

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧПУ "АксиОМА Контроль"

Л.И. Мартинова, Н.В. Козак, Р.А. Нежметдинов,
Р.Л. Пушков, А.И. Обухов (МГТУ «СТАНКИН»)

Обоснована необходимость создания отечественной многофункциональной системы ЧПУ класса Hi-End, соответствующей по своим функциональным возможностям мировому уровню. Изложен механизм компоновки систем ЧПУ под конкретные технологические задачи и продемонстрирована практика адаптации системы управления для гидроабразивного комплекса, технологической системы управления лазером, токарного и фрезерного станков¹.

Ключевые слова: многофункциональная система ЧПУ, ядро системы ЧПУ, архитектура системы управления, управление электроавтоматикой станка, управление по принципу Master-Slave, управление лазерной обработкой.

Архитектура системы управления является базовым звеном в решении задач технологического перевооружения промышленности, поскольку именно система управления определяет фундамент реализуемых технологий. Современные промышленные технологии требуют высокого уровня автоматизации и гибкости систем управления, что сегодня вполне успешно может быть реализовано с помощью принципов открытости и модульности [1, 2]. Модульная организация аппаратно-программного обеспечения системы управления формирует такие ее характеристики, как масштабируемость, конфигурируемость и многофункциональность. Вместе с тем, как показывает анализ систем ЧПУ ведущих мировых (Fanuc, Siemens, Heidenhein, Bosch Rexroth, Fagor, Mitsubishi Electric) и отечественных (Балт-Систем, Модмаш-софт, Микрос) разработчиков, в настоящее время на рынке отсутствует универсальное решение, применимое для широкого спектра технологического оборудования в механообрабатывающей промышленности. Именно обобщенное решение, позволяющее на основе единой архитектуры компоновать системы управления для различных технологических комплексов, позволит не только значительно снизить затраты на разработку, обслуживание комплексов, подготовку и обучение работающего на нем персонала, но и в полной мере реализовать принципы системной интеграции на разных уровнях производственного процесса [3].

Базовое ядро многофункциональной системы

На кафедре "Компьютерные системы управления" МГТУ «СТАНКИН» создано базовое ядро для многофункциональной системы ЧПУ "АксиОМА Контроль". Открытая модульная архитектура системы управления позволяет, во-первых, адаптировать ее для различных типов технологического оборудования и различных технологических задач, и во-вторых, расширять ее функциональные возможности за счет простой интеграции новых программно-аппаратных решений.

Архитектура обобщенной системы управления (рис. 1) включает терминальную часть, работающую в

машинном времени (как правило, под ОС Windows), и ядро, функционирующее в РВ (под ОС Linux RT, дополненной рядом оригинальных программных модулей).

Созданное решение позволяет концентрировать внимание на доступе к данным, а не на структурах и типах этих данных, тем самым обеспечивая доступ приложений к данным любого компонента технологического комплекса.

Открытость архитектуры системы управления сосредоточена на уровнях абстракции, обеспечивающих независимость ядра системы управления от конкретной реализации разделяемого уровня [4]. Абстракция на уровне входного языка позволяет расширить диалект языка ISO-7bit в соответствии с конкретными технологическими задачами. Абстракция на уровне канала связи обеспечивает подключение к ядру через сервер данных нескольких терминальных клиентов, в том числе и удаленных терминалов, подключенных через Internet. Абстракция на уровне приводов и электроавтоматики обеспечивает независимость ядра системы управления от интерфейсов связи с контроллером приводов и электроавтоматики.

Ядро системы управления реализует базовые механизмы и предоставляет сервис в виде общих модулей и компонентов. Привязка к конкретным прикладным решениям осуществляется посредством конфигурации и расширения ядра системы ЧПУ.

