

Некоторые аспекты развития современных систем ЧПУ

Роман Продан, к.т.н., руководитель отдела (ОАО "Числовая механика")

Точность механической обработки напрямую зависит от значительного числа как внутренних, так и внешних параметров системы СПИД (станок, приспособление, инструмент, деталь), в том числе от характеристик механической части станка (таких, как люфты), температурных колебаний в процессе обработки, вибрации в производственных помещениях и пр.

Наряду с другими характеристиками, весомое влияние на точность исполнения конечного изделия оказывают функциональные возможности систем числового программного управления (СЧПУ). Точность повышается путем применения всевозможных алгоритмов расчета компенсаций для создания так называемой *замкнутой системы контроля точности*. Таким образом, качественно улучшая параметры систем ЧПУ, производители добиваются повышения точности обработки конечного изделия.

В качестве подтверждения высокой степени влияния функциональных возможностей СЧПУ на точность обработки, рассмотрим некоторые примеры.

Температурная компенсация от Okuma

Концерн *Okuma*, крупнейший мировой производитель металлорежущего оборудования, занимает 4-е место в мире по продажам станков. На сегодняшний день *Okuma* является передовым разработчиком полностью проприетарного оборудования и использует в своих продуктах собственные разработки, добиваясь успеха за счет совмещения их на низком (то есть программно-аппаратном) уровне.

Компания высоко оценивает важность развития устройств ЧПУ. Одной из новейших, не имеющих аналогов разработок, является технология концептуальной температурной компенсации (КТК).

Разработанная компанией *Okuma* технология температурной компенсации учитывает тепловую деформацию деталей станка посредством сбора показаний температурных датчиков, что позволяет повысить точность работы станка и повторяемость изготавливаемых деталей за счет пересчета траектории инструмента с учетом рассчитанных изменений линейных размеров температурно нагруженных частей станка.

Диаграммы на [рис.1](#) наглядно демонстрируют преимущества использования устройства ЧПУ с технологией КТК. Для выявления величин показателя точности обработки был поставлен эксперимент, учитывающий различные режимы обработки детали: на первом этапе резка проводится при постоянной нагрузке на шпиндель, затем обработка

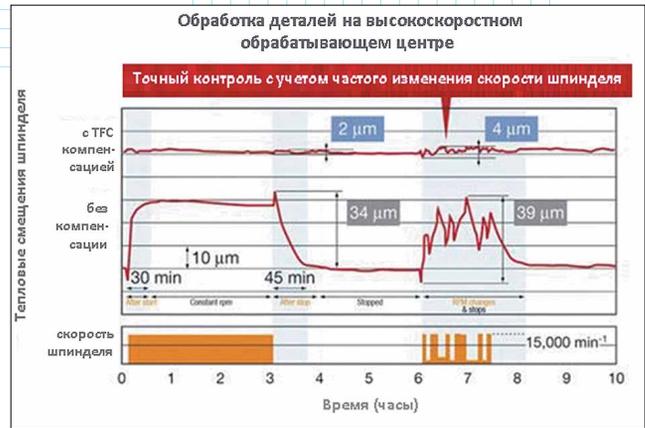


Рис.1. Сравнение колебаний теплового смещения шпинделя для оборудования, использующего разработки компании Okuma, и станка без системы температурной компенсации

приостанавливается, а далее ведется с переменной нагрузкой на шпиндель.

Как видно из графика, в течение первых 30-ти минут эксперимента происходит быстрый разогрев шпинделя, что приводит к ухудшению заявленной точности до 30 мкм. Использование технологии температурной компенсации позволяет улучшить этот показатель примерно в 15 раз – до ~2 мкм.

Новые технологии HEIDENHAIN

Разработки компании *HEIDENHAIN GmbH*, ведущего мирового производителя, в сфере точности измерения и контроля оборудования, направлены на повышение конкурентоспособности её продуктов.

Рассмотрим функцию автоматического, адаптивного управления скоростью подачи при обработке контуров в зависимости от энергопотребления шпинделя и других параметров. Технология адаптивного управления является функциональной единицей устройства ЧПУ и действует независимо от управляющей программы, созданной технологом-программистом. В ходе обработки детали УЧПУ обеспечивает контроль и компенсирует перегрузки в режиме реального времени, что повышает точность обработки.

