

Анализ систем ЧПУ, представленных на Международной выставке "Металлообработка-Технофорум-2009", их новизна и особенности¹

Г.М. Мартинов, Л.И. Мартинова (МГТУ "Станкин")

Проанализированы представленные на выставке "Металлообработка-Технофорум-2009" ЧПУ, выявлены их ключевые возможности и динамика развития. Систематизировано использование систем ЧПУ, представленных отечественными и зарубежными станкостроителями, сделана попытка спрогнозировать их развитие.

Ключевые слова: ЧПУ, PCNC, наноинтерполяция, сплайновая интерполяция, алгоритм предосмотра, высокоскоростная обработка, компрессия кадров, логический анализатор, удаленное управление, 3D-моделирование, искусственный интеллект, CAD/CAM системы, OPC, тест окружности.

Международная выставка "Металлообработка-Технофорум-2009", входящая в десятку крупнейших мировых выставок машиностроения, организованная Российской Ассоциацией производителей станкоинструментальной продукции "Станкоинструмент" и поддерживаемая Европейским комитетом по сотрудничеству в области станкостроения (CECIMO), национальными ассоциациями станкостроителей Германии (VDW), Испании (AFM), Швейцарии (SWISSMEM), Италии (UCIMU), Великобритании (MTA), Чехии (SST), Тайваня (TAMI), республики Корея (КОММА) и других стран, всегда являлась смотром последних достижений в области систем управления. Мировые разработчики систем управления, стремятся показать свои последние разработки на выставках такого рода, а в их отделах разработки (R&D — Research and Development) даже график выпуска очередной версии продукции привязывается к датам выставок. При этом не принципиально закончена ли разработка новой функциональности системы к выставке или это пока предварительная версия — важнее вовремя показать динамику развития продукта. Станкостроитель уверен: если он смог к урочному моменту продемонстрировать новое решение, то сможет в срок завершить и создание системы, ведь в запасе есть еще несколько месяцев, пока станок с системой ЧПУ будет изготовлен и передан покупателю. Но, если производитель несколько раз подряд не появился на подобных выставках с нужным продуктом, то не поможет ни славное прошлое, ни мощь компании, ни его самые заманчивые коммерческие предложения. Многолетний преданный партнер по бизнесу запустит новую линейку станков с системами ЧПУ более успешных конкурентов.

Привязанность станкостроителей к тем или иным производителям систем ЧПУ — весьма сложный вопрос, зависящий от множества факторов, таких как сложившиеся отношения между партнерами, техническая поддержка, простота работы и эксплуатации, организация подготовки специалистов. Возможности са-

мой системы не являются определяющим фактором. Важнее позиция производителя систем ЧПУ на рынке.

Ориентация станкостроителей на тех или иных производителей систем ЧПУ — процесс устоявшийся и весьма консервативный, тем более, что большинство станкостроителей одновременно ориентируются на несколько производителей систем ЧПУ. Выставка продемонстрировала, что российские станкостроители преимущественно ориентированы на использование систем ЧПУ Siemens, FANUC и Балт-Систем, а зарубежные станкостроители определились в сторону FANUC, Siemens, Heidenhain, Bosch Rexroth.

Чего следовало бы ожидать, и чего ожидать не приходится

Для изготовителя систем управления жизненно важным является представление новых концепций и инновационных технологий в виде новейшего программного и аппаратного обеспечения. При этом необходимо обеспечить совместимость с предыдущими версиями, что позволит запустить на новейших системах ранее разработанное ПО.

В настоящее время разработка ПО составляет более 80% от всего процесса создания системы ЧПУ. Основная цель производителей систем ЧПУ — сохранить вложенные инвестиции [1, 2], руководствуясь ею, производители систем ЧПУ предпочитают развивать ранее созданные системы путем расширения их функциональностей и/или изменения ядра системы управления. Этим, собственно, объясняется тот факт, что в последнее время на рынке не появляются революционно новые технические решения, а системы управления планомерно эволюционируют.

По части приводов интерес представляло продемонстрированное на выставке решение Siemens Solution Line. К сожалению, альтернативные разработки в области стандарта SERCOS III явно представлены не были, хотя они существуют и обоснованно привлекают инте-

¹ Работа выполнена по Госконтракту № П693 на проведение НИР в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 гг.

рес. Европейские, американские и японские производители, такие как Heidenhain, Omron и др., осуществляют подключение цифровых приводов к системе ЧПУ, как правило, через Ethernet, используя при этом свои протоколы, а не единый стандарт.

