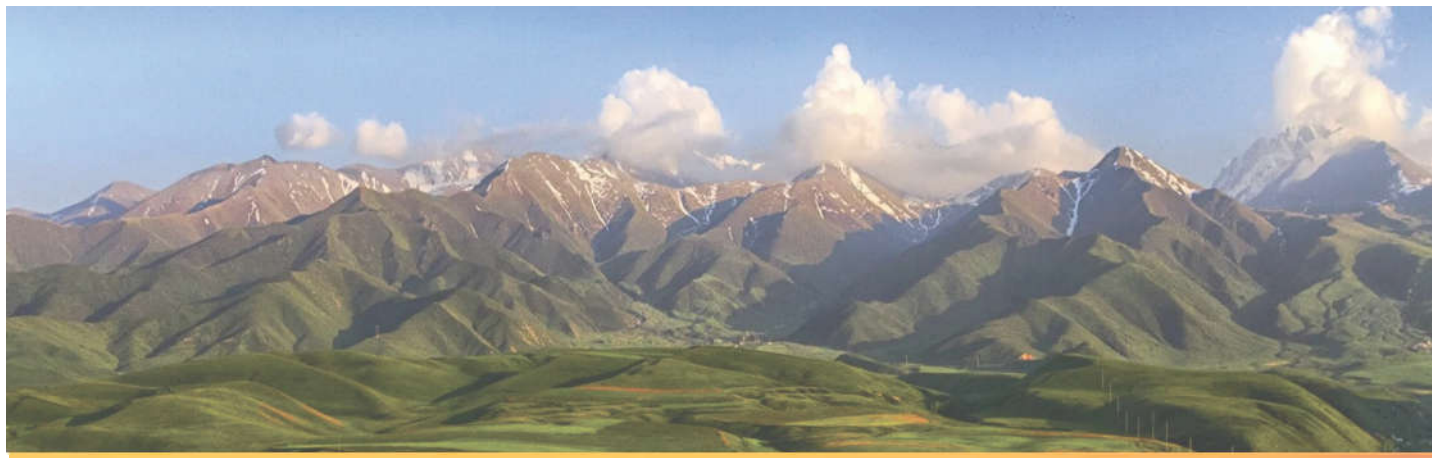




ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В Г. БИШКЕКЕ (НС РАН)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР -
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН (МНИЦ - ГП)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ



XI ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ ТОМ 2

24 - 26 апреля 2019 года
г. Бишкек



РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ИНСТРУМЕНТА В МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Молчанов И.В.

ivm121@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

В статье приведены материалы по разработке универсальной автоматической системы программного управления подачей инструмента в металлорежущих станках. Целью проекта является создание простой и надёжной системы числового программного управления, работающей на базе персонального компьютера. Разработаны структурная и принципиальная схемы, оригинальный алгоритм, управляющее программное обеспечение и тестовый макет.

Ключевые слова: ЧПУ, персональный компьютер, программа, интерфейс, алгоритм, шаговый двигатель, микроконтроллер, макет.

В связи с повсеместным применением CAD/CAM систем, главным видом станков для получения изделий сложной формы является оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ). Такое оборудование обладает качествами, позволяющими существенно повысить эффективность производства и обеспечить экономию трудовых ресурсов, в особенности при средне- и мелкосерийном производстве. По этим причинам станки с ЧПУ получили очень широкое распространение на высокоточных производствах. На таких станках производится механическая обработка печатных плат, изготовление деталей машин, изделий сложных форм и др. [1]

Исходя из результатов, полученных в ходе изучения существующих разработок, был сделан вывод, что наилучшим решением для реализации системы ЧПУ будет такая схема, где компьютер (ПК) передаёт команды на специальный блок управления, а тот в свою очередь осуществляет управление исполнительными механизмами станка. В этом случае расчёт траектории движения, управление шаговыми двигателями и прочими элементами системы ЧПУ производятся не компьютером, а блоком управления. Такое решение значительно снижает системные требования программы по сравнению с традиционным способом, когда компьютер управляет работой станка непосредственно. Плюс также в том, что задержки в работе операционной системы ПК несколько не влияют на равномерность подач и точность позиционирования рабочего инструмента [2].

