

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТРАЕКТОРИИ
ДВИЖЕНИЯ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ
ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 6P13Ф3 С УСТРОЙСТВОМ ЧПУ WL4**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ
ПО КУРСУ «УПРАВЛЕНИЕ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ
И ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ»

для студентов специальности 7.05070204 – Электромеханические системы
автоматизации и электропривод, специализация «Мехатроника»

Харьков НТУ «ХПИ»

2013

Программирование и визуальная проверка траектории движения мехатронного модуля механизма подачи фрезерного станка 6Р13Ф3 с устройством ЧПУ WL4: Методические указания к лабораторной работе по курсу «Управление мехатронными системами и промышленные сети» для студентов специальности 7.05070204 – Электромеханические системы автоматизации и электропривод, специализация «Мехатроника»/ Состав. Н. В. Анищенко – Харьков: НТУ „ХПИ”, 2013. – 25 с.

Составители: Н. В. Анищенко

Рецензент А. В. Осичев, к.т.н.

Кафедра автоматизированных электромеханических систем

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Проверка правильности подготовки управляющих программ путем проведения визуального контроля.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Данная лабораторная работа является так называемой «виртуальной лабораторией», которую также можно назвать «симулятором» реального оборудования, используется исключительно для обучения. То есть реальное оборудование (устройство ЧПУ) полностью заменено симулирующей его работу компьютерной программой. Доступ к виртуальной лаборатории, как и к удаленной, осуществляется через компьютер, в том числе, возможно, и по сети Интернет. При этом студент или экспериментатор видит на экране в точности те же органы управления устройства ЧПУ, что и при удаленном доступе к реальной лаборатории.

Для обеспечения доступа к лабораторной работе достаточно реализовать сеть *vpn* (виртуальную локальную сеть через интернет). Для создания сети *vpn* широко применяется программа TeamViewer, которая для некоммерческих целей распространяется бесплатно. Программа TeamViewer может создать *vpn* подключение только для двух компьютеров, на которых она установлена, что является ее недостатком.

Устройство числового программного управления WL4M является базовой моделью 3-х координатной контурной системы управления и предназначено для использования во фрезерных станках с базовыми функциями автоматического управления.

Технические характеристики устройства ЧПУ:

- количество управляемых координат – до 4;
- количество одновременно управляемых координат – до 3;
- интерполяция: линейная, круговая;
- тип привода: следящий;
- тип датчика обратной связи: оптический.

Устройство ЧПУ снабжено фиксированным программным обеспечением, выполняющим следующие основные функции:

- ввод, вывод, редактирование управляющих программ;
- реализация режимов работы устройства ЧПУ;
- реализация функций электроавтоматики станков;
- выдача последовательности управляющих команд;
- индикация оперативной информации;
- контроль и диагностика станка.

Система ЧПУ позволяет оператору провести визуальный контроль траектории движения инструмента без отработки программы на станке. Системный визу-

ализатор использует для отображения траектории тот же программный модуль, который используется интерполятором системы ЧПУ при отработке траектории. Это позволяет показать оператору реальную траекторию движения инструмента, описанную в управляющей программе и интерпретированную системным интерполятором.

3. ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА ЧПУ

3.1. Управление индикацией

Управление индикацией осуществляется командами выбора индикации, при выполнении которых изменяется вид индикации на экране. В устройстве ЧПУ предусмотрено пять видов индикации:

- “ВИД А” – основной вид отображения информации;
- “ВИД Б” – дополнительный вид отображения информации;
- “ВИД В” УП (ПРОГРАММЫ) – работа с управляющими программами;
- “ПАРАМЕТРЫ” – отображение параметров;
- “ОШИБКИ” – расширенная индикация ошибок.

В пределах каждого вида индикации предусмотрены свои команды управления. В качестве команд выбора вида индикации и команд управления в пределах каждого вида индикации применяются функциональные клавиши «F1»–«F10».

Индикация “ВИД А”. Данный вид индикации (рис. 1) появляется на экране монитора при включении устройства ЧПУ, выбирается клавишей (кнопкой) «F1» и отображает полный набор функций и режимов. При этом отображаются:

– рабочие координаты инструмента;

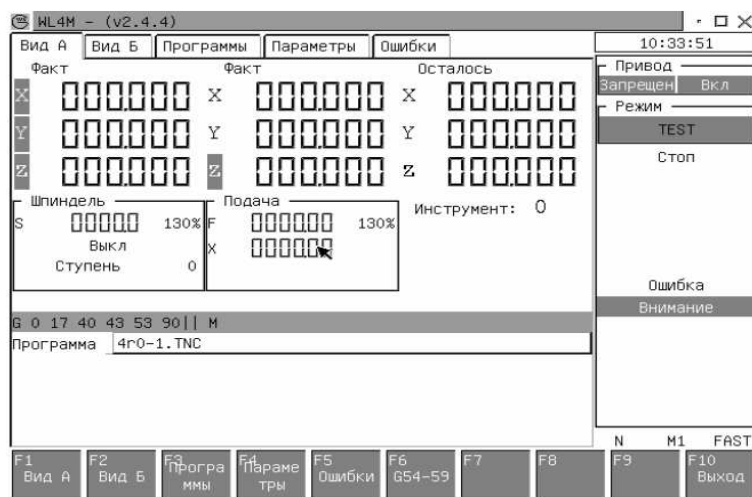


Рисунок 1 – Индикация «Вид А»

- рабочая и заданная подача;
- рабочие и заданные обороты шпинделя;
- название и текст управляющей программы (рабочий кадр);

- номер инструмента и номер привязки инструмента;
- текущие *G* функции;
- текущие *M* функции;
- номера и значения корректоров на диаметр (*D*) и длину инструмента (*H*).