Отличительные возможности современных систем ЧПУ

Анализ современных систем ЧПУ позволяет выделить следующие стратегические направления и технологии, где ведется очень активная разработка:

- открытость — предоставление станкостроителю и конечному пользователю возможности реализовывать собственные технологии и встраивать прикладное ПО в систему ЧПУ. Это дает возможность использовать системы ЧПУ не только для металлорежущих станков, но и в других областях, например, для камер вакуумной сварки тугоплавких материалов [3];
- многоканальность — возможность параллельно выполнять несколько управляющих программ на одной системе ЧПУ. Чаще всего эта функциональность используется для многошпиндельной обработки или для совместного управления станком и погрузчиком;
- высокоскоростная обработка — для системы ЧПУ это означает короткий такт интерполяции и высокие скорости обработки кадра управляющей программы;
- наноинтерполяция — интерполяция с дискретностью вычислений, исчисляемой в нанометрах; практически все современные системы ЧПУ обладают этой функциональностью, но FANUC в качестве маркетингового хода использует ее как зарезервированную марку;
- Look-ahead — алгоритм предпросмотра кадров, позволяющий обрабатывать контур с максимально возможной подачей и заблаговременно снижать скорость в критических ситуациях для избежания коллизий [2];
- сплайновая интерполяция — реализация алгоритмов кубического сплайна, Акима-сплайна, NURBS-сплайна, полиномов и других интерполяций в комбинации с алгоритмом предпросмотра кадров (look-ahead) [2];
- компрессия кадров — сглаживание контура обработки в управляющих программах путем конвертирования линейных кадров в NURBS-контуры в процессе отработки управляющих программ [2];
- удаленное управление — предполагает построение удаленных терминалов и реализацию функций удаленной диагностики и настройки системы ЧПУ [1];
- сетевые функции — позволяют интегрировать систему ЧПУ в процесс управления производством и оборудованием. Ведется учет произведенной продукции, контролируется время простоя, отслеживаются плановые ремонты и техобслуживание оборудования [4];
- моделирование процесса обработки — 3D-моделирование процесса резания для предварительного просмотра результатов выполнения управляющих программ, выявления коллизий и сокращения времени обработки [5];

• диагностические функции — логический анализатор (Logic Analyzer) входных/выходных сигналов для тестирования электроавтоматики, осциллограф для настройки приводов подачи, анализатор частотных диаграмм, тест окружности (Circle Test) и др. [1];

• язык программирования высокого уровня и инструментарий разработки и отладки управляющих программ на языке высокого уровня. Эту функциональность применяют при разработке стандартных циклов и групповых технологий [6];

• приложения цехового программирования — CAD/CAM системы цехового уровня, позволяющие создавать управляющие программы на самой системе ЧПУ, в то время как идет обработка другой детали. Они, как правило, ориентированы на 2,5D обработку;

• применение технологии искусственного интеллекта для адаптивного управления и прогнозирования износа инструмента.

Нельзя забывать также об устоявшейся тенденции к унификации оборудования путем реализации все большего числа стандартов и протоколов связи для интеграции в единые системы — OPC, TCP/IP, SOAP и др. Но, с другой стороны, фирмы стремятся выставить на рынок комплексные технологические решения "под ключ", а не разрозненные компоненты.

Зарубежные разработки по системам ЧПУ FANUC

Мировой лидер в области систем ЧПУ — фирма FANUC представила 30-ю серию своих систем ЧПУ (Series 30i/31i/32i-MODEL A), управляющих 10 каналами, 32 осями и 8 шпинделями. Максимальное число интерполируемых осей — 24 ед.

Интерес представляют заложенные функции искусственного интеллекта:

• система управления с функциями искусственного интеллекта. Сочетание новейшей технологии в области систем цифрового управления сервоприводом шпинделя HRV и функции виртуального предварительного прогона цикла обработки позволяет снизить ошибку запаздывания сервопривода и обеспечивает максимально точное управление траекторией режущего инструмента.

• Modeler Control II ("Умная" система контурного и наноконтурного управления). Управление разгоном и торможением происходит посредством предварительного считывания 40 блоков данных в режиме контурного управления и 180 блоков в режиме наноконтурного управления, что обеспечивает высокоскоростную прецизионную обработку;

• система компенсации ударных и вибрационных возмущений. Автоматическое управление подачей при обработке углов с целью компенсации ударных возмущений;

• "умная" прецизионная система контурного и наноконтурного управления. При управлении разгоном и торможением с использованием RISC-карты предварительно считывается до 600 блоков программных данных. Этим обеспечивается высокоскоростная прецизи-