На рисунке 1 приведена структурная схема разработанной системы ЧПУ. Её основа – микроконтроллер Atmega16A, который отвечает за приём команд от ПК, обеспечивает работу ключевых схем управления шаговыми двигателями, производит опрос концевых датчиков и клавиатуры, управляет работой исполнительного органа. Для связи с ПК используется универсальный асинхронный приёмопередатчик UART RS-232. Выбор именно этого интерфейса объясняется низкой стоимостью портов и кабелей, а также стабильностью использования данного стандарта в различных областях техники, в течение длительного времени, разными производителями [3]. Этот порт является промышленным стандартом для подключения к компьютеру «нестандартных» электронных устройств, которым необходимо обмениваться данными с ПК [4]. Но ввиду постепенного исчезновения данного интерфейса в персональных компьютерах, для обеспечения лучшей совместимости в системе применён конвертер USB – UART, который отвечает за двунаправленное преобразование сигналов USB и RS-232. Ключевые схемы 1, 2 и 3 осуществляют коммутацию обмоток шаговых двигателей ШД1, ШД2, ШД3. Шаговые двигатели ШД1, ШД2, ШД3 – обеспечивают перемещение рабочего инструмента по осям X, Y, Z. Концевые выключатели – служат для установки

рабочего инструмента в начало координат, а также предотвращают его выход за пределы рабочего поля. Клавиатура – используется как дублирующее устройство ввода команд, таких как сброс, аварийная остановка, и т. д. Исполнительный орган – в данном случае электромагнитное реле, которое может управлять, например включением и отключением электромотора шпинделя. Источник питания – обеспечивает электропитание всех узлов устройства.

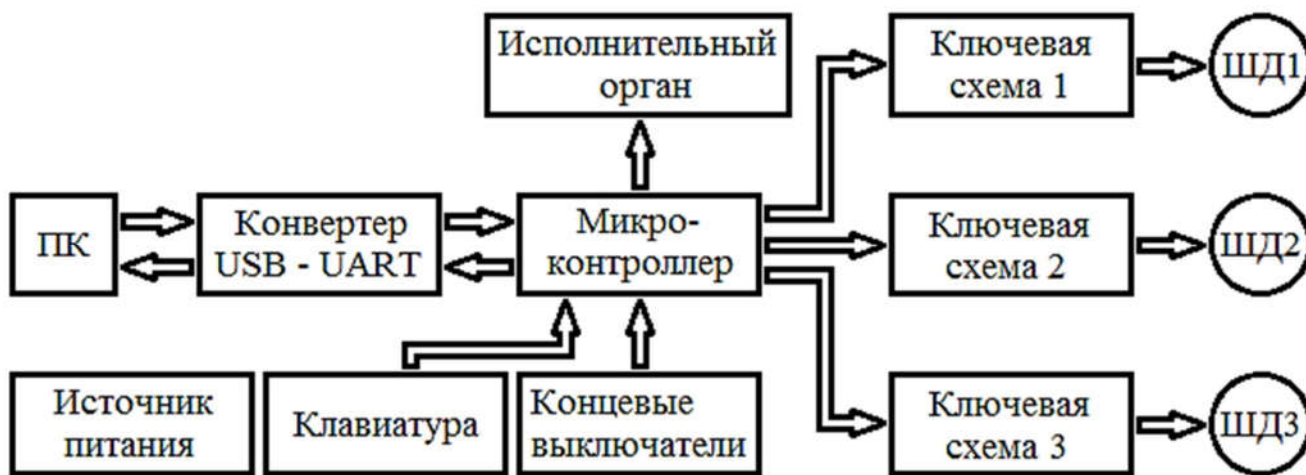


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления: ПК – персональный компьютер, ШД – шаговый двигатель

