

# НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621.91

## Современные модели УЧПУ

П. П. Серебrenицкий

*В современных станках с числовым программным управлением (ЧПУ) в соответствии с классами устройств ЧПУ (УЧПУ) применяют системы различных типов (моделей). Кратко рассмотрены модели УЧПУ производства российских и зарубежных фирм, представленных на российском рынке. Приведены некоторые характеристики устройств, особенности конструкций и их применения.*

**Ключевые слова:** *устройства числового программного управления (УЧПУ), фирмы — производители УЧПУ, классификация УЧПУ, CNC, DNC, HNC, CAD/CAM-системы.*

Все современные модели устройств числового программного управления (УЧПУ) строятся на базе персональных компьютеров (ПК) и относятся к классу CNC. Поэтому основные направления развития УЧПУ в большинстве случаев связаны как с повышением потенциальных возможностей используемых в УЧПУ компьютеров, так и с расширением (определением) собственно компьютерных возможностей для процессов управления оборудованием.

Разработчики систем ЧПУ разных стран работают примерно в одних и тех же направлениях, стремясь: повысить мощность и быстродействие используемого в УЧПУ ПК с одновременным его удешевлением, развить специальное программное обеспечение, особенно связанное с использованием CAD/CAM-систем, усилить быстроту подготовки управляющих программ (УП), придать модели УЧПУ большую универсальность, упростить программирование деталей, особенно сложных, повысить эффективность УП в процессах управления оборудованием (особенно важно при сверхскоростных методах обработки), повысить наглядность программирования и обработки путем применения программ по визуализации процессов, расширить информационную базу УЧПУ путем подключения УЧПУ к сети Интернет и т. д. [1]:

Итак, основными направлениями развития систем программного управления в мире являются [1]:

- увеличение производительности вычислений, которая отражается на качестве управления и напрямую влияет на производительность и качество обработки за счет применения все более производительной вычислительной техники и совершенствования алгоритмов управления;

- совершенствование интерфейса пользователя: предоставление все более развитых средств моделирования и визуализации технологического процесса изготовления деталей, контроля за этим процессом;

- совершенствование средств формального описания технологического процесса (составление управляющих программ) при переналадке оборудования, максимальное освобождение человека-оператора от рутинных управляющих операций, обеспечение интеллектуального автоматического контроля за технологическим процессом и состоянием оборудования;

- обеспечение возможностей построения из систем управления иерархических сетей, совершенствование средств и способов подготовки, сортировки и обработки информации, обмениваемой по таким сетям, для предоставления управляющему персоналу максимально оперативной и объективной информации о состоянии производства.

Центральное место в современном технологическом, в частности, механообрабатывающем оборудовании занимают системы ЧПУ, во многом определяющие его основные технические

характеристики. Использование систем ЧПУ, в задачи которых входит, кроме прочего, сделать общение человека-оператора с технологическим оборудованием максимально удобным и эффективным, становится необходимым условием для обеспечения конкурентоспособности любого механообрабатывающего оборудования. Потребители при покупке оборудования изначально исходят не только из факта наличия системы управления как таковой, но и из того, насколько она отвечает современным представлениям об интерфейсе пользователя: диагональ и угол обзора экрана, оснащенность средствами интуитивно понятной пользователю визуализации и диагностики технологического процесса, эргономичность органов управления.

Повышение требований к системам управления уже привело к появлению совсем нового направления в устройстве моделей УЧПУ — к появлению [2] систем ЧПУ класса Hi-End. Этот тренд — все более широкое применение функций искусственного интеллекта, которые позиционируются как «умные решения». Для изготовления деталей с низкой шероховатостью поверхности, не требующей финишной обработки, программа контурной обработки может быть дополнена функцией наноинтерполяции. «Умная» система компенсации температурной деформации осуществляет поправку на температурную деформацию шпинделя по оси Z, уровень точности поправки зависит от конкретных рабочих условий. На базе элементов искусственного интеллекта построена система автоматического контроля (диагностики) состояния (износа) инструментов — система регулирования жизненного цикла инструментов. Она следит за длительностью и частотой эксплуатации инструментов и автоматически заменяет их в случае превышения эксплуатационных параметров. Система компенсации ударных и вибрационных возмущений осуществляет автоматическое управление подачей при обходе углов. Есть системы ЧПУ, которые осуществляют одновременное управление 10 каналами, 32 осями (координатами) и 8 шпинделями (и более). Максимальное количество одновременно интерполируемых осей (координат) может достигать 24 и более.

Следует указать, что в СЧПУ высокого уровня должна быть в наличии программа RTSP

(Rotary Tool Control Point — контроль положения кончика инструмента). Функция RTSP у всех производителей объявлена как опция, т. е. теоретически ее наличие не гарантируется. Функция RTSP является обязательной к использованию для программирования непрерывной 5-осевой обработки. Все современные 5-осевые станки оснащаются стойками ЧПУ, поддерживающими эту функцию. Однако все еще используются старые 5-осевые станки, в которых эта функция не предусмотрена. Также встречаются случаи, когда на обычный 3-осевой станок устанавливают дополнительный наклонно-поворотный стол. И даже если стойка ЧПУ поддерживает одновременное управление пятью осями, может оказаться, что функции RTSP у нее нет. Функция RTSP является функцией стойки ЧПУ. При ее включении стойка начинает отслеживать положение кончика инструмента относительно обрабатываемой детали и автоматически выполнять все необходимые компенсационные движения. Все кинематические особенности станка, а также все точные размеры расположения центров вращения заложены в стойку ЧПУ. Перед использованием функции RTSP станок обязательно должен быть предварительно откалиброван на месте своей установки. Также необходимо иметь средства прецизионного измерения вылета каждого применяемого инструмента. Функция RTSP в современных стойках ЧПУ допускает различные способы задания направления оси инструмента, это могут быть пространственные углы, углы Эйлера, углы наклона и поворота. Но самым простым и часто используемым способом является задание в программе непосредственно углов наклона поворотных осей станка. При таком способе легче читать программу и проще понимать ориентацию инструмента относительно заготовки. Стойка ЧПУ при активной функции RTSP:

- автоматически компенсирует длину инструмента;
- автоматически применяет необходимые компенсационные движения по всем трем линейным осям при программировании наклона инструмента;
- линеаризует траекторию движения инструмента при одновременном программировании

линейных и поворотных осей и в реальном времени выполняет компенсационные движения;

- применяет трансформацию программной системы координат в реальном времени, в случае если хотя бы одна из поворотных осей станка реализована столом.

Особенности программирования при использовании функции RTCP:

- программа выдается постпроцессором в системе координат детали так, как будто программный ноль в САМ-системе находится в точке пересечения наклонной и поворотной осей; в реальном станке часто эти оси вообще не пересекаются;

- никакие компенсационные движения постпроцессор не рассчитывает; инструмент всегда наклоняется относительно своего кончика;

- постпроцессор решает обратную кинематическую задачу для преобразования вектора ориентации оси инструмента в углы наклона и поворота, реализованные на станке;

- постпроцессор контролирует ограничения рабочей зоны наклонной оси станка; поворотная ось обычно может вращаться неограниченно.

- постпроцессор не выполняет линеаризацию траектории движения инструмента;

- система координат трансформируется динамически при наклонах и поворотах стола; программные оси XYZ не совпадают со станочными.

- если наклон не равен нулю, то ось Z в программе не совпадает с осью инструмента, т. е. отвод инструмента нужно делать по трем координатам — это справедливо, даже если наклонная и поворотная оси реализованы столом.

Коррекция на радиус инструмента при использовании функции RTCP обычно не применяется, хотя современные стойки ЧПУ ее поддерживают. Обычно эта опция называется «3D-коррекция на радиус инструмента», плюс необходимо иметь ее расширение для многоосевой работы.

Указанное полностью соответствует направлениям работы как российских фирм и организаций, так и крупнейших фирм мира с тематикой систем ЧПУ: Siemens, GE Fanuc Automation, Heidenhain, Okuma Machinery, Mitsubishi Electric и др.

Кратко рассмотрим модели УЧПУ российских [3] и зарубежных [2] фирм.

## Модели УЧПУ российских фирм

«Ижпрэст» ООО, г. Ижевск (<http://izhprest.ru>). Выпускаются компьютерные модели УЧПУ:

«Маяк-600» — устройство содержит пульт оператора и блок управления, связанные между собой по сети Ethernet 100BASE-T; применяется для обрабатывающих центров, сложных станков и установок;

«Маяк-600Е» — устройство содержит пульт оператора и блок управления, связанные между собой по сети Ethernet 100BASE-T; применяется для обрабатывающих центров, многоцелевых станков и установок;

«Маяк-610» — устройство содержит панель оператора и блок управления, связанные между собой по шине CAN; применяется для простых станков;

«Маяк-610Е» — устройство содержит панель оператора и блок управления, связанные между собой по шине CAN; применяется для простых станков;

«Маяк-621» — моноблочное устройство ЧПУ, в котором конструктивно объединены пульт оператора и блок управления; устанавливается в пульт станка или в электрошкаф, что обеспечивает низкую цену и эффективность;

«Маяк-622Е» — устройство ЧПУ распределенного типа, в котором конструктивно объединены пульт оператора и система управления; устанавливается в пульт станка или в электрошкаф; к каналам CAN можно подключать цифровые приводы и системы ввода-вывода.