Данные, изображенные на экране, имеют следующий смысл:

- “Абсолютные” – координаты рабочего органа без учета коррекции на длину инструмента и смещений по *G54-G59* (позиция осей в системе координат станка);
- “Факт” – координаты рабочего органа в системе координат, заданной функциями *G54-G59* и учетом коррекции на длину инструмента;
- “Осталось” – Оставшееся перемещение рабочего органа станка по соответствующим координатам в выполняемом кадре;
- “По программе” – Точка, куда должен переместиться рабочий орган станка по соответствующим координатам в выполняемом кадре;
- “Оператор” – координаты рабочего органа в системе координат, заданной оператором;
- “Реальные” – координаты рабочего органа без учета коррекции на длину инструмента и смещений по *G54-G59* (позиция осей в системе координат станка) при считывании с датчиков положения;
- “Подача” – Величина подачи контурная и по одной из выбранных осей;
- “Шпиндель” – Обороты шпинделя, направление вращения, код ступени;
- Модальные функции *G* и команды *M*;
- “Программа” – активная программа;
- Содержимое текущего и следующих нескольких кадров программы.


Кнопки от «0» до «5» выбирают вид геометрической информации.

Кнопка «F» выбирает индикацию подачи. При этом варианты индикации следующие:


- «F 500» – реальная контурная подача.
- «F: 500» – заданная контурная подача из программы или выбранная на пульте.

Кнопка «S» выбирает индикацию информации о шпинделе. При этом варианты индикации следующие:

- «S 200» – реальная частота вращения шпинделя.
- «S' 180» – угловое положение шпинделя.
- «S: 500» – заданная частота вращения шпинделя из программы или режима “Преднабор”.

Кнопка «L» выбирает индикацию процентного соотношения выполненной УП. Кнопки  выбирают индикацию текущего положения рабочего органа станка с использованием смещений *G54-G59*. В режиме “АВТОМАТ” справа вы-

водится счетчик выполненных УП в текущем сеансе работы УЧПУ и общее время выполнения УП.

Индикация «ВИД Б». Повторяет индикацию «ВИД А», но большими символами и выбирается кнопкой «F2» (рис. 2). Команды аналогичны «ВИД А». Окно справа предназначено для просмотра значений переменных во время выполнения УП. Для добавления параметров нажимаем кнопку  (точка). Функциональная кнопка «F7» – добавить номер переменной. Функциональная кнопка «F8» – удалить номер переменной.

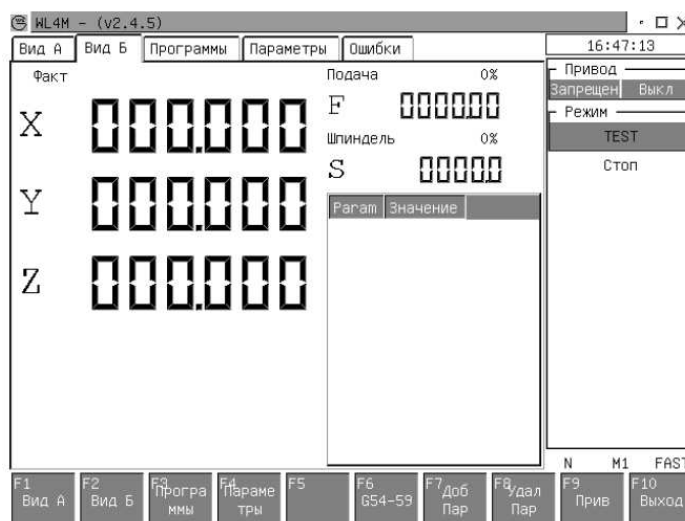





Рисунок 2 – Индикация «Вид Б»

Индикация «ВИД В» УП (Программы). Выбирается кнопкой «F3». Вверху окна (рис. 3) выводится активная программа. Слева выводится список УП на внутреннем носителе и их размер в символах. Перемещение по списку УП задается кнопками . В средней части экрана выводится текст начала выбранной в списке УП. Справа, в окне статуса выводится размер свободного места на внутреннем носителе в количестве символов.

В данном виде индикации возможны следующие режимы управления:

- визуализация выбранной УП (кнопка «F5»);
- Редактирование выбранной УП (кнопка «F6»);
- Создание новой УП (кнопка «F7»);
- Удаление выбранной УП (кнопка «F8»);
- Копирование выбранной УП («.» кнопка «F6»);

Индикация «Параметры». Выбирается кнопкой «F4». В данном виде индикации (рис. 4) выводится список корректоров и их значения. Перемещение по списку корректоров задается кнопками . При этом выводятся программные

ограничители и значения смещения активной системы координат. Просмотр всех смещений систем координат G54-G59 производится кнопками .

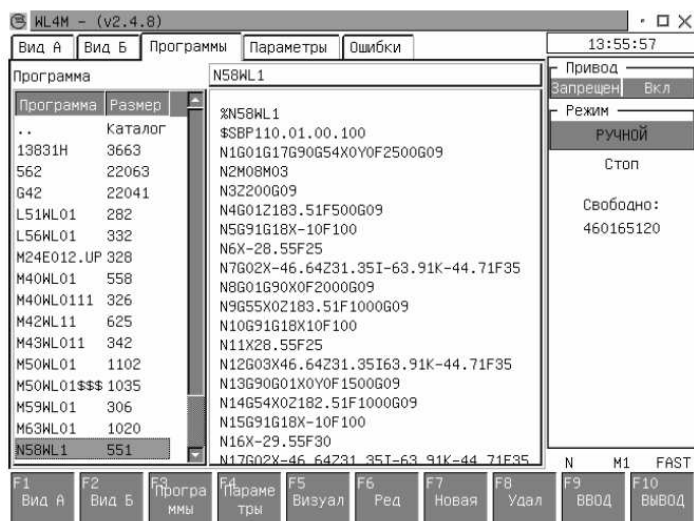


Рисунок 3 – Индикация «Вид В»