Принципиальная схема блока управления приведена на рисунке 2. Функции блока управления выполняет микроконтроллер Atmega16A (U2). На выводы 14, 15 от компьютера поступают сигналы управления. Выводы микроконтроллера 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20, 21, 22, 23 осуществляют управление ключевой схемой выполненной на транзисторах VT1 – VT12. Резисторы R1 – R12 служат для ограничения тока базы транзисторов. В коллекторную цепь транзисторов включены обмотки шаговых двигателей M1, M2 и M3. VT1 – VT4 для первого двигателя, VT5 – VT8 – для второго, VT9 – VT12 – для третьего.

Средние точки обмоток двигателей подключены к плюсу источника питания. Поскольку нагрузка индуктивная, в схеме применены защитные диоды VD1 – VD12. Защитные диоды увеличивают время спада тока в обмотках шагового двигателя. Через них, последовательно с токоограничивающим резистором R14, ЭДС самоиндукции возвращается в источник питания +5 В. Такое решение снижает максимально возможную частоту вращения шагового двигателя. Без диодов время спада тока будет меньше, и двигатель сможет вращаться быстрее, но при этом возникают опасные для транзисторов броски ЭДС самоиндукции, которые могут превысить допустимое для них напряжение 60 В и привести к их повреждению [5].

Для обеспечения стабильной работы микроконтроллера в цепи питания установлен линейный стабилизатор напряжения LM7805 (U1). Включение и выключение электромагнитного реле осуществляется с помощью транзистора VT13, база которого через резистор R13 подключена к 19 выводу микроконтроллера. Данный узел питается от отдельного источника питания +12 В. Концевые выключатели S1, S2 и S3 смонтированные на платформе, подключены к выводам 16, 17, 18 микроконтроллера.