Возможности программного обеспечения ЧПУ «Маяк»:

- линейная, винтовая интерполяция по всем осям одновременно;

- круговая интерполяция в произвольной плоскости;

- программирование в абсолютной, относительной системах координат, в полярных координатах, зеркальная обработка, поворот осей, масштабирование, смещение;

- сглаживающая эквидистанта, исключая резки, различные варианты подвода/отвода к контуру;

- фаски, галтели;

- арифметические и логические операции, тригонометрические функции;

- токарные, фрезерные, расточные, измерительные, профильные циклы, циклы пользователя;
- графическое отображение движения инструмента, объемная визуализация;
- компенсация дрейфа приводов, люфтов, погрешностей ходового винта, объемная компенсация;
- коррекции на длину и радиус инструмента;
- табличные функции для коррекции траектории и технологических параметров;
- управление синхронными осями;
- многоуровневая система доступа;
- мониторинг рабочего времени, журнал действий оператора;
- ведение журнала работы с сохранением времени появления сообщений и ошибок;
- синтаксический и графический контроль программы;
- справочная система по параметрам, циклам, ошибкам и сообщениям, входным и выходным сигналам;
- создание управляющей программы путем автоматической записи траектории движений, осуществляемых в процессе изготовления первой детали с использованием ручного управления перемещениями инструмента;
- подготовка управляющих программ одновременно с обработкой;
- диалоговый режим ввода и редактирования программ, циклов;
- многообразие способов ввода управляющих программ дискета, USB, DNC-терминал, Ethernet);
- удаленная диагностика и настройка системы через GPRS, CDMA телефон или модем;
- девятиканальный программный осциллограф, паспортизация процессов, круглограмма для настройки приводов;
- архивация и обработка на компьютере паспортизированных параметров технологических процессов;
- встроенный программируемый логический контроллер, пошаговая отладка, секции быстрой автоматики;
- программирование экранных форм.

ООО «Балт-Систем», г. Санкт-Петербург (<http://bsystem.ru>) — ведущий российский поставщик устройств числового программного управления, занимается разработкой, производством, сервисным обслуживанием

аппаратных и программных средств автоматизации промышленного производства. Представляет большую серию компьютерных УЧПУ различного назначения. Они легко адаптируются для самых сложных объектов, элементы которых могут требовать одновременного и независимого управления в реальном времени. Программное обеспечение у систем позволяет управлять токарными, фрезерными, многоцелевыми, копировальными, шлифовальными станками, кузнечно-прессовым оборудованием, оборудованием термической и лазерной резки и др. Графика систем позволяет:

- просматривать реальное движение инструмента;
- проверять элементы траектории инструмента при отключенном станке;
- производить точную настройку приводов в режиме осциллоскопирования.

В технологическом программировании встроенный язык описания графических объектов позволяет программировать сложные 2D-контуры непосредственно с чертежа без использования САПР. УЧПУ само вычисляет точки пересечения и касания геометрических элементов. Такое решение позволяет легко ориентироваться в выборе функций для составления УП вручную.

NC-301 — высокотехнологичное малогабаритное устройство ЧПУ для комплексных высокопроизводительных решений по управлению различными типами станков до четырех осей. Представляет собой распределенное устройство, позволяющее приблизить цифровые входы-выходы к объектам управления.

NC-302 — высокотехнологичное устройство ЧПУ для комплексных высокопроизводительных решений по управлению станками раскройной и токарно-фрезерной группы. Представляет собой распределенное устройство, позволяющее приблизить цифровые входы-выходы к объектам управления.

NC-201M — высокотехнологичное устройство ЧПУ с использованием современных компьютерных технологий для комплексных и высокопроизводительных решений управления станками токарной и фрезерной групп с количеством входов-выходов не более 48–32.

NC-202 — моноблочное, одноплатное УЧПУ, в котором объединены в единое целое блок управления, пульт оператора, станочный пульт



и программное обеспечение с высокой степенью функциональности.

NC-210 — компактное модульное устройство ЧПУ, в котором объединены в единое целое блок управления, пульт оператора, станочный пульт и программное обеспечение.

NC-230 — устройство ЧПУ предназначено для управления двухсуппортными станками, обрабатывающими фрезерными и токарными центрами.

NC-110 — устройство ЧПУ NC-110 широко применения с легкой адаптацией к управлению сложным станочным оборудованием.

NC-310 — распределенное устройство ЧПУ, позволяющее приблизить аналоговые и цифровые входы-выходы к органам управления станочного оборудования.

ЗАО «4С», Санкт-Петербург (<http://www.zao4c.ru>), имеет в поставке УЧПУ двух моделей:

4СК FF — УЧПУ имеющее до пяти управляемых осей;

4СК FF Cx3 FF — УЧПУ для двух станков 16A20Ф3С132.

До первого включения УЧПУ представляет собой обычную вычислительную систему, не имеющую характеристик УЧПУ. Для подго-

товки УЧПУ к работе необходимо выполнить установку параметров и характеристик аппаратных и программных модулей, что позволит использовать устройство как УЧПУ, т. е. необходимо выполнить характеризацию. Это осуществляется с помощью записи файлов характеризации, создание которых описано в имеющейся документации. Файлы характеризации содержат параметры и характеристики, значения которых специфицируют конфигурацию УЧПУ конкретного пользователя. С помощью этих файлов УЧПУ получает всю информацию, которая требуется для функционирования ПО, управляющего технологическим процессом обработки деталей. После завершения процедуры характеризации УЧПУ еще неспособно управлять конкретным оборудованием, для этого необходимо создать программу управления вспомогательными механизмами станка (в дальнейшем — программу логики интерфейса), разрабатываемую с помощью языка СИПРОМ [3].

ООО «Модмаш-Софт», г. Нижний Новгород (<http://modmash.nnov.ru>), предлагает потребителям комплексные решения для модернизации станков с программным управлением на базе систем ЧПУ собственного производства. Производимые УЧПУ предназначены для установки на различные типы технологического оборудования: фрезерные станки, копировальные станки, многоцелевые, токарные станки, машины термической резки и др. Адаптация к конкретному типу станка осуществляется с помощью программы электроавтоматики и разветвленной системы параметров. В основе УЧПУ серии FMS (рис. 1) персональный компьютер промышленного исполнения. Открытая архитектура FMS в комплексе с программным обеспечением позволяют легко интегрировать в ее состав компьютерные компоненты ведущих производителей вычислительной техники.

Программное обеспечение системы реализовано на базе ядра жесткого реального времени с использованием библиотеки RT-Kernel, гарантирующего высокое качество выполнения таймерных задач управления сервоприводами и циклами электроавтоматики с количеством осей до 32. Открытая структура системы позволяет включать в состав системы программные модули пользователя.

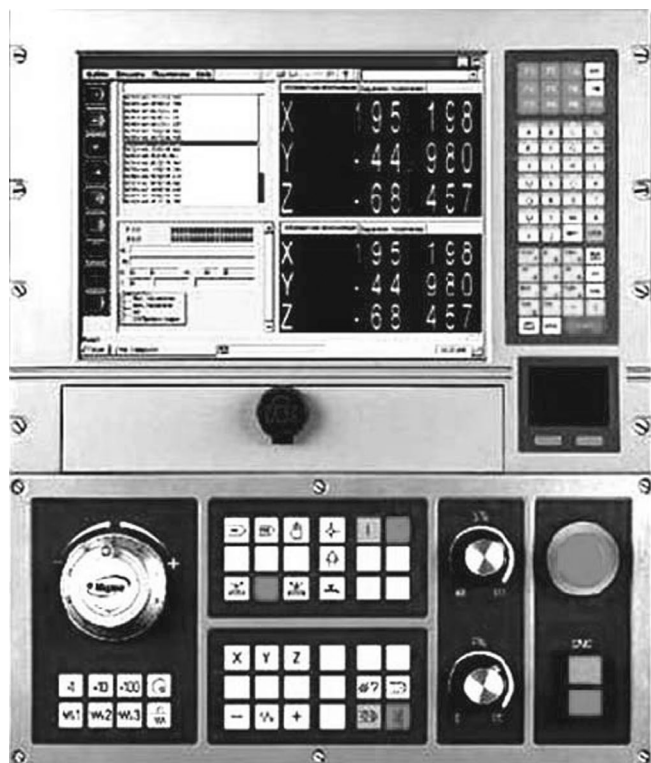


Рис. 1. Основной блок УЧПУ FMS 3200 Comfort

Базовая УЧПУ FMS-3000 для применения в условиях промышленного производства выполняется в виде промышленной рабочей станции. Режим «Главного окна» позволяет получить исчерпывающую информацию о состоянии станка и легко переходить к другим видам индикации. Управление производится с помощью главного и локального меню и меню пользователя, а также функциональных и перепрограммируемых клавиш. Графическая 3D-прорисовка УП с масштабированием и разворотом в нужной проекции позволяет исключить необходимость отработки программы на модели. При необходимости система обеспечивает сплайн-интерполяцию. Возможна многозадачная работа: одновременная отработка одной программы на станке, прорисовка и редактирование других программ. Встроенный макроязык позволяет создавать диалоговые параметрические УП. Наличие программного осциллографа позволяет производить точную настройку любых динамических параметров станка.