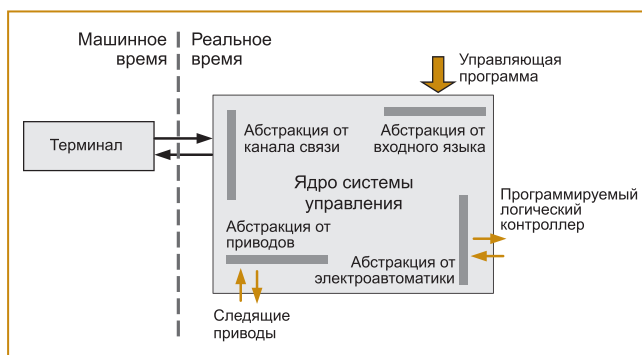


Рис. 1. Архитектурная модель многофункциональной системы ЧПУ

¹ Работа выполнена по Госконтрактам № П717 и № П901 на проведение НИР в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 гг.

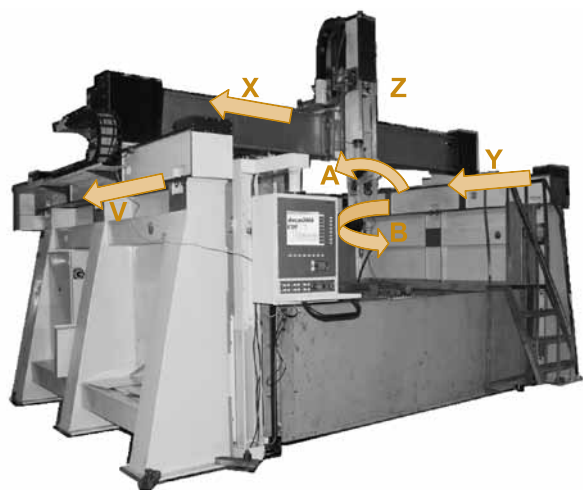


Рис. 2. Установка гидроабразивной резки

Адаптация системы ЧПУ "АксиОМА Контроль" для гидроабразивного комплекса

Гидроабразивная резка — универсальная технология высокоточной и высокопроизводительной обработки самых разнообразных материалов без их нагрева становится все более популярной. Но в российской промышленности для управления установками гидроабразивной резки применяют либо адаптированные варианты систем управления ведущих зарубежных производителей, либо специальные разработки станкостроителей с ограниченным набором специализированных под гидроабразивную обработку функций.

*По мере того как машина все более
удобляется человеку, человек все более
удобляется машине.*

Д.Кратч

Комплекс для гидроабразивной резки представляет собой портальную установку (рис. 2), имеющую шесть управляемых осей X, Y, V, Z, A, C: X и Z — обычные линейные, Y и V — порталные, A и C — круговые.

В состав системы ЧПУ гидроабразивным комплексом (рис. 3) входят: ядро системы управления, терминал оператора, контроллеры электроавтоматики станка и системы управления автономной станцией высокого давления (СВД), контроллеры приводов подачи (для 6 осей) и станочная панель управления [5].

Терминал оператора дополнен рядом функциональных и столбцом машинных клавиш, он позволяет выбирать режим управления, вводить/редактировать управляющие программы (УП), делать быстрый вызов команд электроавтоматики станка и отображения текущего состояния системы.

Автономное управление СВД при наладке реализуется посредством установленного на ней пульта. В штатном режиме управление происходит с помощью станочной панели на терминале системы ЧПУ. Со станочной панели осуществляется управление положением защитного ограждения, отсекаем струи, подачей питания СВД и гидростанции. Управляющие сигналы через ядро системы ЧПУ передаются в контроллер привода и ПЛК или в систему управления СВД для отработки заложенных алгоритмов.