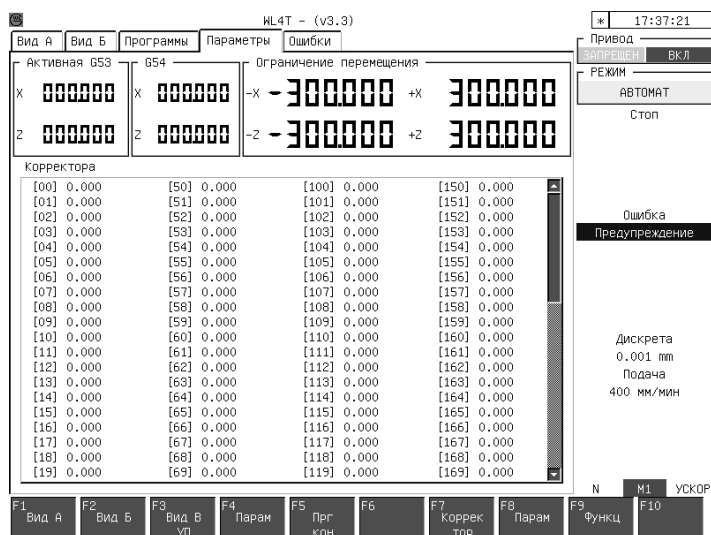


Рисунок 4 – Индикация «Параметры»

В данном виде индикации возможны следующие режимы управления:

- ввод и редактирование программных ограничителей (кнопка «F5»);
- ввод и редактирование корректоров (кнопка «F7»);
- редактирование параметров оператора (кнопка «F8»);
- выполнение различных функций (кнопка «F9»).

Индикация “Ошибки”. Выбирается кнопкой «F5». В данном виде индикации (рис. 5) возможны следующие основные режимы управления:

- очистка списка сообщений (кнопка «F6»);
- сохранение списка сообщений («.» кнопка «F6»);
- выбор дополнений (кнопка «F9»).

На экран при этом выводится следующая информация:

- “Абсолютные” – текущее положение в координатах станка;
- “Рассогласование” – рассогласование, действующее в контуре управления положением осей;
- “Ошибки” – индикация сообщений об ошибках.

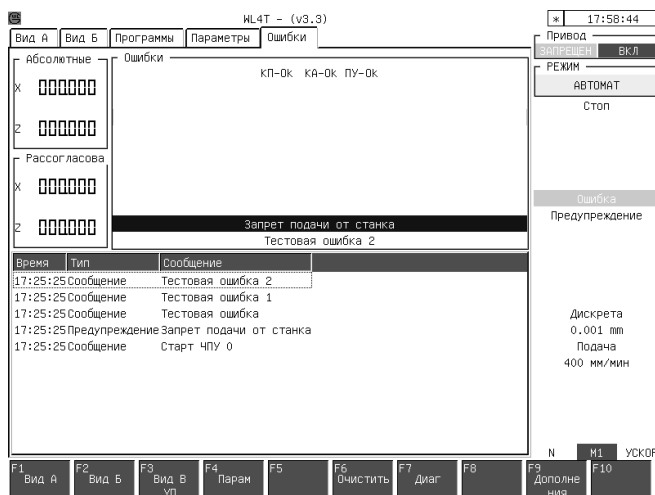



Рисунок 5 – Индикация «Ошибки»

На экране «Ошибки» отображается информация о функционировании и состоянии всех контролируемых частей системы управления, где

- КП (контроллер перемещений);
- КА (контроллер электроавтоматики);
- ПУ (пульт управления).


3.2. Описание режимов работы УЧПУ



Работа оператора на пульте УЧПУ зависит от режимов работы устройства, которые задаются нажатием различных клавиш. Нажатие клавиши  (точка) приводит к переключению в дополнительный режим обработки функциональных клавиш.

3.2.1. Ввод и редактирование управляющих программ

Устройство ЧПУ содержит постоянное перепрограммируемое запоминающее устройство емкостью от 10Mb (в стандартной поставке) до 128Mb для длительного хранения управляющих программ. Далее это устройство именуется “внутренний носитель”. Управляющие программы могут вводиться оператором вручную с использованием текстового редактора, или из дополнительных источников информации (внешнего носителя по последовательному каналу связи RS232, сети по FTP протоколу, гибкого диска, USB устройства).

Для работы с управляющими программами необходимо перейти в режим “ВИД В” УП (рис. 3). Данный режим выбирается нажатием кнопки «F3».

С помощью клавиш управления курсором  необходимо подвести указатель выбора программы к имени требуемой управляющей программы. Возможно просто набрать имя необходимой программы на клавиатуре, при этом указатель будет перемещаться на программу у которой имя совпадает с набранной.

Для входа в каталог необходимо подвести указатель выбора программы к имени каталога (каталог обозначается названием «КАТАЛОГ» в строке размера УП). Нажать кнопку . Для выхода из каталога, на уровень выше, необходимо подвести указатель выбора программы к имени «..» (две точки). Нажать кнопку . Из основного каталога нельзя выйти на уровень выше.

Для создания и ручного ввода новой управляющей программы необходимо перейти в режим «ВИД В» УП нажатием кнопки «F3», если до этого система находилась в другом режиме работы. Нажимаем кнопку «F7» «НОВАЯ». Будет выведено диалоговое окно для ввода имени управляющей программы (рис. 6).

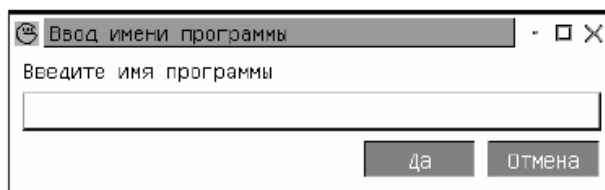




Рисунок 6 – Окно для ввода имени УП

Ввести имя управляющей программы и нажать клавишу . Для отмены ввода необходимо нажать клавишу  («Esc»).

Каждая программа должна начинаться словом “Начало программы” (символ %), после которого ставится алфавитно-цифровое имя программы и символы “Конец кадра”. Имя программы может состоять только из латинских букв и цифр и не должно быть длиннее 64 символов. Далее следуют кадры со своими номерами. Перед символом “Начало программы” не может быть записана никакая другая информация.

Программа должна заканчиваться словом *M2* (“Конец программы”) или *M30* (“Конец информации”) после которого ставится строка с двумя символами “%%”.

Оператор имеет возможность удалить не нужные более управляющие программы с внутреннего носителя. Активная УП не может быть удалена. Для удаления ненужных более управляющих программ переходим в режим «ПРОГРАММЫ», если до этого система находилась в другом режиме работы. Выбираем необходимую УП. Нажимаем кнопку «F8» «УДАЛ». Будет выдан запрос на подтверждение удаления программы (рис. 7).

