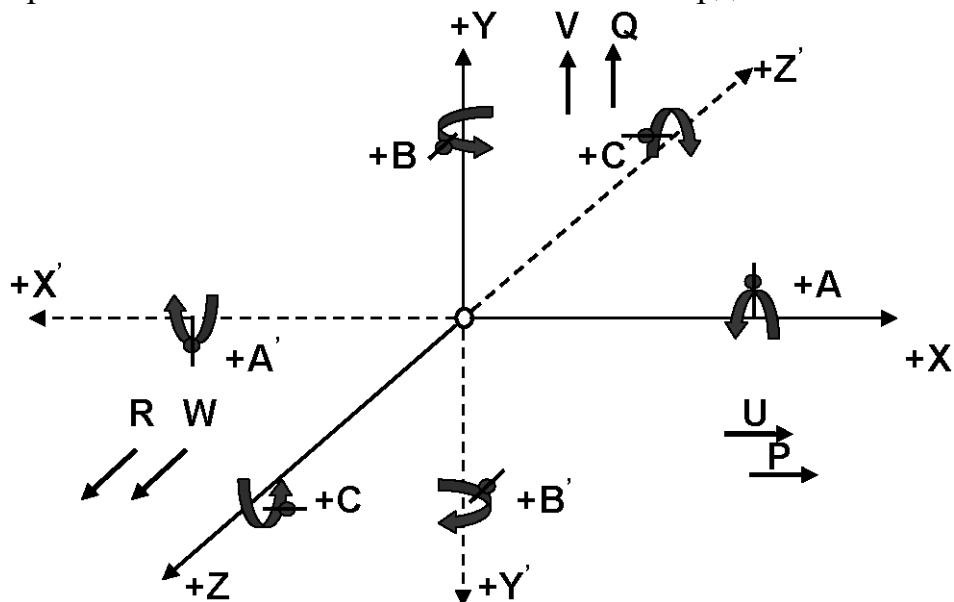


Рис. 14. Положительные направления осей координат

Ноль системы координат станка определяется оператором (наладчиком). Оператор устанавливает положение плавающего нуля, от которого обеспечивается связь с нулем системы координат детали. Ноль системы координат детали назначает технолог, исходя из схемы размерного анализа. Относительно этого нуля и пишется управляющая программа для обработки детали.

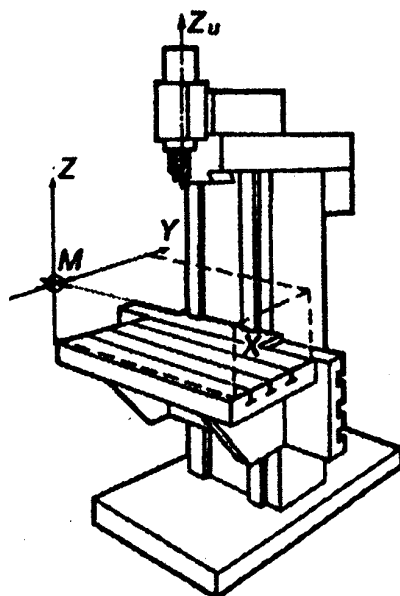


Рис. 15. Оси координат станка

3.2. Особенности использования функций в управляющей программе STEPPER CNC

Инструкция описывает правила задания систем координат станка и детали, а также особых точек в этих системах координат:

- учет в управляющей программе реальных условий обработки;
- состав G-функций и их назначение;
- состав буквенных параметров и параметров УЧПУ, необходимых для корректной отработки G-функций;
- геометрия отработки G-функций.

Система координат станка определяется местоположением начала координат станка – нулевой точки станка. В данном случае использована система плавающего нуля станка, т. е. любое положение крестового стола относительно инструмента может быть принято за нулевое.

УЧПУ ориентирована на правую систему координат (ГОСТ 20999–83), при которой наблюдатель (оператора станка, технолога-программиста УП) со стороны положительного направления оси Y на квадранты плоскости XZ видит отработку функции круговой интерполяции G02 «по часовой стрелке».

При необходимости можно осуществить программную установку новой системы координат (детали) параметрическим образом; установку данных инструмента, а также необходимых технологических команд и линейного сдвига.

Установка новой системы координат детали осуществляется функцией

$$G92 \begin{vmatrix} X \\ U \end{vmatrix} \begin{vmatrix} Z \\ W \end{vmatrix},$$

где X, Z – координаты фиксированной точки N1 в системе координат детали, т. е. относительно начала системы координат детали – нуля детали; U, W – составляющие вектора, проведенного из нуля детали в нуль станка.

