

# Как я провел ~~этим летом~~ этой осенью

Для области, в которой работаем я и мои коллеги, лето можно называть сезоном относительно тихим, а в некоторые годы и "мертвым". На подавляющем большинстве предприятий машиностроительной, авиационной и других отраслей многие уходят в отпуск, иногда целыми подразделениями. Этим и объясняется столь спокойное течение работы в это время года. Вот почему узнавать о том, "как я провел этим летом", нашим читателям, думаю, будет не слишком интересно — ввиду всеобщего затишья. Все начинается осенью...

Осень. Люди выходят из отпусков отдохнувшие, полные сил, планов! И это соответственно отражается на всех аспектах, связанных с работой. Включая работу со смежными, сторонними организациями. Такими, какой является для многих предприятий и наша компания.

Сентябрь, как всем известно, месяц сбора урожая. Добавляется работы агропромышленному комплексу. Выращенное непосильным трудом усиленно собирают дачники. Довольно обильный урожай выдался и у нас — вот о нем ваш покорный слуга и хотел бы рассказать. Сентябрь, конечно, — лишь треть осени, но как же много иной раз делается именно в этот месяц!

## ОАО "Универсальное Бурение" (Самара, Ижевск)

ОАО "Универсальное Бурение" (Uni-Drill™) (сайт компании — [www.unidrill.ru](http://www.unidrill.ru)) — российская компания по производству буровых долот с фиксированной режущей структурой, предназначенных для вертикального, наклонно-направленного и горизонтального бурения.

В начале сентября для ОАО "Универсальное Бурение" специалисты отдела производственного инжиниринга группы компаний CSoft провели работы по внедрению постпроцессоров для токарных станков Yama Seiki GS-460L (660L) и фрезерного станка Kuraki KBM-11X. Работа выполнялась на производственной площадке компании в Ижевске.

Все станки оснащены системой управления Fanuc (0-я серия для токарных станков, 16-я для фрезерного). Внедрение

постпроцессоров было начато с токарных станков. В процессе работы были учтены особенности конкретных станков, некоторые пожелания заказчика в части оформления управляющей программы, и все это отражено в постпроцессоре. С целью проверки как станка, так и постпроцессора было решено изготовить реальную деталь из числа выпускаемых предприятием: нип-