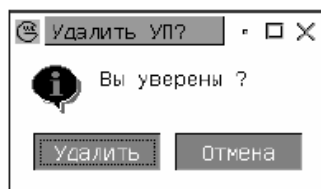




Рисунок 7 – Окно для удаления УП

Нажатие клавиши  приведет к удалению выбранной УП. Для отмены удаления необходимо нажать клавишу  («Esc»). **Внимание!** Программа будет удалена из памяти без возможности восстановления.

Имеется возможность сгруппировать управляющие программы по функциональному назначению. Например, УП для одной детали. Для этого необходимо создать каталог. Переходим в режим «ПРОГРАММЫ», если до этого система находилась в другом режиме работы. Нажимаем кнопку «F7» «НОВАЯ». Будет выведено диалоговое окно для ввода имени каталога (рис. 8).

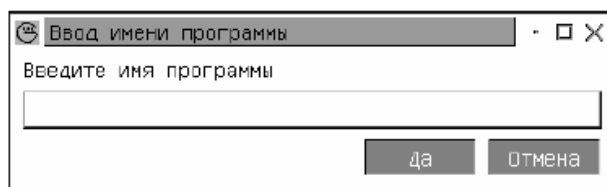






Рисунок 8 – Окно для ввода имени каталога

Ввести имя каталога, при этом первый введенный символ должен быть «.» (точкой), например “.НОВЫЙ”, и нажать клавишу . Для отмены ввода необходимо нажать клавишу  («Esc»). Имя каталога может состоять только из латинских букв и цифр и не должно быть длиннее 64 символов.

Для удаления каталога управляющих программ переходим в режим «ПРОГРАММЫ», если до этого система находилась в другом режиме работы. Выбираем необходимый каталог. Нажимаем кнопку «F8» «УДАЛ». Будет выдан запрос на подтверждение удаления программы (рис. 9).

Нажатие клавиши  приведет к удалению выбранного каталога. Для отмены удаления необходимо нажать клавишу  («Esc»). **ВНИМАНИЕ!** Каталог должен быть пустой, т.е. в нем не должны содержаться управляющие программы.


Оператор имеет возможность копирования управляющих программ. Переключаемся в дополнительное меню нажатием кнопки  (точка). Выбираем необходимую УП. Нажимаем кнопку «F7» «КОПИЯ». Будет выведено диалоговое окно для ввода имени управляющей программы (рис. 10).



Рисунок 9 – Окно удаления каталога

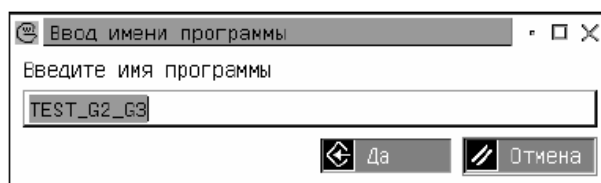




Рисунок 10 – Окно копирования УП



Ввести имя управляющей программы и нажать клавишу . Для отмены ввода необходимо нажать клавишу  («Esc»). При таком вводе выбранная УП копируется в этот же каталог. Для копирования в подкаталог, необходимо сначала ввести имя подкаталога, далее «/» и новое имя УП. Например «ТЕСТ/ТЕСТ_G2_G3», скопирует выбранную УП в каталог «ТЕСТ» с именем «ТЕСТ_G2_G3».

Для копирования из каталога на уровень выше, необходимо сначала ввести «..» (две точки), далее «/» и новое имя УП. Например «../ТЕСТ_G2_G3», скопирует выбранную УП в каталог на уровень выше с именем «ТЕСТ_G2_G3».

Программы, записанные на внутреннем носителе, могут быть откорректированы оператором с помощью текстового редактора. Невозможно редактирование активной программы.

Для изменения содержимого записанной на внутреннем носителе управляющей программы необходимо перейти в режим «ПРОГРАММЫ», если до этого система находилась в другом режиме работы. Убедитесь, что требуемая программа не является активной в данный момент.

Активная программа указана в поле «Программа». Если требуемая программа является активной, необходимо выбрать в качестве активной любую другую программу. Выбрать необходимую для редактирования УП. Нажимаем кнопку «F6» «РЕД». Система перейдет в режим редактирования выбранной управляющей программы (рис. 11).

Набираемые символы индицируются построчно на экране. Ввод кадра заканчивается нажатием клавиши , при этом курсор (вертикальная подвижная черта) перемещается на начало следующей строки. Клавиша  стирает последний введенный символ. Следует помнить, что максимальная длина кадра составляет 80 символов.

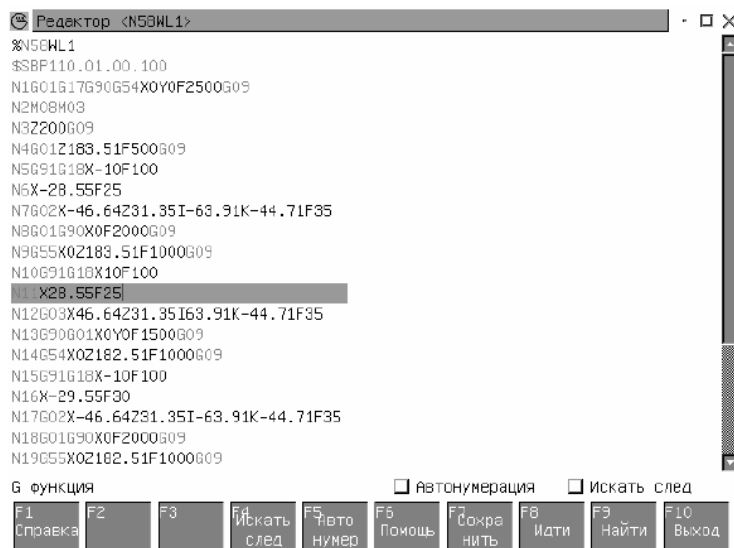


Рисунок 11 – Окно редактирования УП

По окончании работы с текстом управляющей программы нажать клавишу «F10» “ВЫХОД”. Если при редактировании текст УП изменялся, то будет выдан запрос на сохранение УП (рис. 12):

- “Сохранить” – сохранить УП и выйти из режима редактирования;
- “Не сохранять” – не сохранять УП и выйти из режима редактирования;
- “Отмена” – вернуться в режим редактирования.