Для записи кадра в программе STEPPER CNC каждый отдельный кадр должен соответствовать формату:

[Номер кадра] [Команда] [Параметры команды]

В одном кадре не должно быть одновременно M- и G-функций с одинаковыми параметрами, т. е. если M-функция имеет параметр X, Y, Z, то в этой же строке не должно быть G-функций с параметрами X, Y, Z. Составляющие кадра должны отделяться друг от друга одним пробелом. Основные команды приведены в табл. 4.

Таблица 4

Команды и их назначение

№ п/п	Адресная буква	Назначение
1	N	Порядковый номер кадра
2	G	Команда задания режима операции
3	X, Y, Z	Значения координат
4	I, J, K	Координаты центра дуги окружности
5	F	Скорость суппорта
6	S	Скорость вращения шпинделя
7	T	Номер корректора инструмента
8	M	Вспомогательная команда
9	R	Радиус дуги окружности
10	P	Длительность паузы, номер подпрограммы, номер фиксированной точки
11	Q	Параметр команды

4. Задание значений координат и параметров

Если значение координаты или радиуса задано с десятичной точкой, то значение задается в миллиметрах. Когда же значение задано без десятичной точки, то значение принимается заданным в дискретах, например:

X100 – 100 дискрет, **X100.** – 100 миллиметров.

Параметрическое задание значений можно выполнить следующим образом:

N10#2005=@35.5 – значение 35.5

T10#2005=E10 – из переменной E10

Скорость суппорта и шпинделя задается в мм/мин. Также существует возможность задать скорость суппорта с привязкой к скорости вращения шпинделя в миллиметрах на один оборот шпинделя (мм/об).

В табл. 5 рассматриваются примеры составления кадра программы с использованием наиболее распространенных функций.

Таблица 5

Функции для создания управляющей программы

Обозначение функции	Содержание функции
M02	Остановка выполнения программы. Пример: N01 M02
M03	Включение шпинделя против часовой стрелки. Пример: N01 S1000 M03 – включение шпинделя на 1000 об/мин
M04	Включение шпинделя по часовой стрелке. Пример: N01 S1000 M04 – включение шпинделя на 1000 об/мин
M05	Останов шпинделя. Пример: N01 M05

M10 Pn	Зажим детали, где n – время зажима, с. Пример: M10 P10
M11 Pn	Разжим детали, где n – время разжима, с. Пример: M11 P10
M100	Установка координат фиксированной точки. Фиксированные точки используются для отвода в них стола. Пример: N01 M100 Xn Yn Zn P10 – установка фиксированной точки № 10 с координатами Xn Yn Zn. Допустимо задание значения параметров X, Y и Z через переменные E, например: N10 M100 XE11 P4. Также допустимо задание значения параметров X, Y и Z из параметров 200n, 210n, 220n, например: N10 M102 X#2005 P4
M101	Установка значения переменной E. Пример: N01 M101 @_число_ En
M102	Установка значений вылетов инструмента. Пример: N01 M102 Xn Yn Zn Pm Допустимо задание значения параметров X, Y и Z из параметров 200n, 210n, 220n. Пример: N10 M102 X#2005 P4
M103	Установка точности аппроксимирования дуги окружности. Пример: N01 M103 Cn – разбиение дуги окружности на n отрезков
M200	Сравнение параметра E с числом: если E<@, то действие. Пример: N01 M200 En @_число_ G71 P100. Сравнение переменной En с числом, если E<@, тогда выполнение функции G71 P100
M201	Сравнение параметра E с числом: если E>@, то действие. Пример: N01 M201 En @_число_ G71 P100 Сравнение переменной En с числом: если E>@, тогда выполнение функции G71 P100
M202	Сравнение параметра E с числом: если E=@, то действие. Пример: N01 M202 En @_число_ G71 P100 Сравнение переменной En с числом: если E=@, тогда выполнение функции G71 P100
M203	Сравнение параметра E с числом: если E!=@, то действие, Пример: N01 M203 En @_число_ G71 P100 Сравнение переменной En с числом: если E!=@, тогда выполнение функции G71 P100 ПРИМЕЧАНИЕ: действие является G-функцией
M300	Сложение E=E+число. Пример: N01 M300 En @_число_ – сложение переменной En с числом и запись результата в переменную En
M301	Вычитание E=E–число. Пример: N01 M301 En @_число_ – вычитание из переменной En числа и запись результата в переменную En