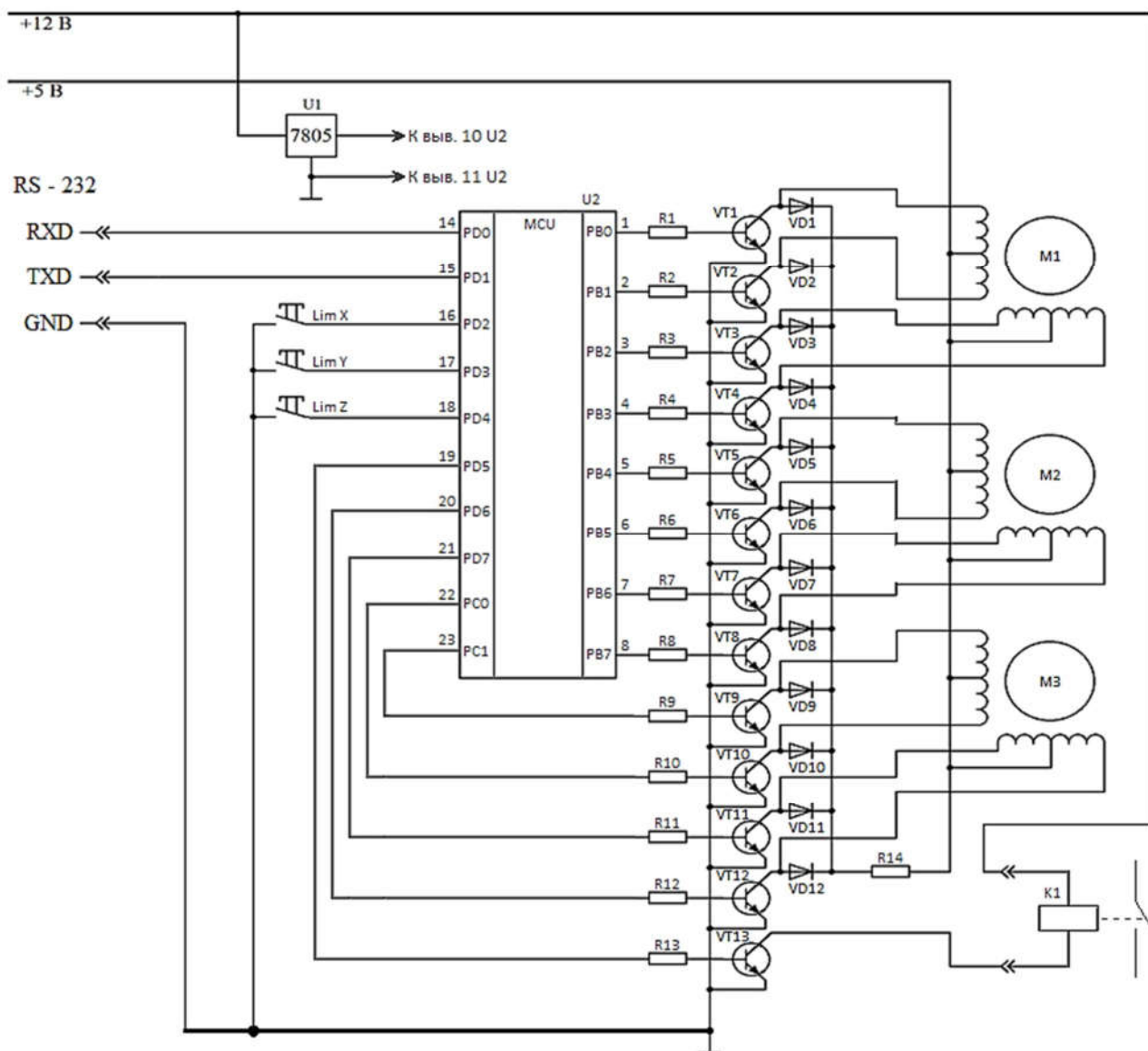


Рисунок 2 – Принципиальная схема устройства

На рисунке 3 показана блок-схема алгоритма совместной работы программ на стороне ПК и блока управления.

Коммуникация между ПК и блоком управления происходит следующим образом. После нажатия кнопки «Старт» в окне программы на ПК, прежде всего, открывается соответствующий порт, к которому подключен блок управления. В случае успешного установления связи, интерпретатор программы построчно считывает текст управляющей программы (УП), преобразуя его в последовательность отдельных команд управления, которые загружаются в очередь. Такое решение позволяет сократить время выдачи очередной команды компьютером, так как при этом не требуется обращение к файлу УП и подготовку команды, что занимает дополнительное процессорное время. Затем на блок управления передаются настройки (скорость подач, ускорение, смещение за один шаг и т. д.). После передачи всех настроек начинается передача непосредственно команд управления. Передав одну команду, программа на ПК останавливается и ожидает ответа от блока управления о завершении её выполнения. После приёма и декодирования команды блок управления начинает её выполнение (например, перемещение в точку с заданными координатами).

По выполнении каждой команды блок управления отправляет на ПК сообщение о выполнении команды, сигнализирующее о готовности принять следующую. Приняв это сообщение, программа ПК проверяет, остались ли в очереди команды. Если очередь не пуста

- отправляется следующая команда. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока в очереди не закончатся команды, либо не будет нажата кнопка «Стоп». При этом даже после досрочной остановки программы текущие координаты в памяти блока управления не сбрасываются, что позволяет при необходимости продолжить работу с точки останова. В случае выполнения всех команд в очереди, на экран выводится сообщение об успешном завершении.

Такой способ коммуникации позволяет исключить влияние задержек в работе операционной системы на равномерность подачи рабочего инструмента. Даже в случае возникновения таких задержек блок управления будет выполнять полученную ранее команду, или ожидать получение новой.