онная обработка за счет высокостабильной скорости подачи даже для программ обработки, состоящих из сверхмелких линейных сегментов. Для получения деталей с высокой степенью чистоты обработки, при которой финишная обработка практически не требуется, программу контурной обработки можно дополнить функцией наноинтерполяции;

- "умная" система компенсации температурной деформации по оси Z. Поправка на температурную деформацию шпинделя и оси Z осуществляется посредством контроля этого параметра и оценки величины изменения по оси Z (уровень точности поправки зависит от конкретных рабочих условий);

- система автоматического учета износа инструментов (контроля состояния инструментов) с использованием элементов искусственного интеллекта. Система регулирования жизненного цикла инструментов следит за длительностью и частотой эксплуатации и автоматически заменяет их в случае превышения эксплуатационных параметров. Встроенная система учета износа инструментов определяет фактическую нагрузку на сверло через нагрузку сервопривода шпинделя, что позволяет оптимизировать срок службы инструментов.

Система ЧПУ Fanuc имеет широчайший ассортимент прикладных функций и определяет вектор развития для многих производителей.

Siemens

Лидер в области промышленной автоматизации фирма Siemens представила новые модификации своей флагманской системы SINUMERIK 840D/Di sl (Solution Line), в которой добавлены функциональности:

- утилита пуска-наладки для начального этапа работы;
- Motion Control Information System — для оптимальной интеграции станков в систему электронной

обработки данных. Система предназначена для координации планирования, размещения, исполнения, сокращения подготовительно-заключительного времени, сокращения простоев, упрощения анализа неполадок;

- сплайн-интерполяция, компрессия кадров;
- расширение открытой архитектуры;
- ShopMill, ShopTurn — системы поддержки цехового программирования;
- симуляция процесса обработки на станке.

В системах ЧПУ 840D/Di sl число управляемых осей достигает 64 ед. Архитектура системы и политика открытости породили на рынке множество независимых поставщиков прикладных приложений для систем ЧПУ Siemens, продукция которых систематизируется в каталогах.

Heidenhain

За рубежом, в том числе и в Россию, фирма поставляет только экспортный вариант систем ЧПУ с ограниченным набором функциональных возможностей. Системы ЧПУ имеют ориентацию на поддержку технологического процесса своим мощным набором станочных циклов, что делает ее особенно привлекательной для квалифицированных операторов и технологов-программистов.

Представленная Hi-End модель ЧПУ серии iTNC-530, ориентированная на обработку поверхностей свободной формы, позволяет управлять 13 осями при времени обработки кадра до 0,5 мс. Предоставляется опция использования системы ЧПУ с двумя процессорами и ОС Windows XP. Система обладает следующими возможностями:

- Expanded look-ahead — функция предсмотра с буфером до 1024 кадров, которая своевременно распознает изменения в направлении движения инструмента для последующей коррекции разгона и торможения;

Компактные, экономичные панельные ПК на базе процессора Intel® Atom™

Компания Beckhoff дополнила модельный ряд панелей управления серии Ecopan новыми версиями с компактным 5,7-дюймовым дисплеем (рисунок). Алюминиевое фронтальное обрамление панелей имеет класс защиты IP 65, а малые размеры экрана, составляющие 183 × 129 мм (Ш×В), позволяют использовать их в условиях, где требуется небольшой дисплей для управления оборудованием или узлами системы автоматизации зданий. Малогабаритная панель с разрешением 640 × 480 пикселей производится в разных вариантах — от базовой версии панели управления до компактного контроллера со встроенным экономичным процессором Intel® Atom™.

В 2007 г. Beckhoff уже выпустил первый компактный 5,7-дюймовый дисплей, который был встроен в Ethernet-панель управления CP6608. Теперь эта концепция распространена на все встраиваемые модели серии Ecopan, и пользователь получает возможность более широкого выбора устройств:

- CP6207, встраиваемый панельный ПК с процессором Intel® Atom™;
- CP6607, встраиваемый панельный ПК с процессором Intel® IXH420;

- CP6907, встраиваемая панель управления с интерфейсом DVI/USB Extended.

Малогабаритные 5,7-дюймовые дисплеи предлагают стандартное разрешение VGA, составляющее 640 × 480 пикселей, для оптимального качества изображения. По желанию заказчика предлагаются также версии с сенсорным экраном и 5-проводным соединением высокого качества. Устройство гарантирует четкую и надежную работу даже в жестких промышленных условиях.

Все панельные ПК оснащены 3,5-дюймовой материнской платой Beckhoff и могут быть расширены с помощью карты памяти типа Compact Flash. Карты заводской комплектации устанавливаются в слот Mini PCI. Диапазон рабочих температур для устройств всех типов составляет 0...55°C.