Продукция компании «Модмаш-Софт»:

- FMS-3000 comfort — компактное моноблочное устройство, в котором панель оператора и блок управления совмещены в едином корпусе;

- FMS-3200 comfort — для управления сложным оборудованием: многоцелевыми станками, гибкими производственными модулями, оборудованием с высокими требованиями по быстродействию, а также технологическими объектами с большим количеством входов-выходов

- FMS-3000 standart — для управления станками фрезерной группы, а также простыми фрезерными, расточными станками, машинами термической резки и другим оборудованием.

- FMS-3100 standart — для управления станками токарной группы; сочетание невысокой цены и широких возможностей для управления токарными станками типа 16A20Ф3, 16K20, 16B16;

- FMS-3000 light — миниблок программного управления FMS-3000 Light, представляет собой недорогую альтернативу традиционному устройству ЧПУ и является полностью готовым к работе блоком числового программного управления, оснащенным вы-

ходом для подключения внешнего монитора и клавиатуры;

ОАО «Контур ТПО», г. Томск (<http://contur.ru>), представляет УЧПУ: 2С4265М — для фрезерных станков, обеспечивают одновременное управление по трем координатам; 2Р22М — для токарных станков — это современная модификация УЧПУ 2Р22, обеспечивают одновременное управление двумя координатами; К5 — принципиально новую систему управления.

ЗАО «Микрос», г. Ногинск (<http://mikros.ru/>), серийно выпускает модельный ряд систем УЧПУ «Микрос-12» с архитектурой промышленного компьютера. Выпускаются модели СЧПУ «Микрос-12» для токарных станков и обрабатывающих центров, для фрезерных станков (рис. 2).

Продукция компании «Микрос»:

- «Микрос-12Т» — УЧПУ для токарных станков и обрабатывающих центров;
- «Микрос-12Ф» — УЧПУ для фрезерных станков и обрабатывающих центров;
- «Микрос-12Ш» — УЧПУ для круглошлифовальных и плоскошлифовальных станков;
- «Микрос-12Э» — УЧПУ для электроэрозионных копировально-прошивочных станков;
- «Микрос-12ТС» — УЧПУ для ультрапрезионных (сверхточных) станков;

ООО «Научно-промышленная корпорация „Дельта-Тест“», г. Фрязино (<http://edm.ru/>), российский лидер в области разработки и производства оборудования для электроэрозионной обработки.



Рис. 2. УЧПУ «Микрос-12Т»

Продукция компании «Дельта-Тест»:

- АРТА-7 — УЧПУ для электроэрозионных станков, имеющих до пяти координат;
- АРТА-Х.9 — УЧПУ для электроэрозионных станков на базе компьютерных комплектов в промышленном исполнении;
- АРТА-2.7 — УЧПУ для электроэрозионных станков на базе компьютерных комплектов в промышленном исполнении.

МГТУ «Станкин», Москва (<http://www.ncsystems.ru/>) — лаборатория систем ЧПУ кафедры «Компьютерные системы управления» МГТУ «Станкин» представляет систему WinPCNC Pro, которая является однокомпьютерной системой ЧПУ, построенной на мощной платформе персонального компьютера с операционной системой Windows NT/2000/XP и расширением реального времени RTX 6.0.1 фирмы Ardence. Система использует единственный процессор для обслуживания всех ее функций, включая функции электроавтоматики. Аппаратная часть представлена стандартной аппаратурой персонального компьютера и дополнительными интерфейсными модулями для связи со следящими приводами подачи и главного движения, приводами электроавтоматики, панелью оператора. Все эти средства доступны сегодня на компьютерном рынке; а следовательно, отсутствует необходимость в организации специального производства систем УЧПУ.

Основной особенностью системы WinPCNC Pro на прикладном уровне является ее открытая архитектура, которая предоставляет производителям технологического оборудования и конечным пользователям широкие возможности по адаптации системы к собственным требованиям. Эти возможности поддержаны средствами конфигурации, а также и дополнительными инструментальными системами. Так, интерфейс оператора открыт для включения любых приложений конечного пользователя, разработанных в среде Windows. При этом конечным пользователям предоставлен широкий открытый набор интерфейсных функций API (Application Programming Interface). Интерфейс оператора (его внешний вид, набор режимов, страниц и меню) может быть в кратчайший срок существенно перепроектирован с помощью специальной инструментальной системы State\_Machine\_Builder. Система ЧПУ может быть настроена на любую версию

языка управляющих программ в коде ISO-7bit (DIN 66025). Настроенная версия поддерживается редактором-дебаггером управляющих программ и гибким интерпретатором управляющих программ (ISO-процессором). Интерпретатор может быть настроен на любое (разумное) число буферизируемых кадров. Редактор-дебаггер располагает системой графического моделирования управляющей программы на входе системы и на выходе интерпретатора, т. е. с учетом эквидистант. Интерполятор системы имеет гибкую собственную архитектуру и фиксированный входной интерфейс IPD (Interpolator Data); он открыт для включения любых специальных алгоритмов интерполяции. В процессе управления может быть использована любая комбинация имеющихся алгоритмов. Гибкая система электроавтоматики построена на основе концепции SoftPLC, т. е. на основе программной реализации контроллера в составе прикладной компоненты системы ЧПУ. Взаимодействие всех модулей системы ЧПУ осуществляется через многофункциональную программную шину, которая служит глобальным сервером системы. Подобная организация допускает масштабирование системы.

ООО «Элгес», г. Фрязино (<http://estanok.ru>), представляет системы ЧПУ, работающие под ОС Windows (98, XP, 7), например систему ДГТ-735-5 — УЧПУ для электроэрозионных вырезных и прошивочных станков, имеющих до шести координат. Система предназначена для работы в условиях сильных электромагнитных помех (электроэрозия, электрохимия и т. д.). За счет уникальных аппаратных и программных решений обеспечивается бесбойная работа, что позволяет обрабатывать дорогостоящие изделия.

ООО «НПО Криста», Рыбинск, Москва (<http://www.krysta.ru>), представляет УЧПУ КРТ4-00, которое построено на базе компьютера в промышленном исполнении. В состав системы входят: графический дисплей, алфавитно-цифровая и функциональная клавиатуры, процессорный блок, платы связи с технологическим оборудованием, источник питания. СЧПУ может быть использована как для модернизации существующего оборудования, так и для применения во вновь разрабатываемых системах. Количество управляемых координат — до 6.



ООО «Джест», г. Иваново (<http://www.jnc.ru>), разрабатывает, производит и продвигает на рынок системы числового программного управления нового поколения JNC. УЧПУ JNC-T01 предназначено для установки на металлорежущие станки токарной группы. Система ЧПУ JNC-T01i, представляет собой компьютерную систему управления металлорежущим станком, выполненную на базе персонального компьютера оснащенного операционной системой Windows XP и установленным программным обеспечением JNC-T01i, осуществляющим управление станком через распределенный контроллер JC-A, также входящий в состав системы (состав контроллера меняется в зависимости от сложности станка).

Блок управления системы JNC-T01i выполнен в виде встраиваемого 19 дюймового модуля, представляющего собой промышленный компьютер с 15"-сенсорным экраном. Для встраивания в стандартную консоль станка 16A20Ф3 разработано специальное исполнение блока управления системы JNC-T01.

ООО «СтанкоЦентр», Москва (<http://www.stankocentr.com>), является разработчиком системы числового программного управления FLEX NC. Система ЧПУ FLEX NC с электроприводами FLEX POWER устанавливается Савеловским машиностроительным заводом на более 30 модификаций серийных станков этого завода. Основой системы ЧПУ Flex NC (Integral) является контроллер движения на базе DSP-процессора Motorola или процессора Texas Instruments. На процессоре реализованы следующие устройства:

- система ЧПУ;
- контроллер электроавтоматики;
- управляющая часть электропривода (векторное управление, контур тока, контур скорости и другие расчеты, касающиеся управления электродвигателем).

На верхнем уровне системы ЧПУ находится IBM PC, задачей которой является стандартизация аппаратного, программного и пользовательского интерфейсов. Стандартный аппаратный интерфейс позволяет использовать для расширения системы ЧПУ стандартные периферийные устройства IBM PC. Стандартные программный интерфейс позволяет легко дополнять программное обеспечение станка. Стандартный пользовательский интерфейс

позволяет оператору значительно быстрее освоить работу с ЧПУ.

Система ЧПУ может одновременно управлять несколькими станками (суммарное максимальное количество управляемых координат — 32). Станки могут быть как реальными, так и виртуальными. С одного станочного пульта можно управлять несколькими станками (до 12 станков), запуская несколько клиентских программ, каждая из которых отвечает за взаимодействие с конкретным станком (реальным или виртуальным). Работая на станке, можно, например, одновременно обрабатывать деталь на реальном станке и проверять программу на виртуальном станке с использованием графики.