M302	Умножение $E=E*\text{число}$. Пример: N01 M302 En @_число_ – умножение переменной En на число и запись результата в переменную En
M303	Деление $E=E/\text{число}$. Пример: N01 M303 En @_число_ – деление переменной En на число и запись результата в переменную En
M305	Сохранить переменные E в файл evariables.dat
M306	Загрузить переменные E из файла evariables.dat
G00	Позиционирование (холостое перемещение) в заданную точку на максимальной скорости. Пример: N01 G00 Xn Yn Zn
G01	Линейная интерполяция. Пример: N01 G01 Xn Yn Zn
G02	Круговая интерполяция (по часовой стрелке). Пример: N15 G02 U-10. V-10. I-10. K0. F150 – дуга окружности, конечная точка которой находится со смещением U-10. V-10. от начальной точки, центр окружности находится со смещением I-10. K0, где I – относительное смещение центра окружности относительно начальной точки по координате X; K – относительное смещение центра окружности относительно начальной точки по координате Y или Z. Другой вариант задания дуги – с помощью радиуса дуги окружности, наПример: N10 G02 X-40. Z-20. R50 F100 Проконтролировать дугу можно через файл Test.prg – в него записывается аппроксимирующая подпрограмма с использованием функции G01
G03	Круговая интерполяция (против часовой стрелки)
G04	Пауза. Пример: N01 G04 P10 – пауза 10 с
G25	Включение контроля зон запрета перемещений
G26	Отмена контроля зон запрета
G32	Сканирование поверхности детали на фрезерном станке с компьютерным управлением
G37	Выход в фиксированную точку. Пример: N01 G37 Pn – выход в точку, заданную параметром n
G70	Возврат из подпрограммы. Пример: N01 G70 – последний кадр программы
G71	Вызов подпрограммы. Пример: N01 G71 P200 – вызов подпрограммы, которая начинается с кадра N200

G72	Безусловный переход на заданный кадр. Пример: N01 G72 P150 – переход к кадру N150
G73	Высокоскоростной цикл прерывистого сверления. Работает аналогично циклу G83. Разница заключается в том, что сверло для удаления стружки выводится из отверстия не полностью. Последнее позволяет уменьшить время обработки детали

5. Примеры программ

Примеры программ находятся в каталоге Examples. Работа в режиме ИМИТАТОР имеет следующие настройки: режущий инструмент – концевая фреза $d = 1$ мм, $L = 20$ мм; размер заготовки – $40 \times 60 \times 20$ мм.

Перед запуском программы выведите фрезу на середину заготовки. Определите ноль станка и установите флаг «Ускоренное» на панели управления для ускорения выполнения программ.

ПРИМЕР № 1

```
; Включаем шпиндель на 1000 об/мин
N01 S1000 M03
; Выполняем какие-либо перемещения
; Останавливаем шпиндель
N100 M05
; Завершаем выполнение программы
N200 M02
```

ПРИМЕР № 2. Линейная интерполяция (файл – Example2.prg)

```
; Включаем шпиндель на 1000 об/мин
N01 S1000 M03
; Выполняем перемещения
G01 Z-2. F100
G01 X-10. Y-10. F200
G01 X10.
G01 Y10.
G01 X-10.
G01 X0. Y0.
G00 Z0.
; Останавливаем шпиндель
M05
; Завершаем выполнение программы
M02
```