В комбинации с ПО TwinCAT панели управления и панельные ПК как исключительно компактные контроллеры найдут применение в самых разных сферах от автоматизации станков и промышленных информационных систем до автоматизации зданий. Благодаря использованию разных процессоров платформа ПК обретает дополнительную гибкость с точки зрения масштабируемости, давая заказчику возможность выбирать компоненты, которые будут точно отвечать его потребностям.



Контактный телефон (495) 981-64-54. E-mail: russia@beckhoff.com [Http://www.beckhoff.ru](http://www.beckhoff.ru)

- AFC (Advanced Feed Control) — адаптивное управление подачей, регулирующая контурную скорость перемещения по траектории в зависимости от используемого процента мощности шпинделя;

- DriveDiag, TNCopt — утилиты для диагностики составных элементов приводов и инициализации цифровых контуров регулирования;

- PLCdesignNT, PhytonOEM — инструментарий разработки и функция высокоуровневого объектно-ориентированного языка управляющих программ электроавтоматики;

- CicleDesign — инструментарий разработки станочных циклов;

- TeleService — инструментарий для удаленной диагностики, контроля и управления системой ЧПУ;

- TNCremoPlus — утилита передачи данных между ЧПУ и ПК, реализующая в том числе и режим LiveScreen — передачу содержимого экрана;

- RemoToolSDK — комплект средств разработки, содержащий COM-компоненты и ActiveX управляющие элементы для доступа к ядру системы ЧПУ Heidenhain;

- VirtualTNC — компонент управления виртуальными станками, используемыми для моделирования работы станков;

- инструментарий измерения и анализа сигналов, в который входят: 6-канальный осциллограф, логический анализатор, тест окружности;

- DCM (Dynamic Collision Monitoring) — 3D-функция мониторинга столкновения и выявления коллизий при отработке управляющей программы на станке.

Bosch Rexroth

В системе MTX advanced Bosch Rexroth (Германия) число управляемых осей достигает 64 ед., она имеет 12 каналов управления и до 8 интерполируемых осей в канале. Система создана на базе систем ЧПУ Typ3 osa (Bosch) и MTC (Indramat), имеет двухкомпьютерную архитектуру и современный пользовательский интерфейс. MTC использует SERCOSIII интерфейс для управления приводами и электроавтоматикой.

Следует отметить продвинутый стиль экрана и информативность пользовательского интерфейса, что обусловлено использованием технологии .NET и новейших разработок последних лет в отличие от остальных европейских систем, сформировавшихся в 90-х годах XX века.

Система оснащена следующими функциональными возможностями:

- NC-Analyzer — инструментарий разработки и отладки управляющих программ на языке высокого уровня CPL (Custom Program Language);

- Logic Analyzer и Drive Oscilloscope — инструментарий для диагностики входов/выходов автоматики и цифровых приводов;

- Cycle time analyzer — интеллигентный инструмент анализа временных циклов в системе управления, осуществляет запись потока команд ЧПУ, событий с ПЛС, сигналов с приводов и сигналов с перифе-

рии станка. Результаты представляются в графическую временную диаграмму;

- IndraWorks view 3D — трехмерная визуализация процесса обработки управляющей программы и выявления коллизий;

- IndraWorks machine simulator — симулирует периферию станка, подключенную по шине PROFIBUS;

- Nanometer resolution — вычисления и интерполяция с нанометрической точностью;

- CPL (Custom Programming Language) — Паскаль-образный язык программирования высокого уровня;

- Remote diagnostics I-Remote — инструментарий для удаленного доступа, диагностики и поддержки систем управления;

- SCP (Scaleble Communication Platform) — масштабируемая коммуникационная платформа, обеспечивающая доступ к открытой архитектуре системы.

FAGOR

Фирма FAGOR Automation представила свои модели, работающие с приводами через SERCOS или CAN интерфейс. Система реализует интерполяцию с нанометрической точностью, применяется, в том числе и для высокоскоростной обработки. FAGOR CNC 8070 — Hi-End модель системы ЧПУ для токарных и фрезерных станков, также характеризующаяся как система универсального применения. FAGOR CNC 8070 обладает открытой архитектурой, совместимой с ПК и интерфейсом оператора на базе Windows XP. Обеспечивает управление до 28 интерполируемых осей, до 4 шпинделей, до 4 инструментальных магазинов и до 4 каналов выполнения. Позволяет объединять несколько систем ЧПУ 8070 в сложные комплексы на базе Ethernet. Обеспечивает работу с нанометрической точностью, высокую скорость обработки кадра и команд ПЛК. Применение постинтерполяционных фильтров позволяет получать поверхности любой геометрии, чистоты поверхности и точности.