Особенности применения системы ЧПУ с использованием IBM PC:

- количество координат — 2, 4, 6, 8, ..., 32;
- возможность увеличения координат кратна 2;
- возможность подключения к одному из свободных входов лазерного интерферометра;
- автоматическая настройка электроприводов;
- наличие функций определения динамических параметров станка, включая состояние привода, ШВП и т. д.;
- наличие функции настройки динамических параметров в зависимости от состояния станка;
- возможность использования станка в качестве измерительной машины (с использованием трехмерной коррекции);
- наличие диагностических функций;
- мониторинг технического состояния станка;
- возможность подключения управляемой от УЧПУ расточной головки в качестве четвертой координаты;

• применение Windows 2000/XP позволяет использовать унифицированный пользовательский интерфейс, а применение процессоров DSP фирмы Motorola для управления движением позволяет увеличить скорость обработки с применением трехмерной коррекции, виртуальных осей, цифровой фильтрации и т. д.

ООО «НПП „Модель“», г. Нижний Новгород (<http://model.nn.ru>), представляет УЧПУ:

- NC 3.5 — УЧПУ на одном процессоре;
- NC-2000 — распределенная система управления;



- NC 2T — удешевленная система ЧПУ для токарных и сверлильных станков.

Система числового программного управления NC 3.5G предназначено для управления металлорежущими станками, роботами и другим технологическим оборудованием, использующим для перемещения рабочих органов сервопривод с аналоговым или цифровым управлением. Устройство обеспечивает:

- управление следящими приводами подач по управляющей программе с использованием фотоимпульсных датчиков угловых перемещений;
- управление элементами дискретной автоматики станка (пускатели, электромагниты и т. д.) при помощи бесконтактных твердотельных модулей.

Работа в режиме координатного измерения позволяет производить (при наличии измерительной головки триггерного типа) поиск центров отверстий, баз, измерение размеров деталей и их элементов, т. е. контрольные операции.

Работа в режиме трехмерного сканирования позволяет производить (при наличии измерительной головки сканирующего типа) трехмерное сканирование поверхностей деталей-прототипов с одновременным сохранением в памяти УЧПУ облака точек поверхности.

Для обработки облака точек и построения 3D-модели поверхности используется специальное программное обеспечение — система ReEnge.

Облако точек поверхности детали-прототипа, полученное в результате трехмерного сканирования, может быть преобразовано системой ЧПУ в управляющую программу обработки. После этого станок, совершая движения по полученной программе, может выполнять обработку, копируя отсканированную поверхность.

Управление движением на основе алгоритма «взгляд вперед», существенно повышает производительность станка при точной обработке сложных поверхностей. Данный алгоритм основан на опережающем анализе траектории движения инструмента. Позволяет при сохранении точности движения по заданной траектории существенно повысить производительность обработки сложных 3D поверхностей на действующем оборудовании при одновременном снижении динамических нагрузок на станок.

Точное нормирование (точный расчет) основного времени осуществляется путем моделирования отработки конкретной УП с учетом законов движения, законов разгона-торможения, динамических и других характеристик конкретного станка на специальном программном эмуляторе или в самой системе ЧПУ в ходе эмуляции обработки.

В системе имеется возможность подключения к цеховой локальной сети для передачи оперативных данных по протоколам TCP/IP и IPX от станка, к серверу и к станку, возможность передачи не только файлов УП, но и оперативных данных, переменных, событий и т. п.

Специальные функции технологической диагностики через локальную сеть поддерживают работу MES систем (диспетчеризации и оперативного планирования), которые увеличивают коэффициент загрузки оборудования до 2 раз и уменьшают объем незавершенного производства до 30 %.

ООО «Автоматика Плюс», г. Пенза (<http://www.automatikaplus.ru>), разрабатывает и серийно выпускает программируемые контроллеры, системы ЧПУ, в частности систему ЧПУ Auto PNC, гибко настраиваемую для широкого спектра применения. Оптимальное количество параметров для привязки к управляемому оборудованию позволяет легко и быстро настроить систему и пустить в эксплуатацию. Простое программирование гарантирует быстрый запуск станка. Модульная структура системы с широким выбором модулей различного назначения позволяет легко адаптировать ЧПУ к любому типу станков.

ООО «Новые электронные технологии», г. Ростов-на-Дону (<http://chpu.net/>), представляет системы:

- CNC-8 — новая версия системы ЧПУ; полная замена систем ЧПУ — NC210, FMS3000, НЦ31, 2P22, 2C42, 2M43, к524, LJUMO;
- CNC-8 V — версия системы ЧПУ с вертикальным исполнением органов управления;
- CNC-10 — новая версия системы ЧПУ с распределенной системой управления (удаленный блок ЦАП и энкодеров);
- CNC-11 — система ЧПУ класса PC CNC, построенная по принципу распределенной системы управления на операционной системе Windows XP. Наряду с аналоговым управлением исполнительного механизма введено

цифровое управление межблочных соединений и приводами по скоростному протоколу Profibus-DP. Связь между блоками УЧПУ (пульт оператора, платы ввода-вывода, контроллер позиционирования, выносной пульт оператора, пульт станочный, плата связи с приводами, блок цифровки датчиков) производится по цифровому высокочастотному защищенному каналу по протоколу Profibus-DP. Это расширяет возможности использования новой системы ЧПУ как для модернизации устаревшего оборудования, так и в производстве новых моделей станков.

Платформа позволяет устанавливать на свою базу программное обеспечение ПО предыдущих моделей УЧПУ как данного производителя, так и сторонних: CNC-8, CNC-10, NC 210, FMS 3000, WIN CNC, MACH 3, 4, 5. Устанавливаемое на CNC-11 ПО является олицетворением последних тенденций в развитии систем управления станками под операционными системами Linux и Windows. Новое ПО позволяет выполнять интерполяции: линейную, круговую, винтовую, сплайновую, 4D-, 5D-обработку, вращение плоскости интерполяции, оси — параллельную обработку, графическую прорисовку программы, 3D-визуализацию обработки, программирование «на лету», параллельную многопроцессную обработку, «программирование с чертежа», визуальное программирование, функции CAD/CAM-программ, управление по сети.

СКБ ИС, ОАО «Специальное конструкторское бюро измерительных систем», Санкт-Петербург (<http://skbis.ru>), производят отечественные преобразователи угловых и линейных перемещений (отечественных энкодеров), в частности: ЛИР — фотоэлектрические датчики положения, магнитные датчики положения; линейные фотоэлектрические датчики положения; ЛИР-500, ..., ЛИР-535 — устройства цифровой индикации; ЛИР-581, ЛИР-980, ..., ЛИР-989 — система позиционного программного управления приводами.

ООО «ПромСтанкоСервис», Санкт-Петербург (<http://www.promfix.spb.ru>), производит системы ЧПУ МНЦ-31 для установки на станки токарной группы, способные управлять движением исполнительных элементов и электроавтоматикой станка в ручном и автоматическом режимах. ЧПУ МНЦ-31 — программно

и аппаратно совместимый функциональный аналог УЧПУ «Электроника-НЦ31».

ООО «Энимс-Корпус», Москва (<http://stanok2000.narod.ru>), представляет ПАС Э 2000 CNC — рабочую станцию оператора.

ООО «НПО „Рубикон-Инновация“, г. Смоленск (<http://rubicon-i.ru>) представляет УЧПУ «Феникс», который способен управлять станком, имеющим до восьми осей. Основу аппаратуры системы «Феникс» составляют две части: базовый контроллер и пульт оператора. Функции управления станком реализуются при помощи базового контроллера. Контроллер установлен в шкафу управления, в непосредственной близости от электрооборудования станка. Взаимодействие с оператором осуществляется при помощи универсального пульта. Пульт может быть установлен в удобном для доступа к нему месте.

ООО «Мages», г. Смоленск (<http://www.mages93.ru>, <http://www.test-d.cncinfo.ru>), представляет УЧПУ НЦ31-10, которое выполнено на современной элементной базе и является собой двухплатный аналог УЧПУ НЦ-31. Система устанавливается на место УЧПУ НЦ-31, так как имеет стандартные размеры и разъемы подключения. Система ЧПУ НЦ31-10 полностью функционально повторяет УЧПУ «Электроника НЦ31».

ООО «СКБ „Модуль“, г. Самара (<http://plc.stankoproekt.ru>), представляет программируемые логические контроллеры ТК-2-12, ТК-2-24, ТК-2-64, ТК-3-96. Программируемый логический контроллер — это специализированный вычислитель на базе микропроцессора, предназначенный для управления технологическими процессами и различным оборудованием в реальном масштабе времени, в том числе для экономичного варианта замены устаревшего электрооборудования и релейной логики.

### Модели УЧПУ зарубежных фирм

Системы ЧПУ зарубежных фирм широко используются с различными станками на российских заводах, тем более что сейчас на отечественных предприятиях применяется много станков нероссийского изготовления.