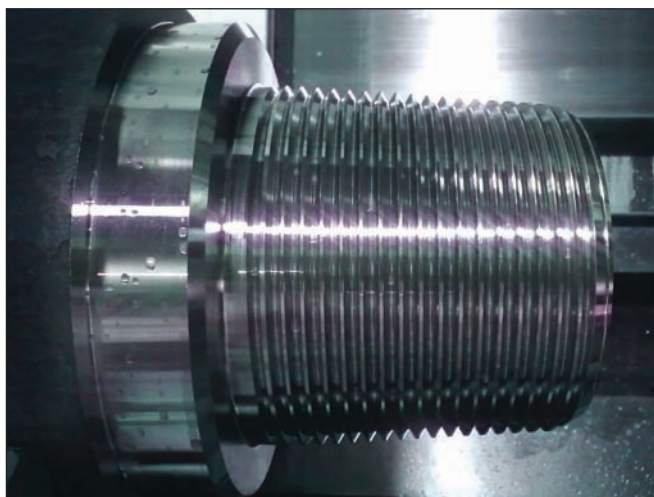


Рис. 1

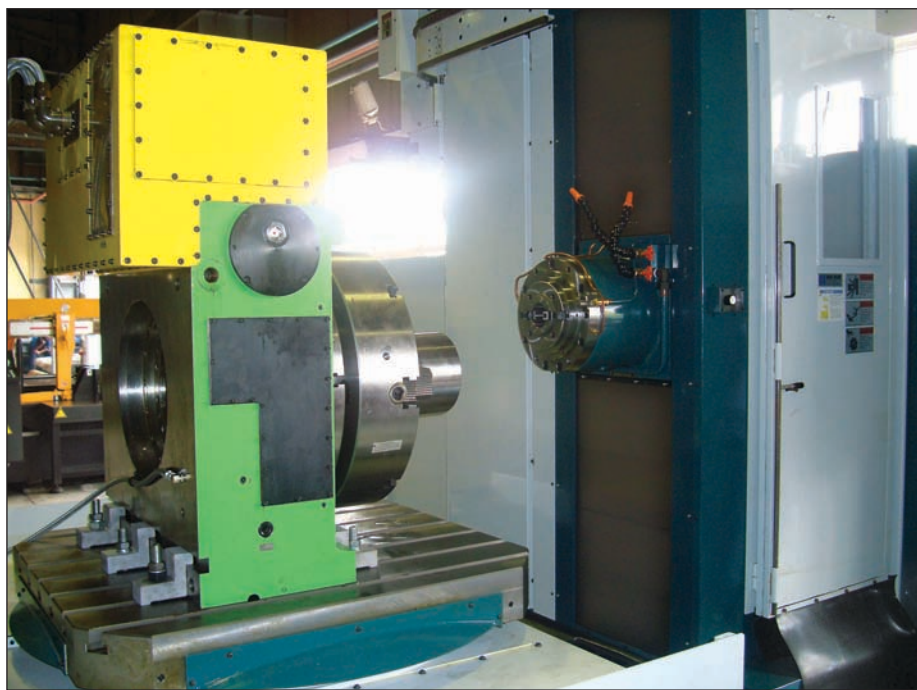


Рис. 2

пель для бура. При изготовлении этой детали особые требования предъявляются к внешней конической резьбовой поверхности с довольно большим шагом (около 6 мм). В результате проведенной обработки получена годная деталь. Впоследствии было выпущено еще несколько ниппелей. Изделие представлено на рис. 1.

Гораздо более сложной оказалась разработка постпроцессора под фрезерный многоосевой станок Kuraki KBM-11X (рис. 2). Изначально этот станок является 4-осевым горизонтально-фрезерным, но при установке на поворотный стол дополнительного приспособления с поворотным столом он становится полноцен-

*Хотелось бы отметить, что ввиду долгого согласования публикаций с правообладателем бренда ПО, под который мы разрабатываем постпроцессоры, в рамках данной статьи название этого ПО нигде не прозвучит. Но если читатель обратится к более ранним моим публикациям, он легко сможет уточнить, о какой именно CAD-CAM-CAE-системе идет речь.*



Рис. 3

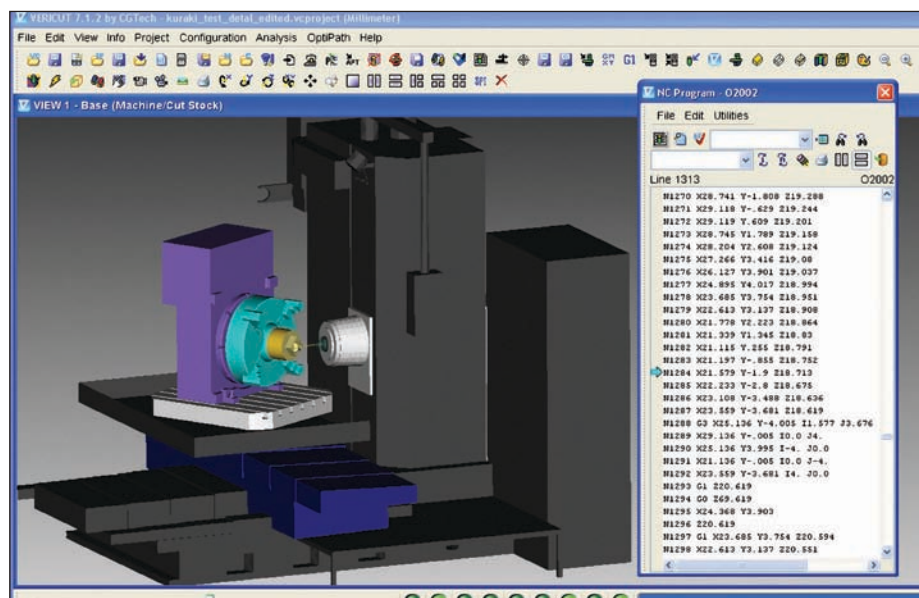


Рис. 4

но многоосевым. Стоит отметить, правда, что этот станок не позволяет выполнять непрерывную 5-осевую обработку, а только фиксированную.