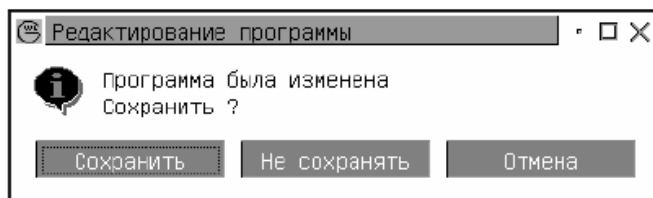





Рисунок 12 – Окно для сохранения УП

Переход между вариантами выбора производится нажатием клавиши . Выбор осуществляется нажатием клавиши .

Для работы с какой-либо управляющей программой необходимо выбрать её из набора на внутреннем носителе.

Переходим в режим «ПРОГРАММЫ», если до этого система находилась в другом режиме работы. Выбрать необходимую УП. Нажимаем клавишу . После выполнения этих операций выбранная программа становится активной. Активная программа выделена в поле «Программа». Программа остается активной до тех пор, пока не будет выбрана новая активная программа.

3.2.2. Визуализация УП

Система ЧПУ позволяет оператору провести визуальный контроль траектории движения инструмента без отработки программы на станке.

Системный визуализатор использует для отображения траектории тот же программный модуль, который используется интерполятором системы ЧПУ при отработке траектории. Это позволяет показать оператору реальную траекторию движения инструмента, описанную в УП и интерпретированную системным интерполятором.

Переходим в режим «ПРОГРАММЫ», если до этого система находилась в другом режиме работы. Выбрать необходимую УП. Нажимаем кнопку «F5» «ВИЗУАЛ».

Визуализатор позволяет оператору просмотреть траекторию, заданную в программе и реальную траекторию центра инструмента с учетом коррекции радиуса и смещений (рис. 13). Переход к выполнению следующего кадра выполняется кнопками «ШАГ».

Кроме этого предоставлена возможность масштабирования изображения с помощью регулятора. В режиме визуализации также отображается текущий кадр. Выход из визуализатора осуществляется при нажатии кнопки «F10» «ВЫХОД».

При визуализации возможно использование следующих функций:

- кнопка просчета границ области отработки УП и масштаба – «M»;
 - кнопка включения использования таблицы корректоров при визуализации – «K»;
 - кнопка включения использования таблицы систем координат G54-G59 – «G».
- Для возврата центра абсолютной системы координат в центр экрана нажмите (пробел);
- установка масштаба – «L»;

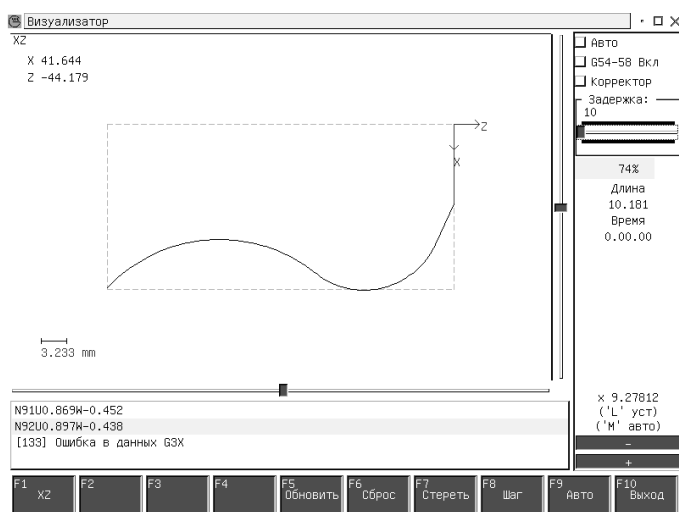


Рисунок 13 – Окно визуализатора

- кнопка «С» – вызов диалогового окна настроек (рис. 14).

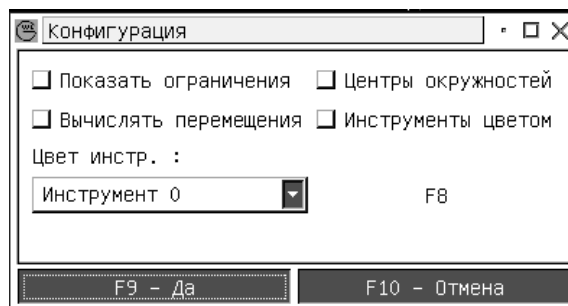


Рисунок 14 – Окно настроек

- «Показать ограничения» – выводит на экран ограничения перемещений, заданных в параметрах системы;
- «Вычислять перемещения» – при вызове визуализатора производится просчет границ области отработки УП;
- «Центры окружностей» – выводить крестиком центры окружностей при круговой интерполяции;
- «Инструмент цветом» – можно отображать движения различных инструментов выбранными цветами;
- «Цвет инструмента» – определяет номер инструмента, для которого по нажатию «F8» устанавливается цвет. Всего цвет можно присвоить 8 инструментам.

3.3. Подготовка управляющих программ

3.3.1. Структура управляющей программы

Каждая программа должна начинаться словом “Начало программы” (символ %), после которого ставится имя программы и символы “Конец кадра”. Имя программы не должно быть длиннее 80 символов. Далее следуют кадры со своими номерами.

Программа должна заканчиваться словом *M2* (“Конец программы”) или *M30* (“Конец информации”) после которого ставится строка с символом “%”.

ПРОГРАММА – управляющая последовательность рабочей информации, которая состоит из кадров (текстовых строк).

КАДР – последовательность слов, образующих информацию для одной рабочей операции и располагающихся в одной текстовой строке, оканчивающейся символами CR, LF (далее – “Конец кадра”).

Цифровые двухзначные имена программ от “00” до “99” зарезервированы для пользовательских подпрограмм и циклов. Цифровые однозначные имена программ от “0” до “9” зарезервированы для системных подпрограмм.

Устройство управления считывает каждый символ, записанный на носителе в коде ASCII (табл. 1). Однако для формирования команд в управляющей программе можно использовать только определенные символы.