Siemens, Германия (<http://www.sinumerik.ru>), является одной из ведущих в разработке и

производстве систем ЧПУ для самого различного оборудования. С УЧПУ моделей Sinumerik фирма Siemens предоставляет универсальную платформу для автоматизации станков с действенными решениями для различных отраслей и технологий. Sinumerik основывается на следующей концепции: одна система ЧПУ, много возможностей — от компьютерного управления приводами и двигателями до полностью комплектного шкафа управления.

Особо совершенной технологией для комплексной и сложной обработки является высокоскоростное резание HSC. HSC применяется также для высокоскоростного, точного фрезерования.

Технология автоматизации Siemens создала определенный взгляд на ЧПУ. Система управления обеспечивает все, что необходимо для высокоэффективного производства форм и инструментов, например:

- высокоскоростную обработку с функцией Look Ahead;
- перемещение с упреждающим регулированием и без ошибок слежения;
- ускорение с ограничением темпа;
- интерполяцию NURBS;
- расширенные 5-осевые функции, проверенные на практике;
- активное поглощение вибраций;
- компенсацию механических неисправностей;
- интеграцию внутренних систем измерения;
- комплексные подпрограммы безопасности;
- оптимальное комплексное решение с системой преобразования Simodrive 611 digital.

СЧПУ Sinumerik 802 SC, 802 SC base line, 802D, 802D base line, 802D solution line наиболее простые системы фирмы. Например, УЧПУ Sinumerik 802D sl выполнена как компактная система, объединяющая устройство ЧПУ, ПЛК и панель оператора. В комбинации с модульной конструкцией линейки приводов Sinamics S120 обеспечивается простой и надежный монтаж с минимальным количеством кабелей. Система Sinumerik 802D sl позволяет использовать до пяти осей (две из которых можно реализовать как шпиндели), что делает ее системой управления для стандартных токарных и фрезерных станков, а также для некоторых станков среднего класса.

Система Sinumerik 802D sl поставляется в трех (value, plus, pro) различных версиях по производительности для токарных и фрезерных станков и в двух (plus, pro) — для шлифовальных. В основу системы ЧПУ Sinumerik 802D sl заложены хорошо зарекомендовавшие себя стандартные интерфейсы передачи данных: Ethernet, Profibus, USB. Приводная система Sinamics может использоваться в широком спектре условий окружающей среды и параметров питающей сети.

СЧПУ Sinumerik 810D power line представляет собой систему ЧПУ среднего диапазона систем Sinumerik Motion-Control. Модуль CCU (compact control unit) выполняет все функции ЧПУ, PLC, управления приводами и коммуникации и может быть расширен силовыми частями и платами управления линейки приводов Simodrive 611 digital.

Sinumerik 810D powerline используются для токарной обработки, сверления, фрезерования, шлифования, вибрационной высечки, штамповки, при создании инструментов и форм, а также в деревообработке, манипулировании, массовом и единичном производствах.

Sinumerik 810D powerline — это компактная цифровая система ЧПУ для токарных станков с традиционным управлением посредством ManualTurn, универсальных токарных станков — посредством ShopTurn, вертикальных и универсальных фрезерных станков — посредством ShopMill. Могут быть решены даже самые сложные задачи манипуляторов, станков и специальных инструментов.

СЧПУ Sinumerik 840D, 840Di, 840D solution line, 840Di solution line относятся к группе систем ЧПУ класса Hi-End. В частности, Sinumerik 840D sl (рис. 3.) представляет

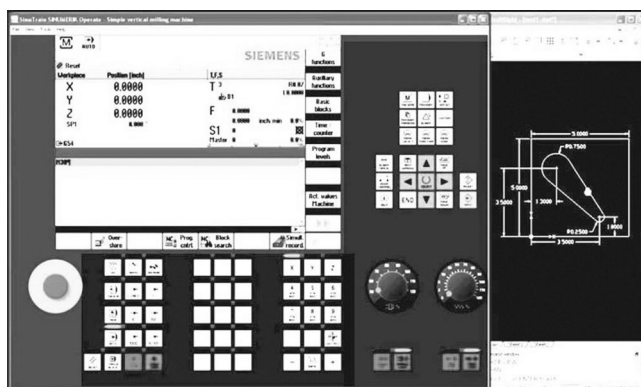


Рис. 3. Панель системы ЧПУ Sinumerik 840D sl



собой универсальную и гибкую систему ЧПУ, расширяемую максимально до 31 оси. Децентрализованная, легко изменяемая, открытая система с широким спектром функций может использоваться для любой технологии, устанавливая эталоны в динамике, точности и возможностях сетевой интеграции. Важными особенностями Sinumerik 840D sl являются децентрализованная, полностью интегрированная в технологическую структуру привода Sinamics S120 структура и коммуникационные связи. Программное и аппаратное обеспечение системы могут масштабироваться по отдельности.

Sinumerik 840D sl — это система максимальных рабочих характеристик и гибкости прежде всего для сложных многоосевых установок. У системы сквозная открытость от управления до ядра ЧПУ, имеются тестированное ПО управления и программирования (например, ShopMill или ShopTurn) и продукты Motion Control Information System для производственной сферы, встроенные сертифицированные функции безопасности Sinumerik Safety Integrated, которые обеспечивают высокоэффективную, простую и экономичную защиту персонала и оборудования.

Используются системы серии Sinumerik 840D в технологиях точения, сверления, фрезерования, шлифования, лазерной обработки, высечки, штамповки, изготовлении инструментов и форм, высокоскоростной обработке, обработке дерева и стекла, в манипуляторах, на автоматических линиях и агрегатных станках в крупно- и мелкосерийном производствах.

GE Fanuc Automation, Япония (<http://www.fanuc.co>; <http://jp.www.fanuc.com>), представляет большие серии СЧПУ (рис. 4), например Oi, 16i, 18i, 21i, 160i, 180i, 210i, 180is, 30i, 31i, 32i, 300i, 310i, 320i, 300is, 310is, 320is, 20i, 15i, 150i, построенных на базе современных ПК. Так, УЧПУ моделей Fanuc для токарных станков поставляется с современным программным обеспечением. В компактном корпусе модуля ЧПУ воплощены новейшие технологические достижения в области числового программного управления. Его высокая производительность позволяет управлять одновременной работой двух шпинделей и нескольких дополнительных независимых осей. Жидкокристаллический монитор и

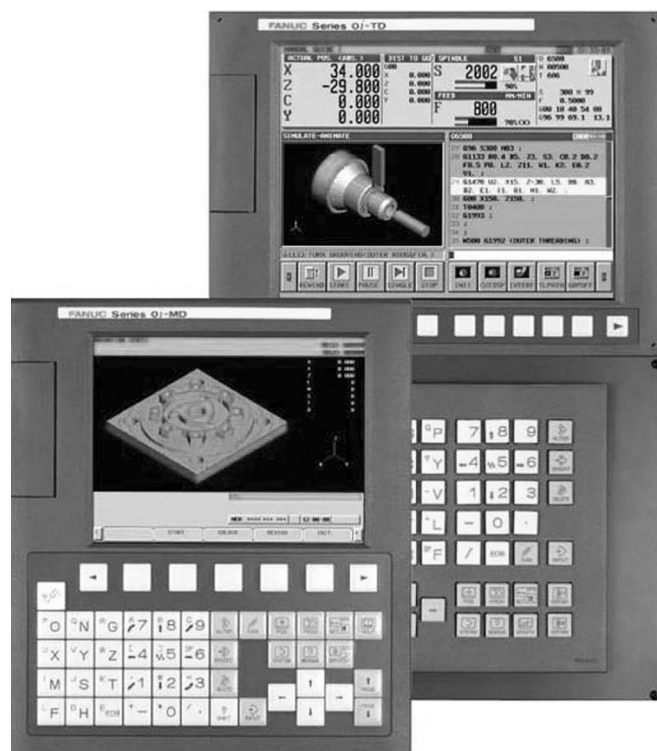


Рис. 4. Панели систем ЧПУ Fanuc

клавиатура размещены на консольном пульте оператора. В состав системы ЧПУ входят графический интерфейс ПО, функция программной и аппаратной защиты управляющих программ, память для хранения управляющих программ общим объемом не менее 80 Мб (160 Мб — для моделей серии М), интерфейс для подключения фотосчитывающего устройства и перфоратора.

Возможности системы ЧПУ: фоновое редактирование управляющих программ; обработка поверхности с постоянной заданной скоростью; программная защита патрона и задней бабки; коррекция радиуса при вершине резца; компенсация износа инструмента; вывод на дисплей информации об отработанном времени и номере обрабатываемой детали; многократное повторение циклов программы; преобразование системы измерений дюймовая — метрическая и т. д. Программирование может выполняться операторами с различным уровнем профессионального опыта, с использованием библиотек циклов сверления, точения, нарезания резьбы и т. д.

Системы ЧПУ серии is (GE Fanuc Automation, Япония) — открытые системы ЧПУ со встроенной операционной системой Windows. В серию

входит несколько моделей. Системы ЧПУ серии is могут использоваться для управления металлорежущими станками различных типов — от 2-координатных токарных станков и до 3–5-координатных многоцелевых, установками для лазерной резки, дыропробивными прессами и т. п. При резании возможно обеспечение наноинтерполяции одновременно по нескольким осям.