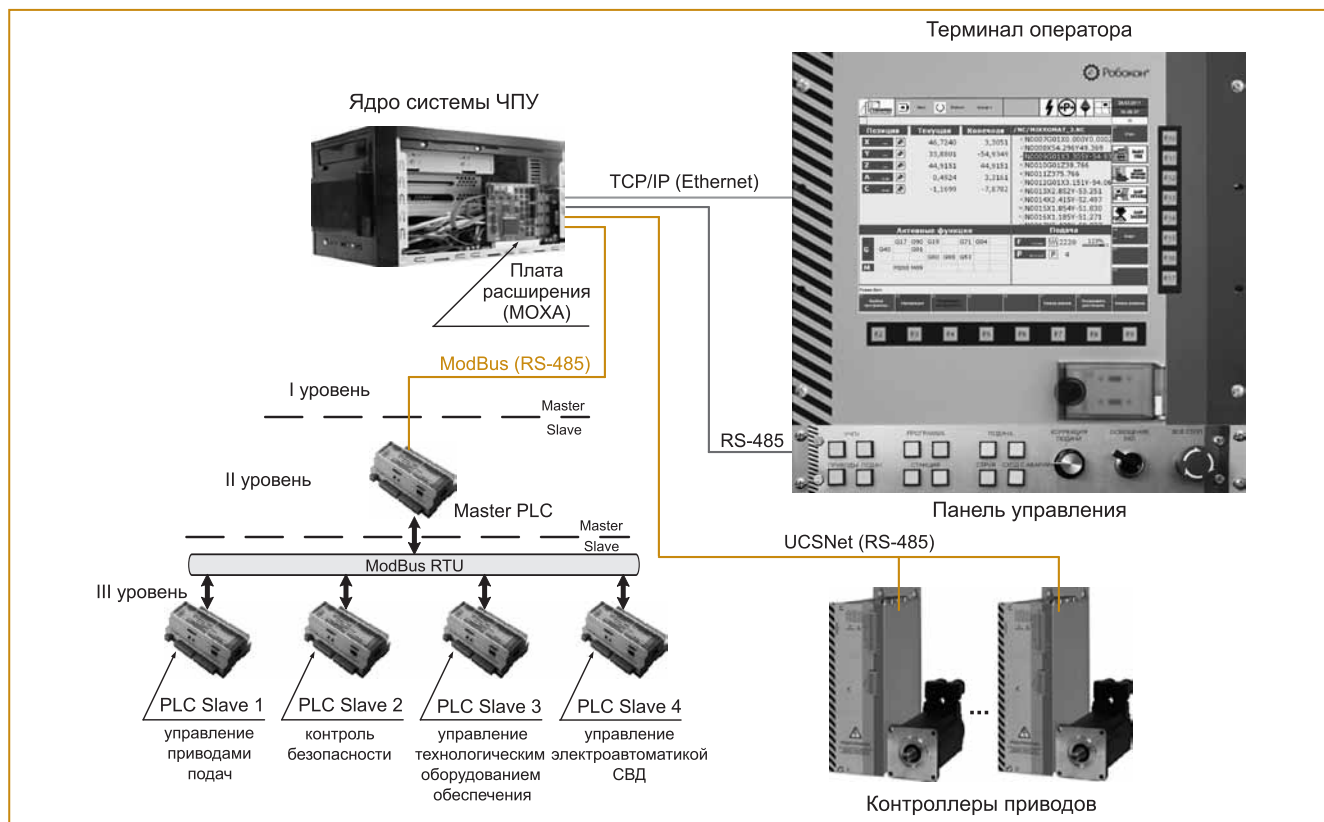


Рис. 3. Архитектура системы управления пятикоординатной установкой гидроабразивной резки