Таблица 1. Символы кода ASCII

Буквы адресов	<i>D, E, F, H, I, J, K, L, M, N, O, U, V, W, X, Y, Z</i>
Цифры	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9
Печатаемые символы	% . + - * # = < >
Непечатаемые символы	HT –табуляция, SP – пробел, CR – возврат каретки, LF – перевод строки

СЛОВО – определенная последовательность символов, соответствующая какой-либо операции. Слово включает в себя технологическую и геометрическую информацию и адрес, по которому записывается данная информация. Слово состоит из буквы адреса и последовательности цифр с предшествующим знаком или без него.

Пример.

X.23

Z123.4

M2

При записи слов с использованием десятичного знака могут быть опущены незначащие нули, стоящие до и (или) после знака (например, запись *X.003* означает размер 0.003 мм по оси *X*; запись *X1030* –размер 1030.000 мм по оси *X*). Названия слов с перечнем адресов и диапазоном используемых значений приведены в табл. 2.

Длина кадра не должна превышать 80 символов.

За исключением слова *N* слова в кадре могут располагаться в произвольном порядке. Слово *N* должно быть первым в кадре. При повторении слова с одним адресом в одном кадре будет использовано последнее встреченное слово. Допускается использовать несколько слов с адресами *G* и *M*, как описано ниже. Любое слово может быть пропущено, если оно не обязательно в кадре. Ведущие нули во всех словах разрешается опускать. Завершающие нули и точку в адресах с фиксированной точкой разрешается опускать. Каждый кадр должен заканчиваться символом “Конец кадра” (CR, LF).

Комментарии должны располагаться в конце кадра и отделяться от управляющей информации символом \$. В кадре комментария могут использоваться любые символы из набора KOI-8R.

Таблица 2. Имена слов УП

Слово	Адрес	Пределы значений	Назначение
Имя программы	%	0-9, A-Z	Имя программы
Номер кадра	<i>N</i>	1-65535	Номер кадра
Подготовительная функция	<i>G</i>	0-99	Определение вида движения рабочего органа
Размерные слова, мм	<i>X, Y, Z</i>	-9999,999 +9999,999	Перемещение по координатам в зависимости от <i>G90/ G91</i>
Размерные слова, мм	<i>U, V, W</i>	-9999,999 +9999,999	Перемещение по координатам в приращениях
Размерные слова, мм	<i>I, J, K</i>	-9999,999 +9999,999	Параметры вектора радиуса при круговой интерполяции
Величина подачи, мм/мин	<i>F</i>	0,001- 99999,999	Задание величины подачи
Длительность паузы, с	<i>E</i>	0-99999,999	Длительность паузы
Вспомогательная функция	<i>M</i>	0-99	Задание двухпозиционных технологических команд
Частота вращения шпинделя	<i>S</i>	0-65535	Задание частоты вращения шпинделя
Вспомогательная функция	<i>T</i>	0-99	Смена инструмента
Комментарий	\$		Признак окончания команд и начала комментария

3.3.2. Задание подготовительных функций

Подготовительные операции задаются словом, содержащим адрес *G* и следующий за ним номер подготовительной функции. Подготовительные функции связаны с режимами работы, формой движения и т.д. Перечень этих функций приведен в табл. 3.

Объединение функций в группы по признакам определяет возможность взаимной отмены их действия. Если в одном кадре необходимы несколько подготовительных функций, то рекомендуется записывать их в порядке возрастания номеров. Если в одном кадре указаны несколько подготовительных функций одной группы, будет действовать последняя по порядку следования в кадре функция.

Функции *G0, G17, G40, G49, G53, G64, G90, G94* устанавливаются автоматически при включении питания УЧПУ и при сбросе.

Формирование траектории движения реализуется при помощи подготовительных функций интерполяции. Интерполяция производится на определенной части заданной кривой. Интерполируемая часть называется участком интерполяции и может быть записана в одном или более кадрах программы. Информация,

необходимая для задания интерполяции, должна соответствовать нижеперечисленным требованиям:

- соответствующая *G*-функция определяет характер линии (прямая или окружность);

Таблица 3. Подготовительные функции

Код	Наименование подготовительной функции	Время действия функции
G0	Позиционирование (ускоренное перемещение)	Действует до прихода другой <i>G</i> - функции этой группы.
G1	Линейная интерполяция (рабочая подача)	
G2	Круговая интерполяция по часовой стрелке	
G3	Круговая интерполяция против часовой стрелки	
G4	Выдержка времени (пауза)	Действует на один кадр
G9	Торможение в конце кадра	Действует на один кадр
G17	Выбор плоскости XY	Действует до прихода другой <i>G</i> - функции этой группы. Исходная функция G17
G18	Выбор плоскости XZ	
G19	Выбор плоскости YZ	
G40	Отмена коррекции на радиус инструмента	Действует до прихода другой функции этой группы: G41-G42
G49	Отмена коррекции на длину инструмента	Действует до прихода другой функции этой группы: G43-G44
G53	Возврат к системе координат станка	Действует до прихода другой <i>G</i> - функции этой группы
G54-G59	Выбор координатной системы заготовки	
G92	Задание системы координат	
G64	Автоматический расчет скорости в конце кадра	Действует до прихода другой функции этой группы: G60, G63
G90	Задание в абсолютных размерах	Действует до прихода другой <i>G</i> - функции этой группы. Исходная функция G90
G91	Задание в приращениях	
G94	Подача в мм/мин	

- соответствующая G-функция определяет характер задания геометрической информации о величине и направлении перемещения исполнительного органа станка (в приращениях или абсолютных координатах);
- используется стандартная правая прямоугольная система координат;
- начальная точка каждого участка интерполяции совпадает с конечной точкой предыдущего участка.

Функция $G0$ – позиционирование имеет формат $G0 \alpha\text{---}\beta\text{---}\gamma$.

С помощью данной команды можно запрограммировать позиционирование в режиме ускоренного перемещения. Символы α , β и γ выбираются из адресов X , Y , Z , U , V , W и задают величины перемещения. При использовании X , Y , Z , в соответствии с состоянием $G90/G91$, данное задание является либо абсолютным, либо в приращениях, в то время как при использовании U , V , W данное задание является заданием в приращениях независимо от состояния $G90/G91$.