Среди программ, входящих в стандартное программное обеспечение систем серии is, есть программы, которые позволяют оператору создать наиболее удобный для себя пользовательский интерфейс. Каждая система ЧПУ серии is имеет встроенный порт Ethernet, поэтому она может быть легко подключена к локальной сети предприятия, например к системе автоматизированного управления производством. Имеются также PCMCIA и серийные порты, для подключения внешних устройств ввода данных, принтеров и других периферийных устройств.

Предусмотрено подключение модема, что дает возможность осуществлять дистанционную диагностику и коррекцию системы. В программное обеспечение систем ЧПУ серии is входит браузер Pocket Internet фирмы Microsoft, который позволяет не только передавать и получать данные по локальной сети пользователя, но и выходить в Интернет для загрузки с сайта поставщика или с других сайтов последних технических данных, а также отсылать файлы.

*Heidenhain, Германия* ([www.heidenhain.de](http://www.heidenhain.de); [www.heidenhain.ru](http://www.heidenhain.ru)), представляет СЧПУ для фрезерных, фрезерно-токарных и токарных станков, а также для многоцелевых станков (обрабатывающих центров). Основные модели — iTNC530, TNC640, TNC620, TNC530, TNC320, TNC128, CNC Pilot 640, Manualplus 620.

Все модели ЧПУ способны сформировать законченный производственный процесс. Некоторые модели обеспечивают управление станками с количеством осей до 18, имеют возможности программирования открытым текстом и удаленного программирования. Модели хорошо внедряются в автоматизированное производство. При использовании на фрезерных станках подходят как для простой фрезерной обработки, так и для высокоскоростного фрезерования.

При применении для токарных станков предоставляют большое количество циклов для программирования, для сложных заготовок имеют специальную функцию smart. Turn, которая предлагает программирование с графической поддержкой и масками. При необходимости обеспечивают дополнительно управление операциями фрезерования и сверления за одно закрепление детали, могут вести управления как цифровыми, так и аналоговыми приводами.

Так, контурная система ЧПУ iTNC 530 — это универсальная система управления с возможностью программирования непосредственно на станке. Она подходит как для фрезерных и сверлильных станков, так и для обрабатывающих центров, обеспечивает при необходимости пятикоординатную обработку с помощью поворотной головки и поворотного стола.

СЧПУ iTNC 530 отличается оптимизированной системой управления перемещением по траектории, коротким временем обработки кадра и специальными стратегиями регулирования. Цифровая архитектура и встроенное цифровое управление приводами с интегрированным преобразователем обеспечивают высокую скорость обработки при высочайшей точности контура, что особенно необходимо при обработке 2D-контуров или 3D-форм. Динамический контроль столкновений (опция DCM) системы iTNC 530 постоянно контролирует рабочую зону станка на предмет возможных столкновений рабочих органов станка с зажимными приспособлениями. Адаптивное управление подачей (опция AFC) автоматически регулирует контурную подачу в зависимости от мощности шпинделя и других параметров. Это позволяет оптимизировать время обработки, контролировать инструмент и щадить механику станка.

*Fagor Automation S. Coop., Испания* ([www.fagorautomation.mcc.es](http://www.fagorautomation.mcc.es)), представляет широкий спектр систем ЧПУ — от простейших, с 2–3 осями, до способных управлять многоцелевыми станками и станками, имеющими 7 осей.

Система ЧПУ 8060 / 8065 способна управлять сложнейшими станками и комплексами. Мощный компьютер с Windows XP, настраиваемый интерфейс, поддержка до шести интерполируемых осей и до трех шпинделей одновременно, поддержка программирования

в G-кодах (язык ISO), возможность работы в сети предприятия, Ethernet, поддержка USB, Compact Flash.

Компьютерная система ЧПУ Fagor 8037 обладает наглядным графическим интерфейсом, обеспечивает управление тремя осями и мотором шпинделя одновременно, имеет графический редактор профиля детали, интерактивный графический редактор встроенных циклов, поддержку инструментального барабана и др. Рекомендована для небольших токарных, фрезерных и расточных станков.

Компьютерная система ЧПУ Fagor 8055 позволяет вести скоростную обработку при управлении по семи осям и двумя моторами шпинделя одновременно. Работа в любых плоскостях, настройка системы в графическом режиме, поддержка различных способов программирования, встроенные циклы, ручная или автоматическая калибровка инструмента, встроенный осциллограф для мониторинга входных и выходных сигналов и юстировки осей.

Система ЧПУ Fagor 8070 относится к группе систем ЧПУ класса Hi-End, рекомендуется для токарных, фрезерных и универсальных применений (рис. 5). Система PC-совместимая с открытой архитектурой, обеспечивает управление до 28 осей (все интерполируемые), до 4 шпинделей, до 4 инструментальных магазинов, до 4 каналов выполнения. Может объединяться в сложные комплексы из нескольких УЧПУ Fagor 8070. Обеспечивает работу с нанометрической точностью, высокой скоростью обработки кадра и команд PLC. Применение постинтерполяционных фильтров позволяет получать поверхности любой геометрии, чистоты и точности. Поддержка различных способов программирования, встроенные циклы, составление профиля заготовки, ручная или автоматическая калибровка инструмента, возможность подключения до 32 осей и шпинделей.

*Traub, Германия* (<http://www.index-werke.de/traub/>; <http://www.vitcompany.com.ua/traub-system->), представляет для управления токарным оборудованием системы CNC TX8H, CNC TX8F, CNC TX8D, CNC TX8i, обладающие высокими сервисными возможностями. Компьютерная система моделей УЧПУ с 64-разрядным RISC-процессором и встроенным PLC

располагает удобным для пользователя программным обеспечением, которое облегчает обработку деталей, а также способствует оптимизации производственного процесса.

Основным в системах является метод программирования в режиме диалога с выводом графического изображения (символов) на дисплей и контролем моделирования (рис. 6). Основа системы — мощная (хранящаяся в памяти ЭВМ УЧПУ) библиотека подпрограмм, включающая данные по заготовкам, приспособлениям и инструменту, геометрическим элементам контура, режимам обработки и т. п. Специальный графический процессор ЭВМ УЧПУ позволяет формировать на экране дисплея УЧПУ различные графические изображения: обрабатываемый контур, заготовку, схемное изображение приспособлений, инструмента, схему удаления припуска и т. д. Все эти изображения могут быть совмещены, отдельным элементам (например, инструмен-

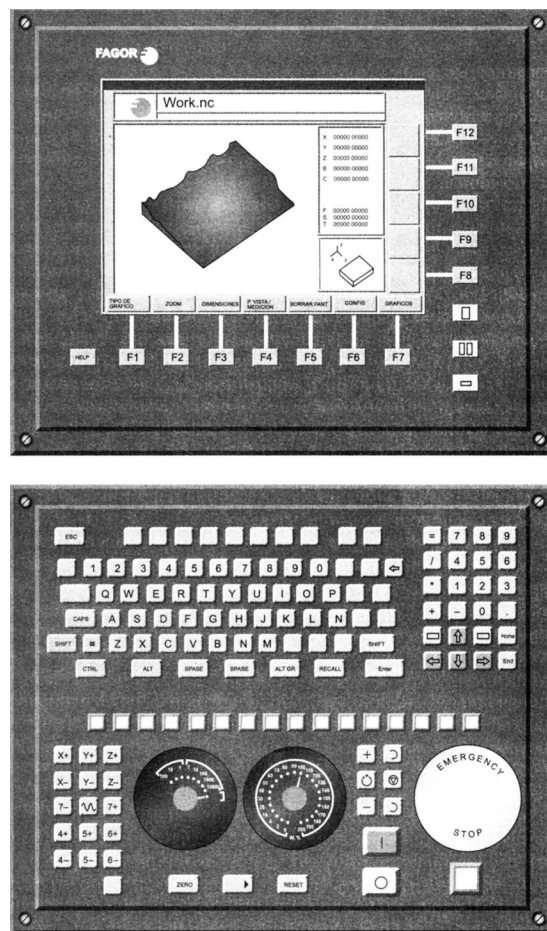


Рис. 5. Пульт оператора УЧПУ Fagor 8070 CNC (Fagor Automation S. Coop., Испания)





Рис. 6. Пульта оператора УЧПУ CNC TX8i (Traub, Германия)

ту) задана динамика в режиме реального времени, что позволяет осуществлять символично-графическое моделирование введенной программы и контроль текущего процесса обработки каждой данной детали.

Программирование обработки при рассматриваемом методе ведется в режиме диалога по принципу «меню», когда оператору предлагается набор (меню) отдельных решений. Оператор в процессе программирования выбирает требуемый по чертежу вариант и вводит с пульта УЧПУ необходимые данные в предлагаемой последовательности и по предлагаемой схеме. Введенные данные (графики, буквенно-цифровая информация) тут же высвечиваются на экране цветного дисплея, при необходимости они могут быть откорректированы, заменены и т. п.