Еще одна новейшая разработка компании – технология повышения динамической эффективности обработки. С помощью математических алгоритмов адаптации, реализованных в программном обеспечении устройства ЧПУ, осуществляется компенсация динамических отклонений рабочих органов

станка, что, в свою очередь, позволяет изготавливать детали с более высокой точностью контуров и более качественной поверхностью, причем с более высокой скоростью обработки (рис. 2). Даже при высокой скорости подачи и резком ускорении предложенная опция компенсирует возникающие отклонения, что дает оператору возможность использовать весь потенциал станка. В ходе испытаний было выявлено, что улучшение показателей точности возможно даже при двукратном превышении обычных значений рывка – это позволяет сократить цикл фрезерования на величину вплоть до 15%. Новая функция компенсирует отклонения, уменьшает вибрации и регулирует параметры станка в зависимости от текущей позиции, инерционных характеристик его механики и от скорости. При этом не происходит никакого вмешательства в механику станка и управляющую программу.

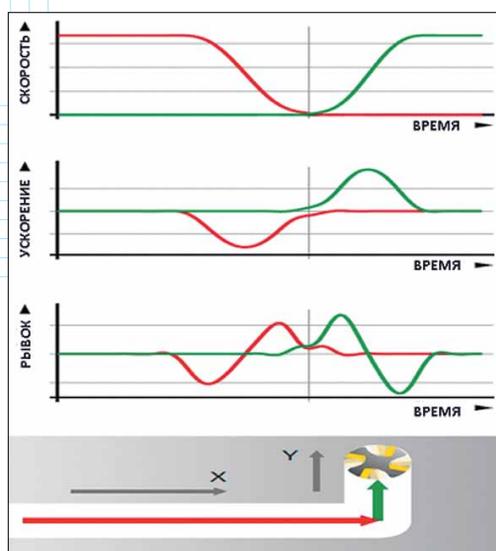


Рис 2. Пример использования технологии компенсации динамических отклонений рабочих органов станка

Системы адаптивного управления от OMATIVE

Частная компания *OMATIVE Systems* является мировым лидером в разработке производственных технологий. Системы адаптивного управления, мониторинга и оптимизации процессов металлообработки, созданные специалистами *OMATIVE* на основе новейших, защищенных патентами технологий, завоевали широкое признание в мировой промышленности. Продукцию этой компании используют в своём оборудовании такие крупнейшие производители, как *Siemens, FANUC, DMG MORI, Okuma, Komatsu, Fidia* и др.

Упомянутая разработка компании *OMATIVE Systems* позволяет контролировать фактические условия обработки в режиме реального времени. Система автоматически регулирует скорость, вычисляя в режиме реального времени оптимальные значения подачи для каждого конкретного сочетания режущего инструмента и материала заготовки. Рабочие подачи регулируются независимо от управляющей программы.

Система адаптивного контроля значительно сокращает продолжительность обработки, предотвращает поломку инструмента и уменьшает износ деталей станка, что сводит к минимуму производственные сбои. Проведенные тесты показали, что использование этой системы позволяет уменьшить время обработки на величину вплоть до 40% при сохранении точности получаемых деталей.

Технология контроля вибрации, разработанная компанией *OMATIVE Systems*, в режиме реального

времени отслеживает вибрации станка, сравнивает актуальную (то есть получаемую при осуществлении процесса резания) характеристику вибраций с номинальной, определяет разницу состояний и компенсирует её. Система различает вибрации от разного типа инструмента и учитывает воздействие колебаний для каждого конкретного случая.

Российская СЧПУ “Ресурс 30”

Что касается российских разработчиков систем числового программного управления, то и они не стоят на месте. Потенциальная емкость рынка систем ЧПУ до 2020 года составляет порядка 13 тыс. единиц в составе нового оборудования, закупаемого по программе импорто-

замещения; из них на долю оснащения механообрабатывающего оборудования приходится порядка 6 тыс. единиц. При этом доля высокотехнологичных многокоординатных обрабатывающих центров не превышает 6%. Это означает, что в ближайшие годы наиболее привлекательными технологическими группами оборудования будут простые токарные и фрезерные станки.

На данном этапе российские компании работают над расширением функций, призванных обеспечить соответствие их продукции зарубежным аналогам. Опираясь на опыт в применении описанных функций и систем, разработчики программного обеспечения устройств ЧПУ “Ресурс” воплощают в нём необходимые математические алгоритмы вычислений, ставя своей целью достичь функциональности на уровне современных систем ЧПУ.