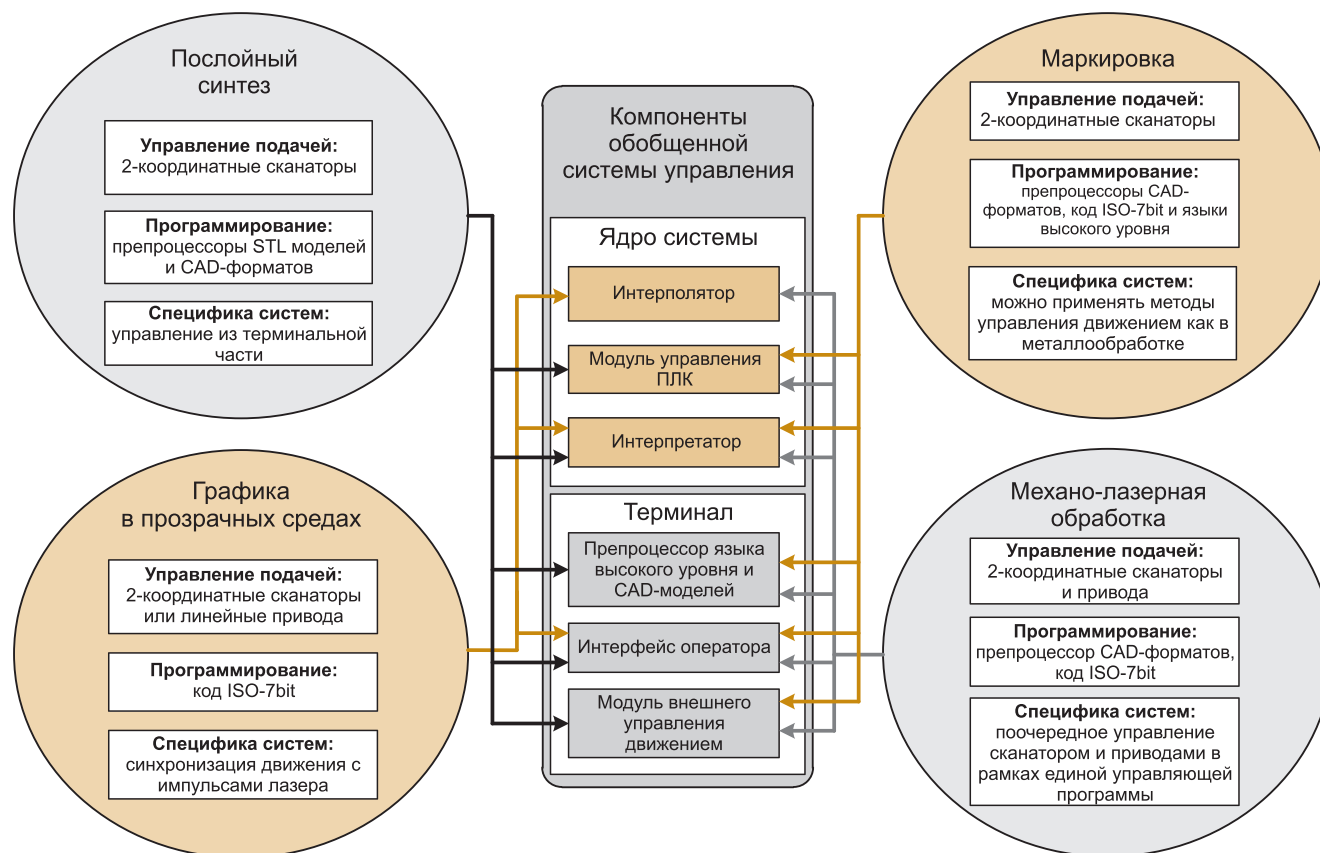


Рис. 4. Выделение компонентов обобщенной системы ЧПУ для управления лазерной обработкой

Управление электроавтоматикой станка (логическая задача ЧПУ) реализуется посредством распределенной системы управления, представляющей собой совокупность ПЛК, непосредственно управляющих ТП [6, 7]. Сбор и обмен данными в сети между вычислительными устройствами осуществляется на базе коммуникационного протокола ModBus с применением на физическом уровне стандарта последовательной линии связи RS-485, гарантирующего стабильную работу системы в производственных условиях.

Организация взаимодействия автономных ПЛК для управления электроавтоматикой станка построена по принципу master-slave («ведущий – ведомый») с образованием многограновой сети (рис. 4) [8, 9]. На верхнем уровне располагается система ЧПУ, управляющая всем ТП. На втором уровне расположен «ведущий» ПЛК, отвечающий за согласованность работы совокупности элементов распределенной системы. На третьем уровне располагаются «ведомые» ПЛК, реализующие управление питанием приводов подачи, СВД, контроль безопасности и т. д. [5].