Программирование обработки включает последовательные этапы: формирование геометрии заготовки и детали, конкретизацию технологических требований, определение стратегии и выбор схемы обработки и инструмента, определение режимов обработки, разработку

схемы наладки, наладку, динамическое моделирование с вызовом на графику, изображение рабочего процесса при обработке первой детали (при необходимости и последующих).

*Bosch Rexroth, Германия* ([http:// www.boschrexroth.com](http://www.boschrexroth.com); [http:// www.boschrexroth.ru](http://www.boschrexroth.ru)), входящая в группу Bosch, представляет систему ЧПУ IndraMotion MTX с открытой архитектурой. Представляется в трех вариантах: IndraMotion MTX standard — универсальная система ЧПУ, IndraMotion MTX performance — высокопроизводительная система ЧПУ — и IndraMotion MTX advanced — система ЧПУ для самых взыскательных требований, большой вычислительной мощностью, достигнутой путем применения современных многоядерных процессоров больших объемов памяти в комбинации с высокопроизводительными и компактными промышленными компьютерами. Двенадцать независимых ЧПУ-каналов могут управлять 64 осями, 32 из которых могут обладать функциями шпинделей. Новый высокопроизводительный микропроцессор позволяет минимизировать такт PLC и время выполнения ЧПУ команды, что позволяет получить высокие производительность и точность.

Благодаря модульной структуре аппаратной и программной частей IndraMotion MTX подходит для применения в широком диапазоне станков. Набор технологических функций и рабочих характеристик позволяет использовать систему для эффективного управления различными видами обработки — токарной обработкой, фрезерованием, растачиванием и сверлением, шлифованием, гибкой, вибрационной высечкой, штамповкой, контурной резкой, манипуляторами.

Система на базе открытой платформы использует международные промышленные стандарты, такие как Ethernet, OPC-сервер, Sercos, Ethernet/IP и Profinet, облегчающие интеграцию с высокоуровневыми ERP-системами, такими как SAP. Инновационное ядро УЧПУ, обширный набор библиотек и технологических пакетов обеспечивают гибкость для всего спектра применений от стандартных станков до полностью автоматизированных производственных систем.

Интуитивно понятная рабочая среда, полнофункциональная инженерная среда для разработки и встроенные сетевые технологии

облегчают программирование, эксплуатацию и диагностику. Минимальное время цикла PLC и обработки команд ЧПУ позволяют осуществлять высокоскоростную динамичную обработку, снижают время непроизводительных простоев и значительно повышают производительность. Высокопроизводительный процессор в сочетании с интеллектуальными приводными системами IndraDrive предоставляют сверхвысокую точность во всех применениях, даже в нанометровом диапазоне. Полное решение со встроенными циклами и высокоуровневыми технологическими функциями обеспечивают стандартизацию станков, а также позволяют реализовать специальные станочно-ориентированные функции.

Открытая архитектура системы позволяет удобно и плавно осуществить интеграцию CAD/CAM, а также пользовательских программных пакетов для создания программ обработки. Система обеспечивает ограничение скорости изменения ускорения (по каждой из осей), функцию предварительного просмотра до 1000 кадров программы ЧПУ, сплайн интерполяцию, В-сплайн сжатие, наноинтерполяцию, 5-осевую обработку, 3D-коррекцию режущего инструмента, токарную обработку на фрезерных станках, Ethernet для DNC.

Система IndraMotion MTX представляется также модификацией IndraMotion MTX micro в токарных и фрезерных (рис. 7) станках общепромышленного применения. Устройство представляет собой пользовательский интерфейс — человеко-машинный интерфейс и компактный многоосевой контроллер приводов с высокопроизводительными ЧПУ и PLC [4].

Fidia S.p.A., Италия (<http://www.fidia.com>; <http://www.fidia.it/prodotti/cnc/nC15.htm>; <http://instserv.ru/images/spares/>), представляет системы ЧПУ Fidia C20, Fidia C10, Fidia NC15, Fidia NC12R. Модели FIDIA C20 и FIDIA C10 относятся к группе систем ЧПУ класса Hi-End, построены на промышленных компьютерах высокого уровня и рекомендуются для токарных, фрезерных и универсальных применений.

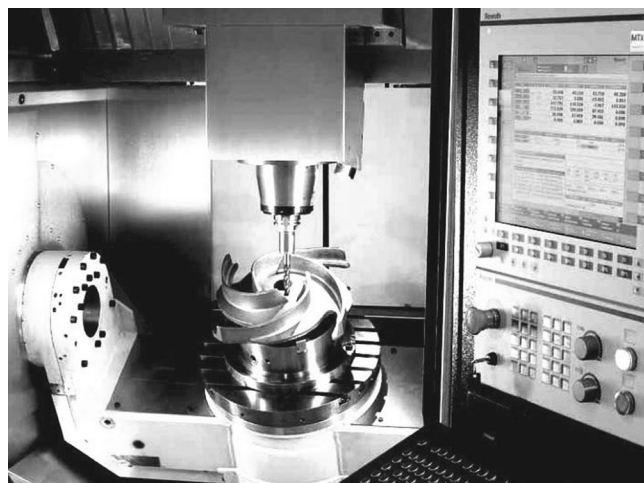
УЧПУ Fidia C20 является наиболее полным решением для самых современных программных приложений. Состоит из 19"-LCD-монитора, клавиатуры, кнопочной панели и блока ЧПУ, располагаемого в электрошкафу. Данной системой ЧПУ можно управлять до 32

осей, из них 9 одновременно. Поддерживаются различные цифровые и аналоговые интерфейсы приводов. Доступна опция RTCP (Rotary Tool Control Point – контроль положения кончика инструмента) для двух осевых фрезерных головок и наклонно поворотных столов, которые могут использоваться в режиме одновременно управляемых осей для полной реализации функционала.

Широкий ассортимент программных и аппаратных средств в сочетании с линейной и компактной конструкцией обеспечивает высокую производительность работ по фрезерованию, копированию и измерению шаблонов, матриц и форм для конструкций в различных производствах.

Архитектура с двумя отдельными процессорами (один для интерфейса оператора и один для управления в реальном времени) позволяет достичь высокой фрезерной производительности, ориентированной на качество и скорость. Кроме того, благодаря операционной системе Windows XP и аппаратным решениям интегрированным в УЧПУ Fidia C20 стала возможна установка инновационного программного продукта ViMill (проверка любых возможных столкновений между инструментом, головкой или станком на реальной заготовке) фирмы Fidia или других приложений для программирования, измерения, мониторинга и т. д.

Сочетание приводов (драйверов) и (ЧПУ) УЧПУ Fidia с технологией XPower позволяет полностью управлять динамическими характеристиками станочного инструмента, а следо-



**Рис. 7.** Фрезерный станок с УЧПУ IndraMotion MTX standard (Bosch Rexroth, Германия)

вательно, повысить эффективность фрезерования. Управление замкнутыми системами автоматического регулирования позволяет устанавливать более высокие значения динамических параметров для координат, тем самым предотвратить вибрацию, резкие изменения подачи инструмента и повысить уровень точности.

Системы обеспечивают 3D-визуализацию файлов, графическую симуляцию и отображение процесса обработки как до запуска управляющей программы, так и после. Оптимизированная и даже одновременная визуализация позволяет отображать большие и разные файлы, а значит, быстро проверить траекторию обработки. Главные особенности:

- визуализация математической модели, наложенной на траекторию инструмента;
- отображение нескольких траекторий, помеченных разными цветами;
- точечное измерение координат, определение расстояния между двумя точками и угла, образованного двумя сегментами для каждой загруженной траектории инструмента.

Системы ЧПУ Fidia C10 состоит из панели управления с 15"-LCD TFT-монитором и отдельного блока ЧПУ. Кнопочная панель с маховичком разработана таким образом, чтобы все ручные станочные функции, такие как JOG, быстрая подача или функции шпинделя, были интуитивно доступны оператору. При возникновении необходимости управления станком из двух мест (например, при наличии длинного перемещения по осям) может

быть подключена вторая панель управления с LCD TFT-монитором и клавиатурой. Благодаря своей универсальности и модульной конструкции эта система управления подходит для широкого спектра станков. Fidia C10 разработана для малых и средних фрезерных обрабатывающих центров, которые оснащены наклонно поворотными столами или одной вращающейся осью стола с одной фрезерной головкой. Для такой конфигурации все RTSP-функции доступны.

*Okuma, Япония* (<http://www.okuma.co.jp>; <http://www.okuma.com>), представляет вместе со станками модельный ряд СЧПУ:

OSP-P300L — для обычных станков;

OSP-P300M — для многоцелевых станков;

OSP-P300S — для многозадачного оборудования.