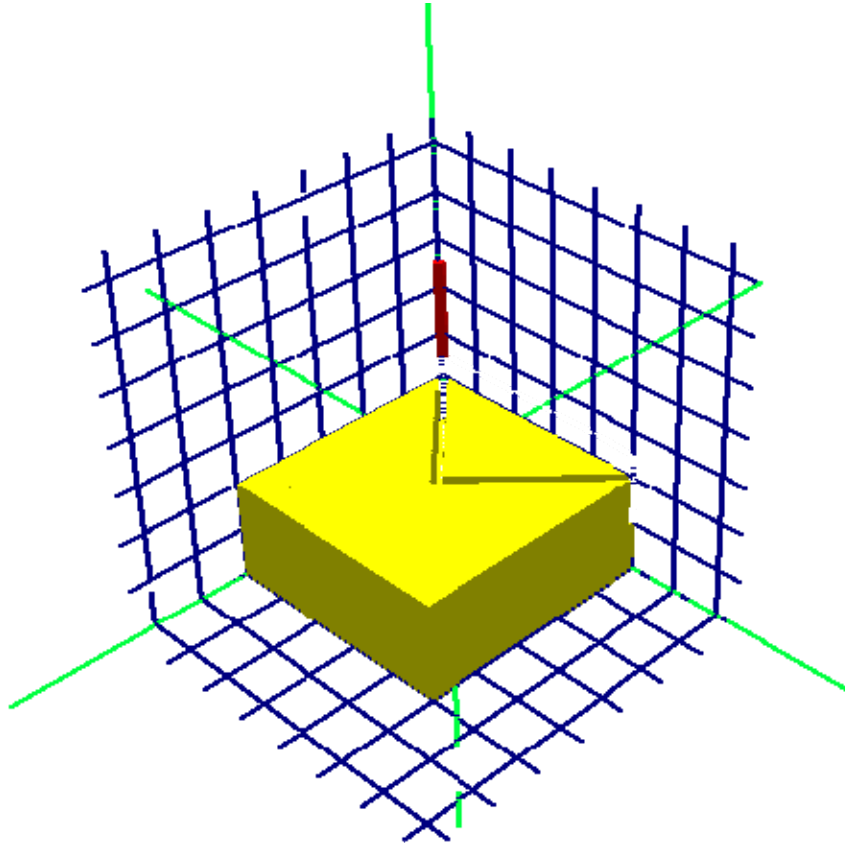



Рис. 16. Результат работы программы «ПРИМЕР № 2»

ПРИМЕР № 3. Круговая интерполяция (файл – Example3.prg)

```
; Включаем шпиндель на 1000 об/мин  
N01 S1000 M03  
; Выполняем перемещения  
G01 Z-3. F100  
; Устанавливаем точность дуги равной 40 секторам  
M103 C40  
; Выполняем движение по дуге окружности  
; в точку X-20. Y-30. по радиусу R30  
G02 X-20. Y-30. R30. F200  
; Выполняем движение по дуге окружности  
; в точку X0. Y0. по радиусу R30  
G02 X0. Y0. R30. F200  
G00 Z0.  
; Останавливаем шпиндель  
M05  
; Завершаем выполнение программы  
M02
```

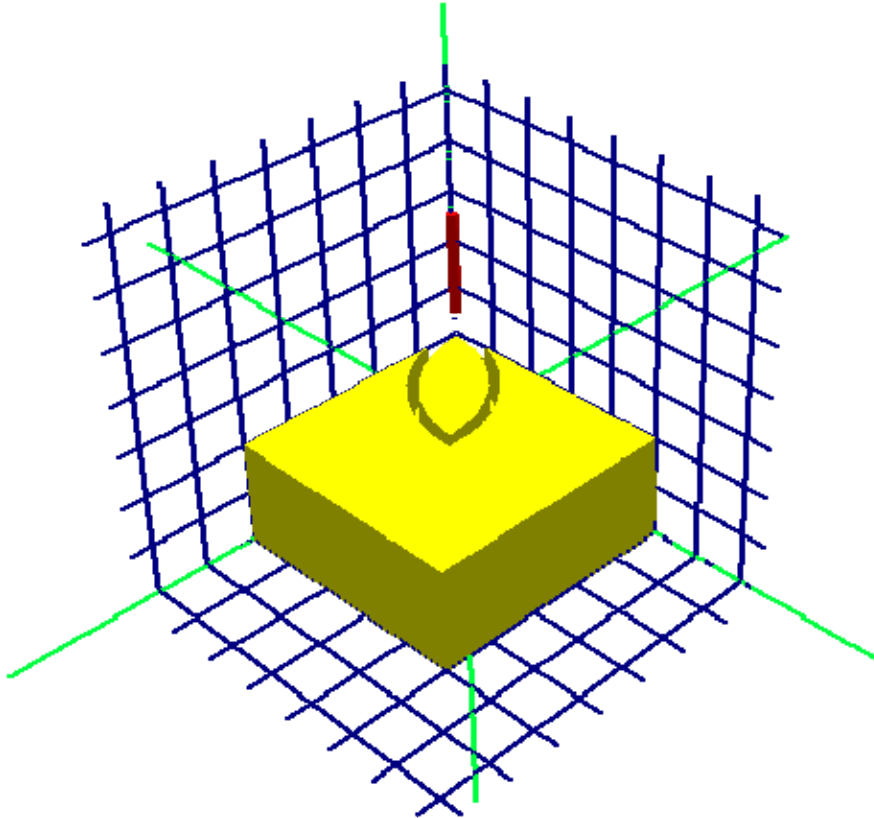


Рис. 17. Результат работы программы «ПРИМЕР № 3»

6. Запуск системы

Последовательность работы со станком изложена в инструкции по эксплуатации станка и является обязательной для использования при работе с данным оборудованием. Несоблюдение этих правил может привести к неправильной работе или выходу оборудования из строя.