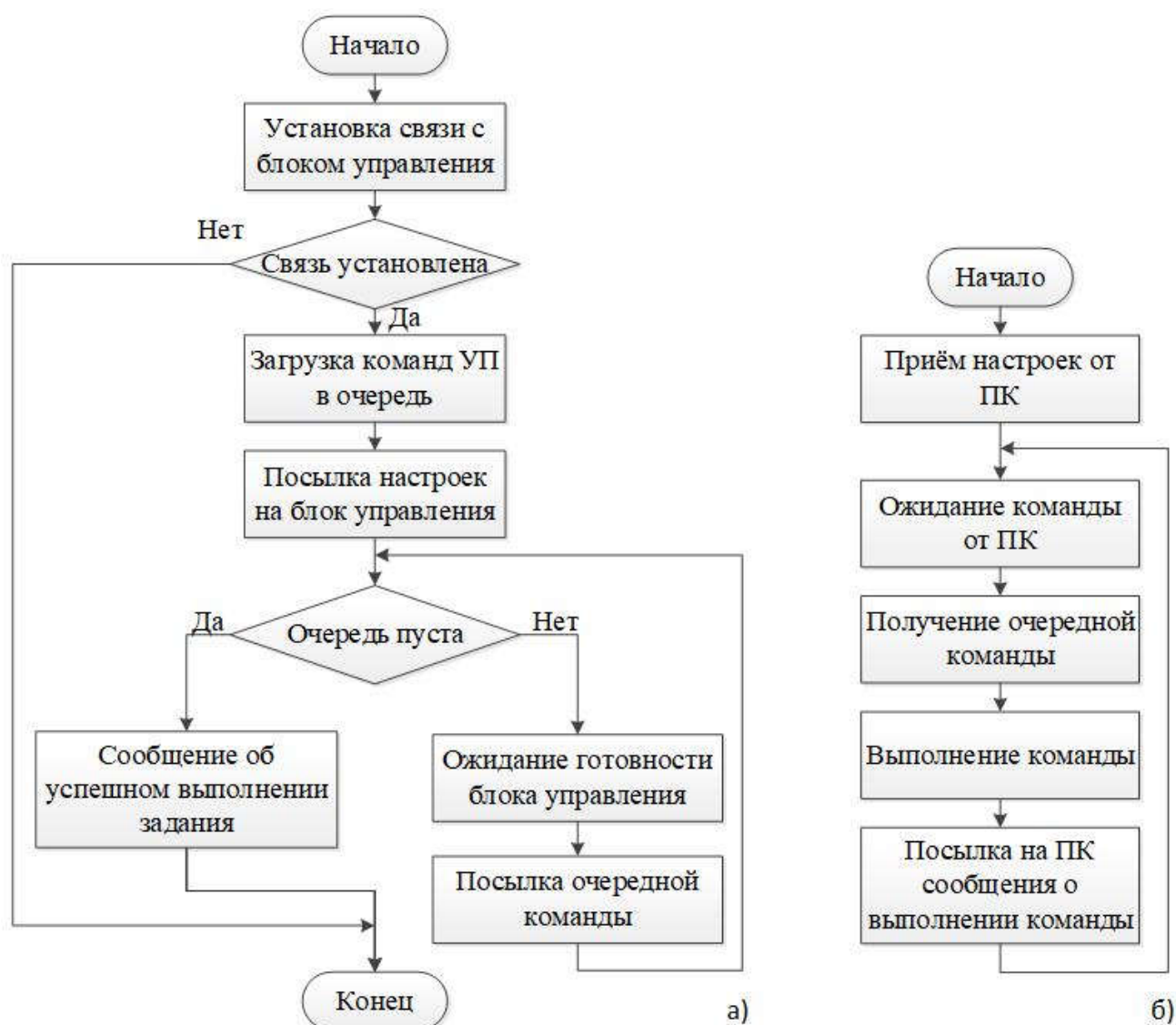


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма работы программы ПК (а) и блока управления (б)

Для удобства эксплуатации, на стороне компьютера имеется программа, предоставляющая графический интерфейс пользователя. Программа "Vector" представляет собой оконное приложение. В левой части окна находится поле содержащее текст УП. В центральной части располагается панель предварительного просмотра, на которой отображается траектория движения рабочего инструмента. В правой части окна находятся поля текущих координат инструмента и кнопки ручного управления. В нижней части – кнопки управления параметрами отображения и кнопки пуска и останова. Также, в окне отображается

состояние всех концевых выключателей. Программа написана на языке программирования Object Pascal в среде разработки Delphi 7. Внешний вид программы приведен на рисунке 4.