СЧПУ “Ресурс 30” – первая модель линейки систем, разрабатываемых российской компанией “Числовая механика”. Система предназначена для управления исполнительными органами металлообрабатывающих станков различных технологических групп – токарных, фрезерных, шлифовальных, абразивных и других. Кроме того, СЧПУ этого семейства можно применять для управления промышленными роботами и другими автоматизированными системами.

Все схемотехнические и механические решения, а также центральные процессоры блока управления в СЧПУ “Ресурс 30” являются полностью отечественными разработками. В основе контроллера управления движением и логикой многопроцессорной СЧПУ “Ресурс” лежит новейший российский двухъядерный процессор “Байкал-Т1” с архитектурой *MIPS*, созданный в компании “Байкал Электроникс”, который полностью соответствует современным требованиям к производительности



Рис. 3. КУДЛ (контроллер управления движением и логикой)

процессоров для промышленных систем управления.

Благодаря модульному исполнению, СЧПУ “Ресурс 30” может использоваться как с собственным

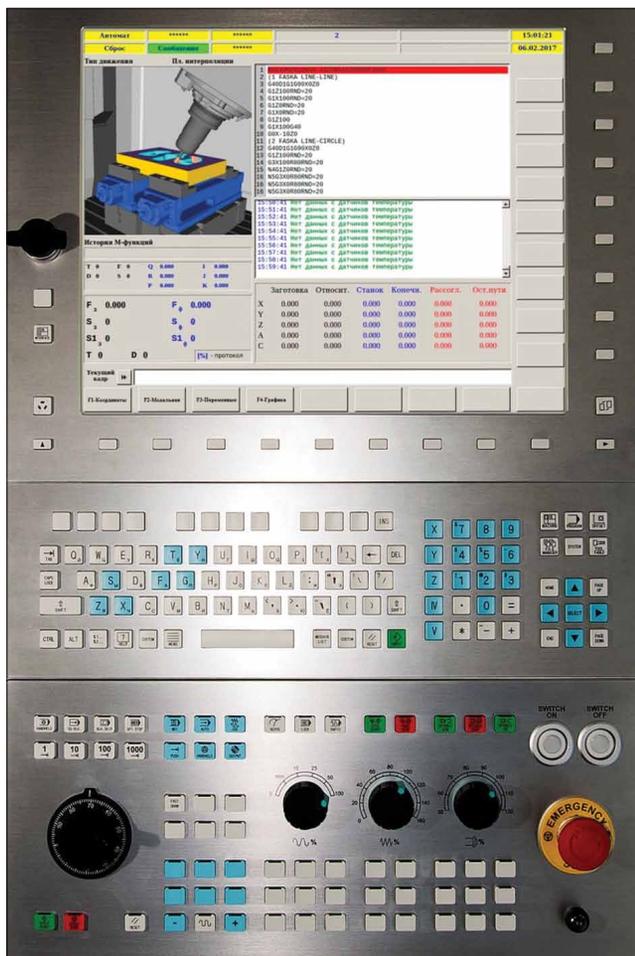


Рис. 4. Система с собственным пультом и промышленным компьютером

пультом и промышленным компьютером на базе процессора Intel, так и со сторонними панелями управления станком (рис. 4).

Возможности СЧПУ “Ресурс 30” позволяют с высокой скоростью выполнять сложные программы обработки на многокоординатных станках. Для обеспечения стабильного высокого качества изготовления деталей служит ряд функций, вносящих коррекцию на инструмент и его износ, а также компенсирующих погрешности механики и кинематики станка. СЧПУ позволяет использовать замкнутую систему контроля положения инструмента (рис. 5).

Программирование обработки можно осуществлять с использованием как обычного кода ISO, так и высокоуровневого языка программирования стандартных циклов. Помимо стандартных G-кодов (таких, как G01 и G02) предусмотрены специальные циклы, такие как G81 или G74. Если оператору необходимо получить больше технологических возможностей, то допускается сочетать стандартные коды ISO с высокоуровневыми командами СЧПУ “Ресурс 30”.

Уникальной особенностью СЧПУ является модульная конструкция. Заказчики с самым различным оборудованием и потребностями могут выбрать наиболее подходящий для них вариант решения: 6, 12 или 18 отсеков для интерфейсных модулей.

Модуль управления и все интерфейсные модули СЧПУ “Ресурс 30” работают на основе унифицированных процессорных плат с двухъядерными процессорами “Байкал Т1” – это обеспечивает простоту обслуживания, ремонта и модернизации системы (рис. 6).