Непосредственная коммуникация осуществляется только между смежными уровнями (соответственно I–II, II–III, рис. 3). Механизм взаимодействия базируется на использовании разделяемой памяти (применяется внутренняя память подчиненных контроллеров), доступной для чтения и записи данных как master-, так и slave-устройствам.

Обобщенное решение для компоновки систем управления лазерными установками широкого класса

В результате анализа были определены общие для всех систем компоненты (рис. 4) и выявлена возможность использования базовой системы ЧПУ "АксиОМА Контроль".

В целом предложенный набор компонентов соответствует структуре современной системы ЧПУ класса PCNC, но дополнен модулем внешнего управления, который отвечает за управление гальвано-сканаторами и другим оборудованием с автономной функцией управления движением. Одновременное наличие в системе интерполятора и модуля внешнего управления значительно повышает уровень гибкости системы, так как при такой структуре возможно управление сканаторами и обычными сервоприводами в рамках одной управляющей программы. При управлении процессом лазерной обработки важной становится роль алгоритма опережающего просмотра кадров (look ahead), позволяющего значительно поднять производительность системы при использовании любых типов интерполяции без ухудшения качества изделия. Однако при импульсной обработке алгоритм опережающего просмотра требует модификации, так как в этом случае необходима строгая синхронизация движения с импульсами, выдаваемыми лазером. Таким образом, задача алгоритма – организовать обход контура с максимально возможной скоростью, обеспечивая при этом одновременность

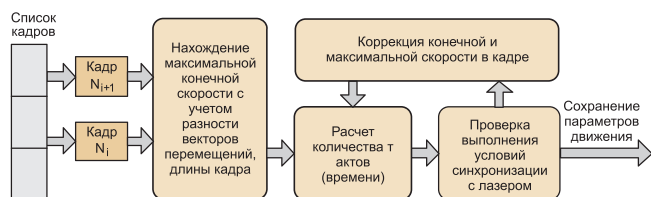


Рис. 5. Общая схема алгоритма разгона и торможения с обеспечением синхронизации движения и лазерного излучения

достижения обрабатываемой точки пятном луча и выдачи импульса лазерного излучения.

В системе ЧПУ «АксиОМА Контроль» для задач импульсной обработки создан механизм синхронизации движения с импульсным низкочастотным лазерным излучением (рис. 5).

Перед началом движения на очередном участке траектории просматривается список предварительно заготовленных кадров с целью вычисления максимально допустимой скорости в конце текущего участка, зависящей от ориентации последующих кадров, кривизны и допуска на точность контура. После этого конечная и максимальная скорости кадра корректируются итеративным образом до тех пор, пока общее время прохождения участка траектории до ближайшей обрабатываемой точки не станет кратным периоду импульсов лазера.

Реализованный алгоритм управления движением позволяют перемещать луч с постоянной скоростью на гладких кривых траекториях, что необходимо для обеспечения неизменных температурных условий вдоль траектории обработки.

Экспериментальные исследования на станке лазерной графики фирмы LaserGraphicArt (рис. 6) при различных параметрах движения показали, что производительность обработки изделий при использовании предложенного алгоритма адаптации движения к им-

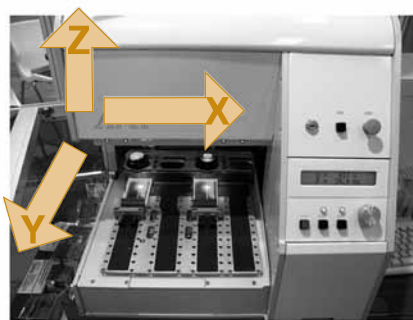


Рис. 6. Лазерный станок

пульсам лазера на 20...50 % выше, чем при стандартной позиционной схеме управления с остановками в конечных точках кадров (рис. 7).

Универсальное решение для токарного и фрезерного оборудования

Управление токарным или фрезерным оборудованием имеет ряд сходных аспектов, что позволило использовать универсальное решение для оснащения системой управления токарного станка СА700 КФ2 и фрезерного обрабатывающего центра МС-400. Механическая обработка реализуется посредством управления двумя (для токарного станка, рис. 8) и тремя (для фрезерного станка, рис. 9) координатами и главным движением (вращение заготовки для токарного и вращение инструмента для фрезерного станка).