FAGOR CNC 8070 обладает следующими функциональными возможностями:

- теледиагностика — функция удаленной диагностики, выполняемая с помощью прикладных приложений для профилактического обслуживания оборудования;

- открытость — позволяет полностью настраивать и адаптировать пользовательский интерфейс под ТП;

- сплайн-интерполятор, в том числе Акима (Spline, ASPLINE);

- язык программирования высокого уровня;

- специальные алгоритмы для высокоскоростной обработки, которые оптимизируют обработку для получения максимальной скорости, обеспечивают гладкий контур и наилучшую чистоту обработки;

- Solid graphics simulation — система трехмерной симуляции управляющей программы;

- Execution time estimation — оценка времени обработки для оптимизации;

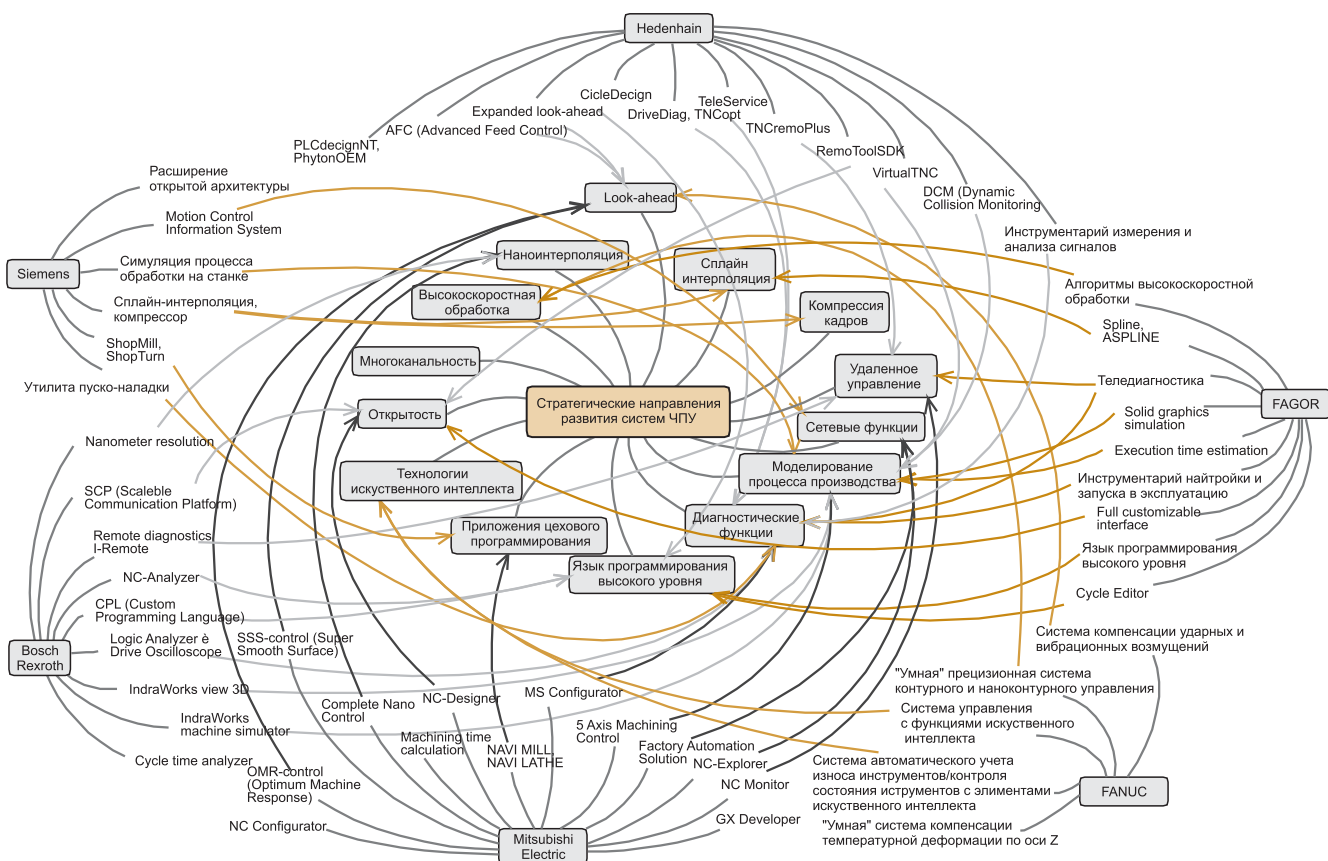


Рис. 1. Интеллектуальная карта стратегических направлений развития систем ЧПУ

- Full customizable interface — функциональность, позволяющая настраивать пользовательский интерфейс под конкретные технологические задачи;
- Cycle Editor редактор стандартных циклов;
- инструментальный настройки и запуска в эксплуатацию: функции осциллографа, body-программы, тест окружности, логический анализатор.