Все системы представлены как системы THINC интеллектуального числового программного управления (рис. 8). Системы этой группы обладают высокой надежностью, простоты в использовании, способны к интеграции с новыми поколениями программного обеспечения и аппаратных технологий. УЧПУ использует операционную систему Microsoft Windows™ на основе промышленного компьютера, что определяет схему УЧПУ на базе этой операционной платформы как схему с открытой архитектурой. THINC УЧПУ позволяет получить доступ к почти любому приложению и периферийным устройствам, включая системы управления предприятием. Несколько портов USB, встроенных в каждый элемент управления THINC УЧПУ, расширяют технологические возможности быстро и легко. THINC УЧПУ имеет стандартные возможности Ethernet, которые обеспечивают быстрый доступ к он-лайн — приложениям документации или отдельных интернет-ресурсов. Через THINC УЧПУ общение с установленными бизнес-производственными системами сразу же доступны в цеховых условиях.

*Mitsubishi Electric Corporation, Япония* (<http://www.meau.com>; <http://www.mitsubishielectric.com>), представляет УЧПУ серии Mitsubishi CNC M700V в двух модификациях: CNC M700VW (модели M720VW, M730VW и M750VW) и CNC M700VS (модели M720VS, M730VS и M750VS), которые могут быть использованы с самым различным типажом оборудования. Естественно,



Рис. 8. Пульт оператора УЧПУ THINC OSP-P300 (Okuma, Япония)



системы относятся к группе УЧПУ, отвечающих требованиям систем ЧПУ класса Hi-End. Системы позволяют управлять высокоскоростной обработкой, обеспечивать наноинтерполяцию одновременно по нескольким осям, четко отслеживать положение центра инструмента при 5-осевой обработке, поддерживать все виды программирования, включая использование данных CAD/CAM-систем и подготовку программ на основе 3D-моделей. Наличие в ПК ЧПУ операционной системы Microsoft Windows позволяют расширить технологические возможности быстро и просто. УЧПУ имеет стандартные возможности Ethernet, которые обеспечивают доступ к он-лайн — приложениям документации или отдельных интернет-ресурсов, доступ к внутренним сетям предприятия и т. д. [5].

*Sodick Co.Ltd., Япония* (<http://www.sodick-euro.ru>; <http://www.sodick.ru>; <http://www.sodick.jp/>), представляет компьютерные ЧПУ различных моделей, которые используются для управления электроэрозионными станками [6]. Существенная особенность этих систем состоит в том, что помимо синхронного управления приводами высокой точности (линейными двигателями) они управляют еще и специальными импульсными генераторами, встроенными в УЧПУ и обеспечивающими собственно ЭЭ-процесс. Системы ЧПУ обычного металлорежущего оборудования (резание фиксированным инструментом) обеспечивают только перемещение заданного центра инструмента по заданной (или формируемой УЧПУ) траектории. Инструмент при обработке остается неизменным. В процессе ЭЭ-обработки УЧПУ ЭЭ-станка должно не только обеспечить особо точную траекторию движения электрода-инструмента (часто с точностью до 0,01 мкм), особо точную скорость его перемещения с реверсами, состояние этого электрода, а также непрерывно контролировать работу генератора импульсов. А это связано с командами на формирование импульсов, изменение, контроль их формы, частоты и используемого энергетического уровня, введение и осуществление особых электрообразующих процессов и т. д. Таким образом, на УЧПУ для ЭЭ-оборудования возложена «двойная» нагрузка: формировать траекторию электрода-инструмента, к тому же непрерывно контролируя его состояние,

и непрерывно управлять самим электрообразующим процессом (импульсами), изменяя и контролируя его многочисленные параметры. Поэтому в ЭЭ-станках система управления определяется как УЧПУ-генератор.

Естественно, все УЧПУ для ЭЭ-станков должны обеспечить и самые различные схемы подготовки УП для ведения процесса, в том числе и в автоматическом режиме с использованием CAD/CAM-систем. Поэтому УЧПУ-генераторы фирмы Sodick построены на ПК высокого уровня. Все они имеют 64-разрядную мультипроцессорную систему (двухядерный процессор Intel или Celeron 1GHz + быстродействующие микропроцессоры) с операционной системой Windows 7 (Windows XP Pro). Объем жесткого диска (HDD) составляет не менее 4 Гб, оперативной памяти (RAM) — не менее 520 Мб. Системы имеют SVGA жидкокристаллический цветной дисплей с сенсорной панелью управления. Все элементы УЧПУ связаны с силовыми платами и системами станка оптоволоконными кабелями, что обеспечивает идеальную помехозащищенность.

Встроенные САП (APT) позволяют программировать непосредственно на станке (станок, естественно, при этом работает по другой программе) обработку самых сложных деталей с учетом возможности системы осуществлять одновременное управление по пяти (шести) координатам. В ЧПУ встроена CAD/CAM-система, позволяющая получать программу обработки детали на основе 3D-модели (рис. 9) и ввод программы любыми другими методами. При этом возможна визуализация разработанной программы с выводом картинки на экран дисплея в 3D-формате.

Виртуальные клавиши и кнопки на экране обеспечивают ввод команд управления легкими прикосновениями пальца. Имеющаяся обычная клавиатура выполняет дублирующие функции. Число регистров с режимами в системе равно 1000, их автоматический вызов доступен для всех стадий обработки. Возможности программирования системы резко расширены встроенными 2-сторонними сетевыми функциями (DNC, LAN, Intranet), а также возможностями модификации и диагностики программ через Internet и т. д.

Одновременно с управлением приводами система ЧПУ управляет генератором и всем

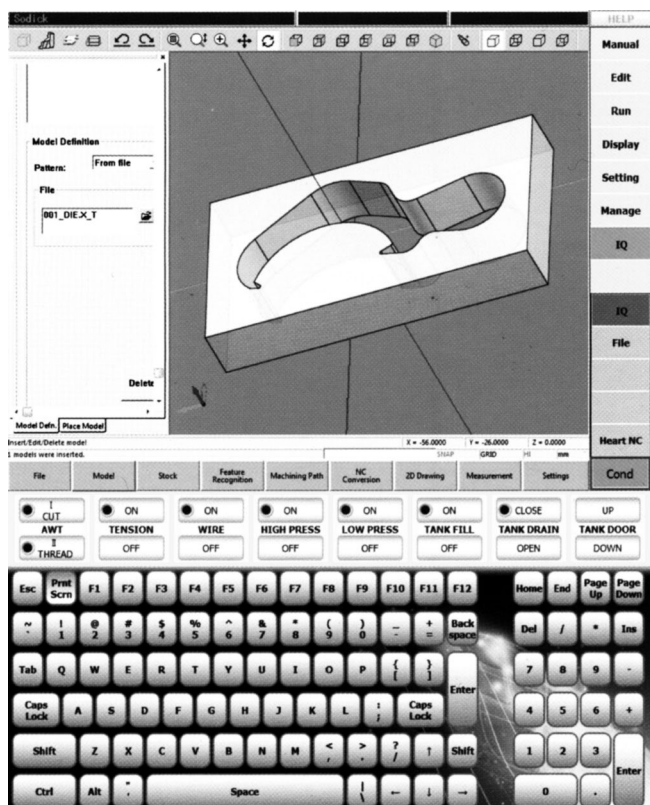


Рис. 9. Пульт оператора УЧПУ к ЭЭ-станкам серии SLC (Sodick, Япония)

сложнейшим ЭЭ-процессом, обеспечивая функционирование ряда специальных систем и программ, автоматический контроль, автоматическое регулирование и оптимизацию всех основных параметров при обработке деталей любой сложности. Отдельные модели ЭЭ-станков Sodick, оснащенных УЧПУ фирмы, обеспечивают точность обработки  $\pm(0,5 \div 1,0)$  мкм при параметре шероховатости обработанной поверхности  $R_a = 0,05$  мкм.

Рассматриваемые устройства поддерживают и исполняют самые различные программы: как специфические электроэрозионные, так и общие, свойственные передовым системам ЧПУ. Так, УЧПУ LN 10 W для ЭЭ-проволочно-вырезного станка одновременно управляют по восьми осям, реализуют наносекундную ( $10^{-9}$ ) систему управления импульсами и полно-биполярную систему подавления электролитической эрозии и коррозии, обеспечивают интеллектуальное угловое управление с оптимизацией скорости, точности и качества резания в углах, включают диалоговую систему автоматизированного программирования обработки с формированием геометрии, заданием технологии, включая автоматический выбор режимов, осуществляют защитные функции.

## Литература

1. Основные направления развития систем программного управления в мире (<http://www.mashcon.ru/article/21>)
2. Характеристики современных зарубежных систем ЧПУ класса Hi-End" (<http://www.mashcon.ru/article/8>)
3. Российские производители современных систем ЧПУ ([http://stanki-katalog.ru/st\\_21.htm](http://stanki-katalog.ru/st_21.htm))
4. Компактная система ЧПУ для станков общепромышленного назначения ([http://www.boschrexroth.ru/country\\_units/europe/russia/downloads/brc\\_ru/MTX.pdf](http://www.boschrexroth.ru/country_units/europe/russia/downloads/brc_ru/MTX.pdf))
5. Mitsubishi Electric Automation Inc. M700V Series CNC ([http://www.meau.com/Files/M700V\\_SERIES\\_\\_BROCHURE](http://www.meau.com/Files/M700V_SERIES__BROCHURE))
6. Серебrenицкий П. П. Современные электроэрозионные технологии и оборудование. СПб.: Лань, 2013. 352 с.