Запуск системы производится в следующей последовательности:

- первоначально необходимо убедиться, что электропитание станка выключено. Индикатор питания на передней панели корпуса блока управления должен быть погашен.
- Включить питание ЭВМ. После загрузки операционной системы Windows необходимо запустить программу управления станком.
- При запуске программа управления автоматически переходит в режим работы ИМИТАТОР, в котором можно отлаживать программу, проводить ее диагностику.
- После подготовки и отладки программы следует: включить питание станка (кнопка на блоке управления) и перейти в режим СТАНОК.
- После завершения работы на станке необходимо выключить питание станка и закрыть управляющую программу.

7. Программа работы

1. Ознакомиться с устройством модуля фрезерования изделий, устройством минигабаритного фрезерного станка и его характеристиками.
2. Изучить инструкцию по работе с программой управления станком. В режиме ИМИТАТОР освоить механизм работы в главном окне программы. Освоить операции задания нуля станка, приведения изображения имитатора в соответствие обработке на станке в режиме СТАНОК, запуск и остановку управляющей программы, работу с реальным станком, настройку минимальной ширины управляющих импульсов шаговых приводов станка.
3. Изучить содержание меню главного окна и освоить работу с его опциями.
4. Изучить содержание меню «Фрезерный», освоить работу с его опциями.
5. Разработать технологический процесс изготовления детали из заготовки.
6. Разработать управляющую программу для изготовления деталей из заготовки, пользуясь приведенными в табл. 5 M- и G-функциями.
7. Провести технологическое диагностирование управляющей программы по скорости резания и подаче, скорректировать управляющую программу.
8. Включить станок, перейти в режим СТАНОК и отработать управляющую программу (без заготовки).
9. Изготовить деталь из заготовки
10. Выполнить анализ результатов и выводы о работе.

8. Варианты заданий

Таблица 6

Исходные данные для выполнения лабораторных работ

Деталь	Заготовка, мм				Материал	Параметр, мм	Вариант, мм			
	№ вар-та	A	B	C			1	2	3	4
	1	60	60	20	1.Древесина 2.Пластмасса 3. Алюминий 4.Медь	X	40	20	30	35
	2	40	40	25		U	10	10	20	10
	3	70	70	30		W	25	10	20	20
	4	55	55	35		Z	15	10	10	15

9. Содержание отчета

1. Цель работы
2. Схема, характеристики станка, краткое описание режимов его работы.
3. Чертежи заготовки и выполненной из нее детали.
4. Технологическая карта изготовления детали.
5. Полученные настройки параметров управляющей программы, рисунок главного окна программы.
6. Управляющая программа для изготовления детали. Рисунок панели автоматического режима.
7. Результаты технологического диагностирования программы. Рисунок окна «Диагностика».
8. Результаты отладки и проверки управляющей программы.
9. Готовая деталь (по указанию преподавателя).
10. Выводы о работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минигабаритный фрезерный станок модели MF70-4Ф4 с компьютерным управлением (для ГПС-1): учебное пособие / П.Г. Мазеин, С.С. Панов, С.В. Шереметьев и др. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 144 с.
2. Соломенцев Ю.М., Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Построение персональных систем ЧПУ (PCNC) по принципу открытых систем // Информационные технологии и вычислительные системы. – 1997. – № 3. – С. 68–75.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Цель лабораторной работы	3
2. Описание учебного гибкого производственного модуля фрезерования.....	3
2.1. Назначение комплекса, его состав и характеристики	3
2.2. Система управления станка	5
2.3. Программное обеспечение мехатронного модуля	6
3. Программирование УЧПУ модуля фрезерования.....	15
3.1. Формат кадра, буквенные адреса, оси координат	15
3.2. Особенности использования функций в управляющей программе STEPPER CNC	20
4. Задание значений координат и параметров	21
5. Примеры программ	24
6. Запуск системы.....	26
7. Программа работы	27
8. Варианты заданий.....	27
9. Содержание отчета	28
Список литературы	29

Учебное издание

УПРАВЛЕНИЕ ГИБКИМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ МОДУЛЕМ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы № 2
по курсам «Гибкие производственные системы»,
«Технологическое оборудование с ЧПУ» для студентов
III–IV курсов, обучающихся по специальностям
220401 «Мехатроника», 220200 «Автоматизация управления»

Составители

ШКЛЯР Виктор Николаевич

ЛЕОНОВ Сергей Владимирович

Научный редактор
доктор технических наук,
профессор

А.М. Малышенко

Редактор

А.В. Высоцкая

Верстка

В.П. Аршинова

Дизайн обложки

*О.Ю. Аршинова
О.А. Дмитриев*

Подписано к печати 20.12.2008. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».


Печать RISO. Усл. печ. л. 1,8. Уч.-изд. л. 1,63.

Заказ 873. Тираж 100 экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.