Терминальная часть универсальной системы построена на базе ОС Windows с платформой.Net, работающей в машинном времени, ядро — на базе ОС Linux RT, обеспечивающей работу в ПВ. При работе системы файл управляющей программы на языке ISO-7bit или на языке высокого уровня интерпретируется, а результат записывается в буфер подготовленных команд, что позволяет осуществлять предпросмотр кадров программы и оптимизировать траекторию движения исполнительных органов. Интерполятор реализует классические типы интерполяции (линейная, круговая, винтовая) и сплайновые (Akima, кубический и NURBS сплайны).

В результате интерполяции подготовленных данных формируются управляющие команды для приводов и электроавтоматики. Информация о ходе выполнения управляющей программы, текущем состоянии приводов и электроавтоматики передается на сервер данных для отображения на интерфейсе пользователя. Специальный механизм, реализованный в сервере данных, позволяет оптимизировать трафик обменываемой информации [9].

Задача логического управления в подсистеме ЧПУ реализуется с помощью внешнего или программного (SoftPLC) контроллера. В том и другом случаях взаимодействие с аппаратными средствами электроавтоматики (контроллерами, датчиками, исполнительными устройствами и т. п.) осуществляется на основе стандартизированных технологий и аппаратных решений, таких как CANbus, Profibus и др. Компоненты ядра, реализующие логическую задачу посредством коммуникационных сред, взаимодействуют с другими задачами системы управления [10].

Управление токарными и фрезерными станками различается реализацией геометрической

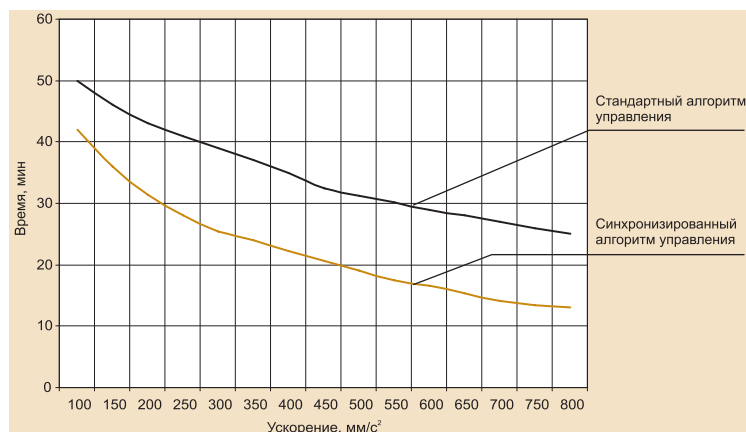


Рис. 7. Зависимость времени обработки от ускорения для двух систем

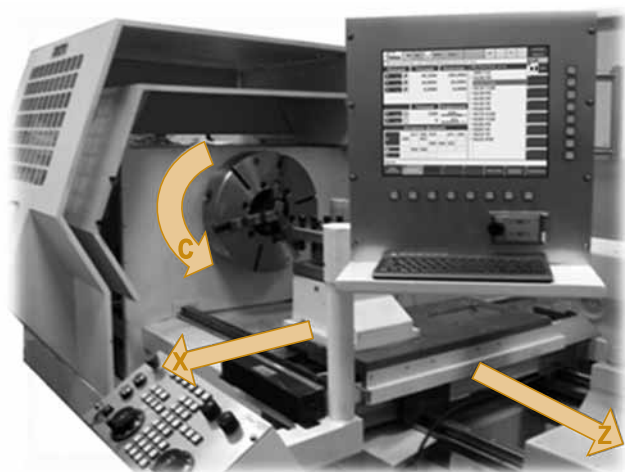


Рис. 8. Токарный станок СА700КФ2, оснащенный системой ЧПУ «АксиОМА Контрол»

задачи. Реализация логической задачи определяется комплектацией электрооборудования каждого станка.