Mitsubishi Electric

Двухкомпьютерная модель Mitsubishi M750 создана на базе компьютера с RISC-процессором (для задач PB) и интерфейсного компьютера с ОС Windows XP, связанных по Ethernet. Система ЧПУ Mitsubishi M750 поддерживает технологию нанопрецизионного управления и обеспечивает высокоскоростную обработку. В зависимости от конкретной модификации она реализует до 4 каналов управления и использует до 16 управляемых осей, восемь из которых одновременно интерполируемые. Сервоприводы управляются по высокоскоростной оптической сети. Система обеспечивает обработку до 151 тыс. кадров в минуту при чистовых технологических операциях. Платформа iQ Platform, основанная на гигабитном Ethernet, позволяет объединять в единую систему управления отдельные контроллеры, выступая в качестве интегрирующей внутренней шины [7].

Система реализует функции:

- Complete Nano Control — дискретность выполняемых интерполяционных расчетов составляет 1 нм;
- SSS-control (Super Smooth Surface) — управление качеством и обеспечение постоянства обработки, неза-

висимо от геометрии формы и скорости резания. Применяются алгоритмы: оптимизации разгона и торможения, компенсации люфта и неравномерности ходового винта, сплайновой интерполяции (кубический сплайн и NURBS), автоматическое распознавание углов;

- OMR-control (Optimum Machine Response) — на основе модели функция осуществляет: коррекцию ошибок, связанных с деформацией координаты; синхронизацию движения сервопривода и шпинделя за счет учета сетевой задержки команд; минимизацию влияния вибраций;

- 5 Axis Machining Control — функция предотвращения столкновений в процессе обработки — учитывает модель станка, относительное положение детали и траекторию движения инструмента. В случае выявления опасности столкновения привод останавливается, а в трехмерной модели подсвечивается место коллизии;

- Machining time calculation — расчет времени цикла без запуска станка;

- MS Configurator — программный продукт для настройки приводов ЧПУ, позволяющий настраивать сервоприводы в автоматическом режиме. Он строит body-диаграмму, делает настройку петли замыкания по скорости и ускорению, настройку фильтра резонансных частот, строит тест окружности и осциллограмму сигналов сервоприводов;

- NC Configurator — инструментальный настройки машинных параметров системы ЧПУ, параметров инструментов и глобальных переменных;