Модульный корпус обеспечивает масштабируемость и различные способы монтажа. Система работает с блоком питания мощностью 300 W

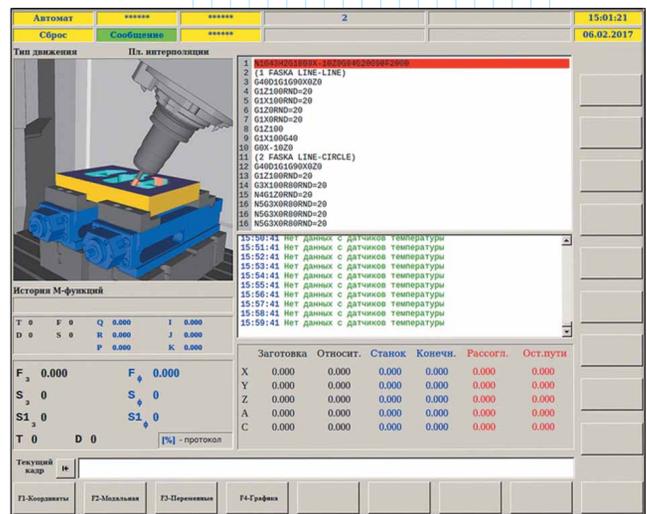


Рис. 5. Визуализация замкнутой системы контроля положения инструмента

или 400 W с эффективностью 85%. Модульные системы “Ресурс 30” легко подключаются к станку, удобны для оператора и просты в освоении. Мониторинг работы станка можно осуществлять дистанционно по локальной сети (протокол TCP/IP).

“Числовая механика” станет одним из первых российских разработчиков ЧПУ, который реализует полную поддержку цифрового последовательного интерфейса EnDat 2.2.

EnDat от **HEIDENHAIN** является цифровым двунаправленным интерфейсом для датчиков. С его помощью могут передаваться значения положения как от инкрементных, так и от абсолютных датчиков, может обновляться информация, хранящаяся в датчике, и т.д. В мае 2017 года стартовали совместные работы с компаний **HEIDENHAIN** по имплементации **EnDat** в российскую систему ЧПУ. Цифровой интерфейс **EnDat 2.2** будет использоваться для работы с широкой номенклатурой устройств: круговых датчиков серводвигателей,

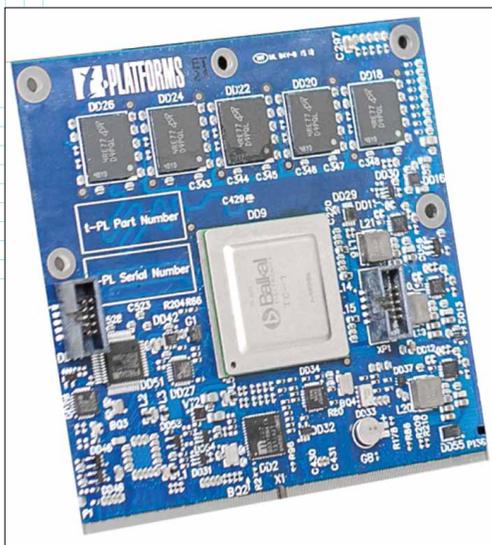


Рис. 6. Унифицированная процессорная плата

датчиков линейных перемещений, установленных на оборудовании, требующем повышенной точности изготовления деталей, и пр. Это даст возможность заказчикам минимизировать изменения в процессах производства, а также предельно упростить процедуру переоснащения.

Этап опытно-промышленной эксплуатации решения компании “Числовая механика” запланирован на начало осени 2017 года. Надо отметить, что заинтересованность со стороны российских предприятий весьма велика. На выставке “Металлообработка-2017” система ЧПУ “Ресурс” была представлена в составе оборудования компании “Стан”. Уже достигнуты договоренности с

“Уфимским моторостроительным производственным объединением” по реализации совместного проекта по установке СЧПУ для 5-осевой обработки лопаток турбин. Кроме того, ведутся переговоры с компанией “Аврора” и “Липецким станкостроительным заводом”. 

◆ Выставки ◆ Конференции ◆ Семинары ◆



Machinery Central Asia

10-я Центральноазиатская
Международная выставка
**МЕТАЛЛУРГИЯ.
МАШИНОСТРОЕНИЕ.
СТАНКОСТРОЕНИЕ**

15-17 Ноября 2017

Узэкспоцентр,
Ташкент, Узбекистан

Главное место встречи
производителей и поставщиков
промышленного
и металлообрабатывающего
оборудования
с профессионалами
тяжелой индустрии
Узбекистана!

www.mca.uz