При оснащении фрезерного станка МС-400 системой ЧПУ «АксиОМА Контрол» потребовалась адаптация логической задачи ЧПУ в соответствии со схемой работы оборудования, в частности, для организации работы механизма смены инструмента (рис. 9).

Реализация логической задачи для токарной обработки имеет свои особенности. При точении, когда частота вращения шпинделя постоянна, скорость резания зависит от величины диаметра обрабатываемой поверхности.

Для реализации функциональности поддержания постоянной скорости резания V_c (м/мин) осуществляется: контроль текущего диаметра D (мм), обработки (координаты X) и расчет числа оборотов шпинделя n (об/мин) по формуле:

$$n = V_c 1000 / D \pi.$$

Следует заметить, что сохранять скорость резания постоянной возможно только в некотором диапазоне диаметров, так как при выходе за пределы этого диапазона скорость вращения шпинделя может либо оказаться слишком малой, чтобы обеспечить резание, либо слишком большой, которую не сможет развить двигатель.

Заключение

Опыт практического применения многофункциональной системы ЧПУ «АксиОМА Контрол» для станков разного типа подтвердил реальную возможность конфигурирования системы под конкретные технологические задачи. При-



Рис. 9. Общий вид обрабатывающего центра МС-400

менение конфигурируемой многофункциональной системы ЧПУ для оснащения станков на предприятиях позволит значительно сократить средства на наладку технологических комплексов, подключение к цеховым сетям, обслуживание оборудования, а также на обучение персонала.

Список литературы

1. Григорьев С.Н., Мартинов Г.М. Концепция построения базовой системы числового программного управления мехатронными объектами//Информационные технологии в проектировании и производстве. 2011. № 2. С. 21–27.
2. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И. Современные тенденции в области числового программного управления станочными комплексами//СТИН. 2010. № 7. С. 7–10.
3. Григорьев С.Н., Андреев А.Г., Мартинов Г.М. Перспективы развития кроссплатформенных компьютерных систем числового программного управления высокотехнологичного оборудования//Автоматизация в промышленности. 2011. № 5. С. 3–8.
4. Мартинова Л.И., Мартинов Г.М. Организация междо-модульного взаимодействия в распределенных системах ЧПУ. Модели и алгоритмы реализации//Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. № 11. С. 50–55.
5. Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Козак Н.В., Пушков Р.Л. Прикладные решения в области управления электроавтоматикой станков с ЧПУ класса PCNC//Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 4. С. 48–53.
6. Мартинов Г.М., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л. Принцип построения распределенной системы ЧПУ с открытой модульной архитектурой//Вестник МГТУ «Станкин». 2010. № 4 (12). С. 116–122.
7. Мартинов Г.М., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Любимов А.Б. Специфика построения панелей управления систем ЧПУ по типу универсальных программно-аппаратных компонентов//Автоматизация и современные технологии. 2010. № 7. С. 34–40.
8. Нежметдинов Р.А., Соколов С.В., Обухов А.И., Григорьев А.С. Расширение функциональных возможностей систем ЧПУ для управления механо-лазерной обработкой//Автоматизация в промышленности. 2011. № 5. С. 49–53.
9. Мартинова Л.И., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л. Реализация открытости управления электроавтоматикой станков в системе ЧПУ класса PCNC//Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2011. № 2. С. 11–16.
10. Мартинов Г.М., Обухов А.И., Пушков Р.Л. Принцип построения универсального интерпретатора языка программирования высокого уровня для систем ЧПУ//Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. № 6. С. 42–50.

Мартинова Лилия Ивановна — канд. техн. наук, доцент, **Козак Николай Владимирович** — канд. техн. наук, доцент, **Нежметдинов Рамиль Амирович** — канд. техн. наук, доцент, **Пушков Роман Львович** — старший преподаватель, **Обухов Александр Игоревич** — научный сотрудник МГТУ «СТАНКИН». Контактный телефон (499) 972-94-40. E-mail: e-mail@ncsystems.ru