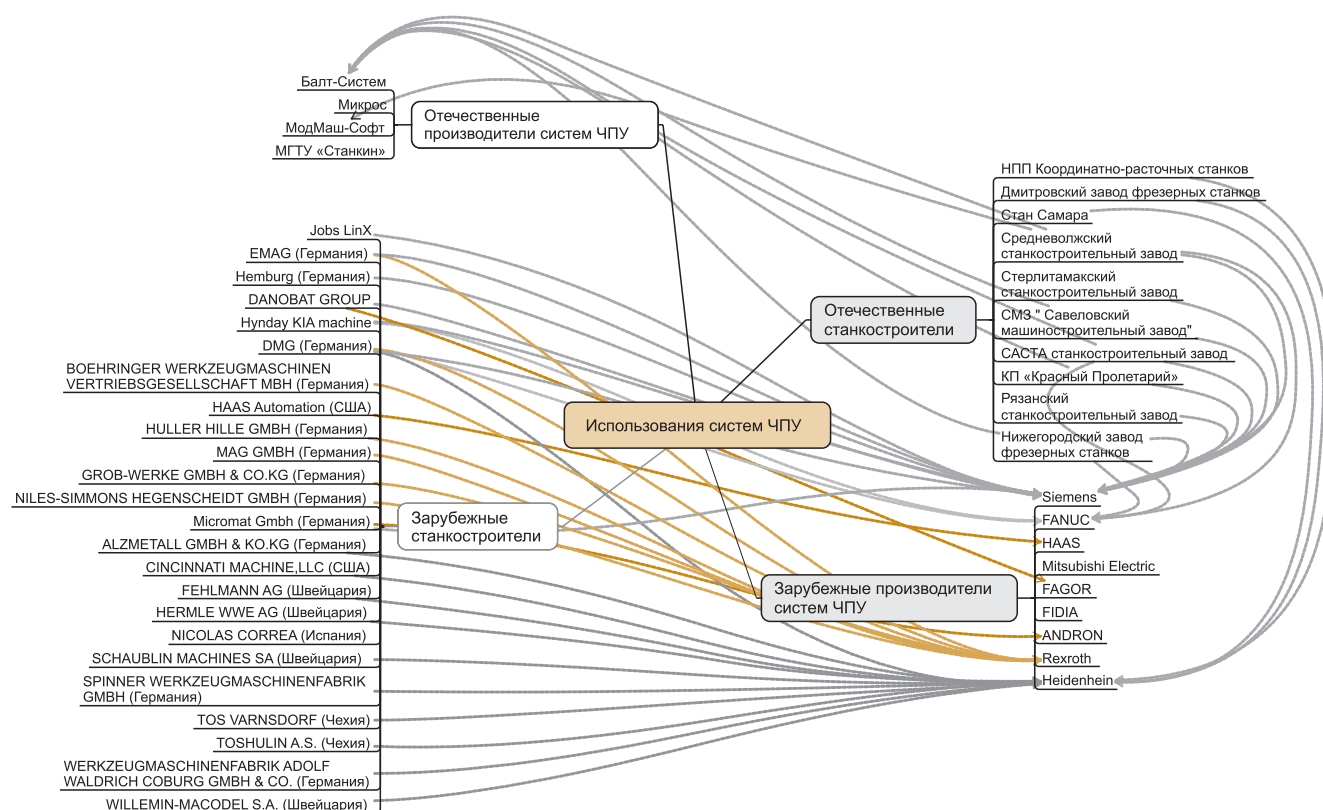


Рис. 2. Интеллектуальная карта использования систем ЧПУ станкостроителями

- NC-Designer — пакет для создания экранов пользовательского интерфейса;
- NC Monitor — удаленный терминал на ПК, позволяющий управлять системой ЧПУ через Ethernet;
- NC-Explorer — для соединения системы ЧПУ через Ethernet и передачи технологических программ;
- Factory Automation Solution — решение для интеграции в сети и в сетях цехового уровня, а также в MES (Manufacturing Execution System — Система планирования производства) и ERP (Enterprise Resource Planning System — Система планирования ресурсов предприятия) системах;
- NAVI MILL, NAVI LATHE — инструментальный создания фрезерных и токарных управляющих программ на программной PC-станции;
- GX Developer — инструментальный создания и отладки ПЛК-программ, позволяющий работать как с реальной системой, так и с эмулятором.

На интеллектуальной карте стрелками показано соответствие новых возможностей систем ЧПУ, представленных лидирующими производителями, стратегическим направлениям развития систем ЧПУ (рис. 1).

Специфика систем ЧПУ отечественных производителей

Что касается отечественных производителей систем ЧПУ, то их продукция заметно отстает от мирового уровня, хотя стремление догнать явно выражено, вопрос заключается в правильности выбора архитектурной концепции. Неформальным лидером считается "Балт-Систем", но в регионах он уступает сво-

им конкурентам "Модмаш-Софт", "Микрос" и "Иж-ПРЭСТ", поскольку такая высокотехнологичная продукция, как системы ЧПУ, требует своевременной технической поддержки, что предполагает наличие хорошо разветвленной сети по всей стране.

В последние годы появилось несколько новых отечественных систем ЧПУ и новых модификаций существующих систем, которые следует отметить. Система ЧПУ NC-310 компании "Балт-Систем", имеет распределенную архитектуру, что позволяет разнести по высокоскоростной шине Serial Speed Bus аналоговые и цифровые входы/выходы в соответствии со спецификой объекта управления. ООО "Модмаш-Софт" расширил модельный ряд систем ЧПУ FMS-3000 и представил ПО системы ЧПУ на базе 32-разрядной ОС Windows CE. Системы FlexNC ("Станкоцентр") и IntNC (НТЦ "ИНЕЛСИ") имеют схожий интерфейс оператора и построены на базе контроллера движения (motion control) и ПК. При многокоординатной комплектации применяют контроллер движения DeltaTau; в случае, если речь идет об управлении до четырех осей, система ЧПУ может быть укомплектована контроллером движения на базе ARM процессора [8].

Следует отметить, что система ЧПУ "СервоКон" (производитель "Сервотехника") построена по принципу ЧПУ-принтера. Оригинальность идеи заключается в организации работы оператора: управляющая программа отправляется на станок подобно тому, как документ отправляется на печать. Система позицио-

нируется как дешевое надежное решение, имеющее в качестве дисплея четырехстрочный индикатор.