При этом траектория инструмента соответствует линейной интерполяции с образованием прямой линии, идущей от начальной к конечной точке. В режиме $G0$ всегда происходит замедление и выполняется проверка достижения требуемой точки, и затем осуществляется переход в следующий кадр.

Функция $G1$ – линейная интерполяция имеет формат $G1 \alpha\text{---}\beta\text{---}\gamma$.

С помощью данной команды можно запрограммировать линейную интерполяцию. Символы α , β и γ выбираются из адресов X , Y , Z , U , V , W и задают величины перемещения. При использовании X , Y , Z , в соответствии с состоянием $G90/G91$ данное задание является либо в абсолютных, либо в приращениях, в то время как при использовании U , V , W данное задание является заданием в приращениях независимо от состояния $G90/G91$.

При этом траектория инструмента соответствует линейной интерполяции с образованием прямой линии, идущей от начальной к конечной точке. В случае линейной интерполяции имеет место следующее отношение между запрограммированной скоростью подачи и фактической скоростью подачи по каждой из осей:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

$$\frac{L_x}{F_x} = \frac{L_y}{F_y} = \frac{L_z}{F_z} ,$$

где F – запрограммированная скорость рабочей подачи мм/мин; F_i – фактическая скорость подачи в направлении оси i ; L_i – величина перемещения по оси i .

Функции $G2$, $G3$ – круговая интерполяция имеют одинаковый формат:

$G2 (G3) \alpha\text{---}\beta\text{---}\gamma\text{---}\delta\text{---}\epsilon\text{---}$

С помощью данных команд можно запрограммировать круговую интерполяцию. Даже многоквadrантную дугу можно запрограммировать в одном кадре.

$G2$, $G3$ являются функциями круговой интерполяции, однако они отличаются друг от друга направлением поворота.

- $G2$ – круговая интерполяция по часовой стрелке;
- $G3$ – круговая интерполяция против часовой стрелки.

Символы α , β и γ выбираются из адресов X , Y , Z , U , V , W и задают величины перемещения, и в соответствии с состоянием $G90/G91$ данное задание является либо в абсолютных, либо в приращениях (кроме U, V, W). Плоскость обработки определяется функцией $G17/18/19$ и ей соответствуют адреса α и β . Третья координата γ , перпендикулярная плоскости обработки, применяется для выполнения спиральной интерполяции. В случае опускания α и β , нулевого задания α и β в приращениях или задания α и β в начальную точку в абсолютных данная команда означает задание дуги на 360° (полного круга).

Символы ϵ и δ выбираются из адресов I , J , K и задают инкрементальную величину до центра дуги осей α и β в отдельности. Вне зависимости от состояния $G90/G91$ это является заданием в приращениях.

I – инкрементальная величина от начальной точки на оси X ;

J – инкрементальная величина от начальной точки на оси Y ;

K – инкрементальная величина от начальной точки на оси Z .

При использовании адресов I , J , K для определения радиуса окружности следует иметь в виду, что значения I , J , K определяют расстояние от точки начала кадра до центра дуги по соответствующим осям с учётом знака.

Параметры по адресам I , J , K определяются как разность координат центра дуги окружности и координат начальной точки, т.е. координаты центра минус координаты начальной точки.

Для программирования дуги до 180° допускается вместо адресов I , J , K использовать адрес R для непосредственного указания радиуса дуги.

Пример:

...

$G90G54G17G1X50Y86.603F100$

$G3X0Y100I-50J-86.603$

$G1X50Y86.603$

$G3X0Y100R100$

...

Оба кадра $G3$ программируют дугу окружности против часовой стрелки радиусом 100 мм.

Функция $G4$ – пауза имеет формат $G4E-----$.

Время задержки указывается в адресе *E*. Допустимые значения задержки от 0.001 секунды до 99999.999 секунд. Задание паузы необходимо при свободном резании, при смене числа оборотов. *G4* действует в кадре.

Функции *G17/18/19* – выбор плоскости обработки позволяют запрограммировать выбор плоскости обработки, в которой будет выполняться круговая интерполяция, и относительно которой будут действовать задаваемые далее коррекции на длину и радиус инструмента. *G17* – плоскость *XY*; *G18* – плоскость *XZ*; *G19* – плоскость *YZ*.

Функции *G90/91* задают программирование в исходных размерах и размерах с приращением.

Ввод в исходных размерах *G90*. При вводе в исходных размерах (называют также ввод в абсолютных размерах) все вводы размеров *X*, *Y*, *Z* относятся к установленной нулевой точке обрабатываемой детали. Ввод в исходных размерах позволяет осуществлять простой вход в программу и выход из неё.

Ввод в размерах с приращением *G91*. При размере с приращением запрограммированный размер по *X*, *Y*, *Z* соответствует пути, по которому происходит перемещение. Числовое значение информации пути указывает, на какое расстояние должно произойти перемещение для достижения конечной позиции. Размер с приращением применяют преимущественно для подпрограмм, вызов которых должен осуществляться в любых местах рабочей зоны станка.

Функции *G94/95* определяют способ задания величины подачи *F* в мм/мин. или в мм/оборот. *G94* – подача *F* в мм/мин. *G95* – подача *F* в мм/оборот.

Например:

G94 F10.4 – подача 10.4 мм/мин.

G95 F0.5 S20 – подача 0.5 мм/оборот.

Функции *G94/95* являются модальными, *G94* (*F* в мм/мин.) всегда устанавливается для фрезерных станков при включении ЧПУ и при сбросе.

3.3.3. Функции переключения и вспомогательные функции

Функция подачи *F* задает величину подачи, например *F10.4* – подача 10.4 мм/мин (мм/об.).

Запрограммированная скорость выдерживается на траектории точки центра радиуса инструмента. Посредством команд с пульта управления запрограммированная подача может изменяться в пределах от 0% до 120% с дискретностью 10%. Предельные значения подачи обусловлены параметром системы управления “Максимальная контурная скорость, мм/мин”. Данный параметр вводится оператором с рабочего терминала.