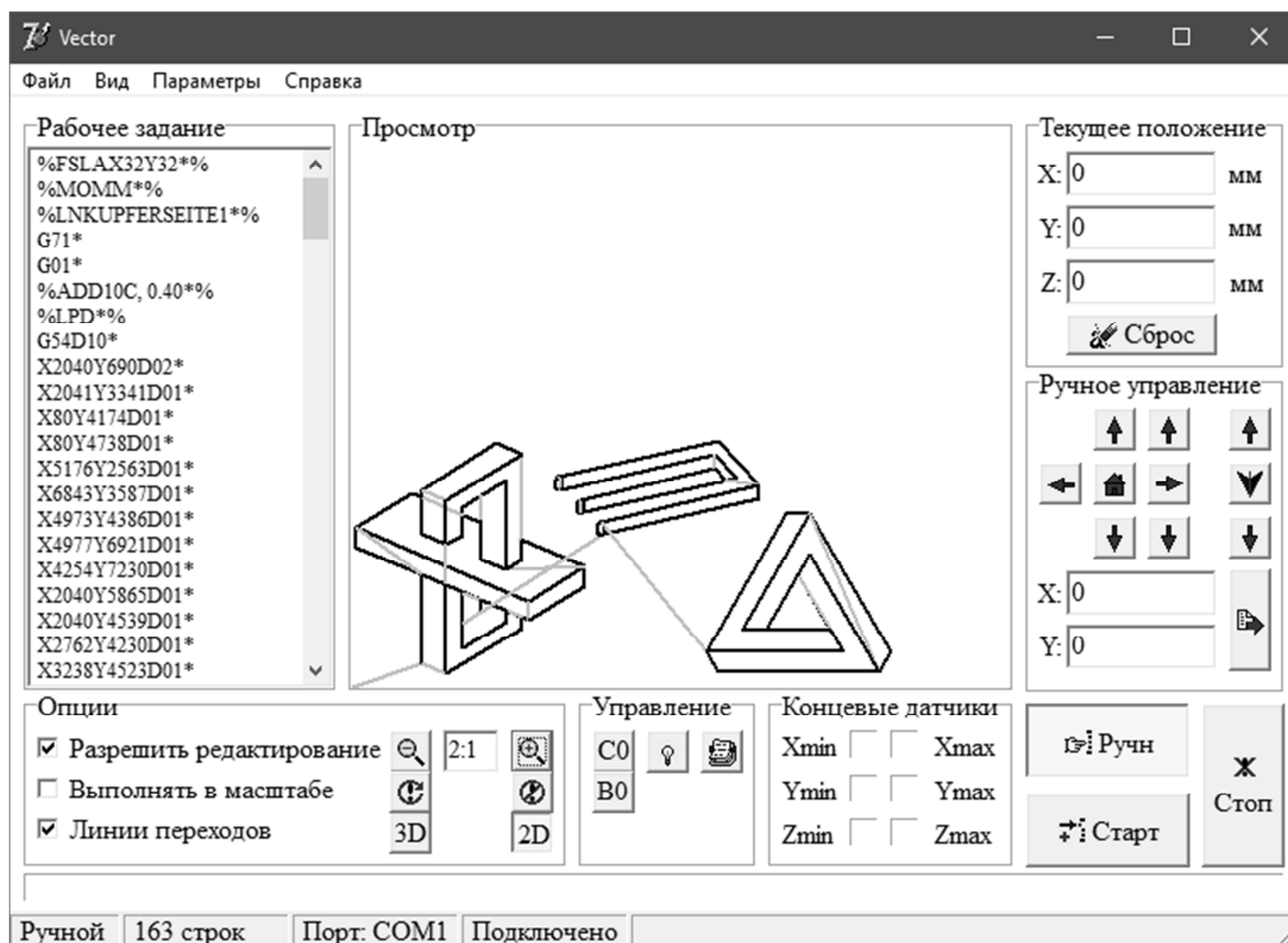


Рисунок 4 – Внешний вид рабочего окна программы

Для демонстрации работы разработанной системы ЧПУ был построен макет фрезерного станка. Макет представляет собой трехкоординатную платформу с неподвижной поперечиной (рисунок 5). Координатный стол и каркас макета изготовлены из МДФ плиты толщиной 8 мм. Каретка и стол двигаются по линейным шариковым направляющим.

Каретка и стол приводятся в движение с помощью трёх шаговых двигателей. Перемещение по координате X осуществляется за счёт движения стола, по Y и Z – за счёт движения каретки. В осях X и Y применена зубчато – ременная передача, в оси Z – привод на основе зубчатой рейки. Каретка соединена с блоком управления с помощью гибкого шлейфа.

Для установки каретки в начало координат, а также для предотвращения её выхода за пределы рабочего поля, на макете имеются концевые выключатели механического типа. Выключатели для оси X установлены под столом, для оси Y и Z – на самой каретке. Рабочее поле – 220 * 155 * 22 мм.

На задней стороне макета расположены разъёмы для подключения шнура сетевого питания и кабеля связи с компьютером, кнопка включения/отключения питания.

На передней стороне находятся индикатор режима работы, кнопки сброса, установки "нуля" и тумблер питания микроконтроллера.

Электронная схема блока управления и источник питания смонтированы в подвале платформы под координатным столом. Для поддержания нормальной температуры источника питания и драйверов шаговых двигателей используется принудительное охлаждение с помощью вентилятора. Масса макета в собранном состоянии – 4 кг. Устройство питается от сети переменного тока 220 В.



Рисунок 5 – Общий вид макета

Характеристики разработанной системы:

- Единичный шаг – теоретический – 1 мкм. Но на практике это значение определяется параметрами шагового двигателя и типом передачи.
- Файл УП может быть подготовлен в любом CAD редакторе поддерживающем формат Gerber, например в программе Sprint Layout;
- Операционная система – MS Windows 9X/XP/7/8/10;
- Интерфейс подключения – USB.

В системе реализованы следующие возможности:

- Управление в автоматическом режиме;
- Управление в ручном режиме;
- Отображение результата работы системы в «реальном времени»;
- Возможность настройки системы под параметры любой координатной платформы;
- Функция плавного разгона и торможения;
- Функция программной компенсации люфтов;
- Функция экстренной остановки с возможностью продолжения работы с точки останова.

В процессе проектирования была получена действующая система управления, состоящая из программной и аппаратной части. Предлагаемая технология может быть применена при работе с фрезерными и координатно-расточными станками, плоттерами, станками лазерной и плазменной резки. Система имеет широкие возможности для развития и модернизации. Наиболее приоритетные направления для развития: реализация кругового интерполятора (для движения по окружности), добавление поворотной оси.

Литература

1. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. М.: ДМК Пресс. 2012. 279 с.
2. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Программирование систем числового программного управления. М.: Логос. 2008. 344 с.
3. Лапин А.А. Интерфейсы. Выбор и реализация. М.: Техносфера. 2005. 168 с.
4. Рябенский В.М., Ходаков В.Е., Ушкаренко А.О. Компьютерное управление внешними устройствами через стандартные интерфейсы. Херсон: Олди-плюс. 2008. 380 с.
5. Емельянов А.В., Шилин А.Н. Шаговые двигатели. Волгоград: ВолгГТУ. 2005. 48 с.