Представляет интерес полный набор сплайновой интерполяции (кубический, Akima и NURBS-сплайны), реализуемый системой ЧПУ WinPCNC [9], (МГТУ "Станкин"), продемонстрированной на учебном стенде. Но отсутствие многоканальности ограничивает возможности ее применения.

Производители систем ЧПУ и станкостроители

Устоявшиеся тенденции на мировом и отечественном рынках хорошо просматриваются на интеллектуальной карте (рис. 2), отображающей использование тех или иных систем ЧПУ станкостроителей, представивших продукцию на выставке.

Заключение

В заключение проведем параллель с выставкой "Металлообработка 2008" [10]. В первую очередь, следует отметить снижение масштаба выставки на 30%, что связано с мировым финансовым кризисом. Во-вторых, явно прослеживается тенденция перехода отечественных производителей систем ЧПУ на Windows-интерфейс оператора. Основное направление развития определяют мировые лидеры в области систем ЧПУ — интеллектуальные системы управления.

Список литературы

1. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: Уч. пособие. М. Логос. 2005.
2. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Программирование систем числового программного управления: Уч. пособие. М. Логос. 2008.
3. Мартинов Г.М., Плихунов В.В., Коваленко А.В. Расширение функциональных возможностей системы ЧПУ для управления установкой электронно-лучевой сварки // Авиационная промышленность. 2009. №1.
4. Дильман А.М. Повышение эффективности функционирования промышленного оборудования за счет применения информационной системы для ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2006. №11.
5. Мартинов Г.М., Григорьев А.С. Принцип построения и интеграции в системах ЧПУ класса PCNC подсистемы трехмерной визуализации управляющих программ // Мехатроника, автоматизация, управление. 2009. №9. С. 26-31.
6. Мартинов Г. М., Пушков Р.Л. Построение инструментария отладки управляющих программ систем ЧПУ на языках высокого уровня // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. №11.
7. Зубов С. iQ Platform: новый взгляд на функциональность модульного ПЛК // Рациональное Управление Предприятием. 2009. №2.
8. Красильникянц Е.В., Бурков А.П., Иванов В.А. Применение контроллеров движения для систем управления электромеханическими объектами // Мехатроника, автоматизация, управление. 2008. №2.
9. Мартинов Г.М. Университетская система ЧПУ WinPCNC для обучения и производства // Стружка. 2008. №1.
10. Мартинова Л.И., Мартинов Г.М. Системы ЧПУ, представленные на Международной выставке "Металлообработка 2008", их новизна и особенности // Стружка. 2008. №3.

Мартинов Георгий Мартинович — д-р техн. наук., проф., зав. кафедрой "Компьютерные системы управления";
Мартинова Лилия Ивановна — канд. техн. наук, доцент кафедры "Технология машиностроения" МГТУ "Станкин".

Контактный телефон (499) 972-94-40. <http://www.ncsystems.ru>

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СЕГОДНЯШНЕГО ДНЯ

И.В. Никулина (ИПУ РАН)

Представлен обзор IV Всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2009.

Ключевые слова: имитационное моделирование, тренажеры, языки моделирования.

21-23 октября 2009 г. в С.-Петербурге в Доме ученых прошла IV Всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности "Имитационное моделирование. Теория и практика" (ИММОД-2009). Цель конференции — распространение методов и средств имитационного моделирования для решения научных и практических задач, активизация творческой деятельности и укрепление научно-производственного потенциала РФ. Организаторами и учредителями конференции выступили ОАО "Центр технологии судостроения и судоремонта", Институт информатики и автоматизации РАН (С.-Петербург), Отделение нанотехнологий и информационных технологий РАН (Москва), Российский национальный комитет по индустриальной и при-

кладной математике. Участие в конференции приняли представители многих российских и зарубежных фирм, среди которых ЗАО "Хоневелл", ООО "Сименс Продакт Лайфсайкл Менеджмент Софтвар (РУ)", ОАО "Центр технологии судостроения и судоремонта", ООО "Элина-Компьютер" (г. Казань), ООО "Экс Джей Текнолоджис" (генеральный спонсор), ООО "НПП" Системы автоматизации поддержки бизнеса" (г. Екатеринбург), ОАО "НПП "Радар ммс" (С.-Петербург) и др., а также представители вузов многих регионов РФ и стран СНГ.

На открытии конференции выступающие цитировали слова президента России Д.А. Медведева о приоритетных направлениях технологического прорыва страны и отмечали, что нужно не сворачивать направления, в которых мы отстаем, а наоборот, разви-