Функция частоты вращения шпинделя *S* используется для задания частоты вращения шпинделя в оборотах в минуту или номера ступени используется функ-

ция S и последующее цифровое значение от 0 до 65535. Способ интерпретации функции S как частоты или номера ступени зависит от установки соответствующего параметра системы при вводе в эксплуатацию.

Таблица 4. Перечень вспомогательных функций

Код	Наименование вспомогательной функции	Время действия функции
$M2$	Конец программы	Действует только в том кадре, в котором запрограммирована
$M30$	Конец ленты	
$M3$	Вращение шпинделя по часовой	Действует до прихода другой M – функции этой группы
$M4$	Вращение шпинделя против ча-	
$M5$	Останов шпинделя	
$M6$	Смена инструмента	Действует только в том кадре, в котором задана

Функция смены инструмента T используется для выбора нужного инструмента. Программирование установки инструмента №6 выглядит следующим образом: $T6$. Функция T выполняется в кадре последней. При выполнении функции T номер нового инструмента заносится в системную переменную #121 и вызывается системная подпрограмма “0”. В качестве параметров в подпрограмме смены инструмента используются системные переменные #200 – текущий номер инструмента (только чтение) и #121 – новый номер инструмента. Системная подпрограмма смены инструмента зависит от конкретного станка и программируется при вводе системы ЧПУ в эксплуатацию.

Вспомогательные функции M в основном используются для управления электроавтоматикой станка. Перечень задействованных вспомогательных функций, время и начало действия указаны в табл. 4. Остальные функции с номерами до 99 свободны и задействуются системой автоматики в зависимости от станка. Допускается программирование в одном кадре нескольких функций M из разных групп, но не более трех команд начала кадра и трех команд конца кадра в одном кадре.

При включении системы режимы устанавливаются в состояние, соответствующее параметру «Инициализационная строка» в настройках интерпретатора. В соответствии с этим устанавливается следующее состояние УЧПУ:

- Вид движения – $G0$;
- Система координат – $G53$;
- Коррекция на радиус инструмента – $G40$ (отменена);
- Коррекция на длину инструмента – $G49$ (отменена);
- Плоскость – $G17$ (XY) (Фрезерный вариант);
- Задание перемещений – $G90$ (абсолютное);

- Подача в мм/мин. – G94 (фрезерный вариант);
- Величина подачи – 0;
- Обороты шпинделя – 0;
- Номер инструмента – 0;
- Номер корректора на радиус – 0;
- Номер корректора на длину – 0;
- Программа для отработки – последняя в сеансе работы с УЧПУ;
- Абсолютное положение осей станка – произвольное, необходим выход в “ноль” станка;
- Источник информации – установленный в последнем сеансе работы с УЧПУ.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Чтобы реализовать выполнение лабораторной работы при помощи удаленного доступа необходимо осуществить подключение сети *vpn*. Для этого программу TeamViewer устанавливают на оба компьютера. Для создания *vpn* сети необходимо установить *vpn* драйвер. Такие настройки программы нужно сделать на обоих компьютерах.

Далее создается *vpn* сеть через интернет. Для этого в окошке ID партнера прописывается ID удаленного компьютера, выбирается подключение *vpn* и выбирается опция «Подключиться к партнеру». В появившемся окошке вводится пароль, который берется из окошка программы на удаленном компьютере.

После создания *vpn* сети появится окошко статистики подключения, в котором можно увидеть ваш IP адрес, присвоенный программой, и IP адрес партнера. Также ведется статистика объема переданных и полученных данных.

По IP адресу партнера через обычный проводник можно получить доступ к файлам открытым для общего просмотра. Разорвать данное соединение можно как на компьютере, создавшем *vpn* связь, так и на удаленном компьютере.

Для приобретения практических навыков подготовки управляющих программ для фрезерной обработки с устройством ЧПУ WL4M с использованием соответствующего программного обеспечения на базе персональных ЭВМ необходимо выполнить следующие действия:

1. Открыть программу Microsoft Virtual PC. При этом на экране появляется окно Virtual PC Console, на котором для запуска программного обеспечения УЧПУ WL4M необходимо нажать кнопку Start.

2. После загрузки программного обеспечения на экране появляется окно New Virtual Machine – Microsoft Virtual PC 2007 с индикацией «ВИД А». Изучить особенности работы с устройством ЧПУ (управление индикацией, режимы работы).

3. Проверить работу устройства ЧПУ в режиме визуализации УП. Для этого в качестве активной УП можно выбрать любую программу и запустить ее отработку в пошаговом или автоматическом режиме. Перед запуском отработки программы необходимо обязательно нажать кнопку M для просчета границ области отработки УП и масштаба. На экране будет отображаться траектория движения рабочего органа.

4. Для рассмотренных в [1] примеров управляющих программ для устройства ЧПУ 2C42 составить управляющие программы для УЧПУ WL4M (рис. 2.5 – 2.7).

5. В соответствии с вариантом индивидуального задания в [1] разработать эскиз детали (приложение 2) и составить текст управляющей программы для УЧПУ WL4M.

6. В каталоге STUDENT создать файлы управляющих программ в соответствии с п. 4 и п. 5 настоящего раздела и проверить их отработку в режиме визуа-

лизации. Текст УП может быть введен либо путем набора на клавиатуре, либо путем загрузки текстового файла (использовать опцию «Вставить»). При использовании второго способа загрузки далее текст необходимо представить в формате УП. Отчет о выполненной работе должен содержать тексты управляющих программ и рисунки соответствующих траекторий движения инструмента в плоскости XY либо с использованием режима 3D. Для сохранения текстов УП и рисунков траекторий движения инструмента можно использовать стандартную программу «Paint» (опция «Print Screen»).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Підготовка керуючих програм на прикладі фрезерної обробки на верстаті 6P13Ф з пристроєм ЧПК 2С42: методичні вказівки до практичних занять з курсу «Програмне керування механізмами» для студентів спеціальності 7.092203 – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»/ Уклад. М. В. Аніщенко – Х: НТУ «ХП», 2011. – 60с.
2. Техническая документация устройства ЧПУ WL4M [Электронный ресурс]: <http://wl.com.ua>.