Кроме того, в станке не предусмотрено никаких специальных команд для легкого и удобного программирования при фиксированной 5-осевой обработке. Поэтому специалистами ГК CSoft была разработана специальная подпрограмма для пересчета смещения программного нуля при поворотах 4-й и 5-й осей. Она позволяет выполнять привязку программного нуля в любом удобном месте на заготовке (приспособлении), а не в фиксированной точке станка (пересечение 4-й и 5-й осей). Благодаря отсутствию необходимости точно выставлять заготовку относительно определенной точки станка это существенно снижает затраты подготовительного времени. Подобного рода ситуация далеко не единична: совсем недавно на страницах нашего журнала я подробно рассказывал о принципах, заложенных в работу таких подпрограмм пересчета для станков HAAS<sup>1</sup>.

Также отличительной особенностью этого оборудования является дополнительная ось — W. Кинематически это пиноль, в которой находится шпиндель. То есть, помимо движения по Z, в этом же направлении может выдвигаться пиноль W. Чаще всего это используется для искусственного увеличения общего вылета инструмента (см. видео обработки). И фактически станок является 6-осевым! Соответственно в постпроцессоре была заложена возможность работы с осью W. В принципе, возможна работа пинолью таким образом, чтобы вместо

рабочих движений по Z (например, в цикле сверления) станок мог выполнять движения по W, но совместно со специалистами предприятия было принято решение пока отказаться от такого режима и использовать выдвигание пиноли только для разового (статического) выдвигания инструмента. А саму обработку производить осью Z. На станке была произведена обработка стальной тестовой детали, в которой имеются наклонные поверхности, требующие использования 4-й и 5-й осей станка. Также были отработаны стандартные осевые циклы (сверление, глубокое сверление и т.п.). Часть обработки можно увидеть на видео, где отражена и сама обработка с поворотами столов, и использование оси W ([www.youtube.com/watch?v=2VnBd2UM2-c](http://www.youtube.com/watch?v=2VnBd2UM2-c)).

Результат обработки представлен на рис. 3. В процессе отладки постпроцессора и изготовления тестовых деталей обнаружили некоторые особенности оборудования, которые повлияли как на постпроцессор, так и на подходы к технологии изготовления деталей в целом. Рассматривать эти особенности мы здесь не будем, но если кому-то интересна более подробная информация, пишите мне на рабочую почту — буду рад помочь...

Специалисты ОАО "Универсальное Бурение" с недавних пор имеют в своем арсенале такой немаловажный инструмент для работы с многоосевыми станками, как ПО VERICUT. Напомним: VERICUT — это программный комплекс для визуализации процесса обработки деталей на стан-

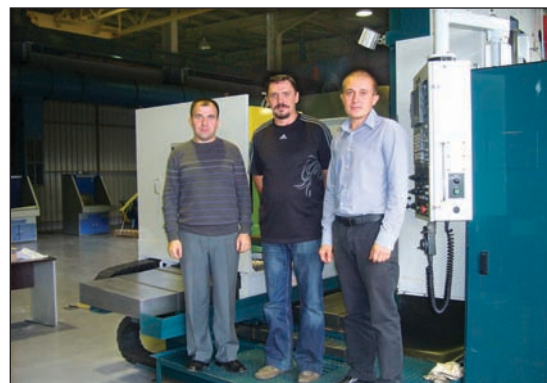


Рис. 5. Слева направо: Сергей Толоконников, Николай Батарев, Александр Симендеев

ках с ЧПУ, проверки и оптимизации управляющих программ в G- и APT-форматах. Основная задача данного ПО — выявить возможные столкновения рабочих органов станка до начала реального процесса обработки.

Естественно, для данного станка также предусматривалась работа по контролю УП в системе VERICUT. Модель базового станка (4-осевого) уже имелась в стандартной поставке ПО, так что понадобилось лишь смоделировать и добавить дополнительное приспособление поворотной, 5-й оси. Что и было сделано силами инженеров предприятия. Также потребовались небольшие изменения в настройке файл-контроля станка (аналог ЧПУ станка), обеспечившие корректную работу инструмента в пиноли W. Модель станка Kuraki KBM-11X вы можете видеть на рис. 4.

О результатах проведенной работы рассказывают ведущие инженеры-программисты Александр Симендеев и Сергей Толоконников (рис. 5):

<sup>1</sup>Н. Батарев. Некоторые постпроцессорные премудрости. — CADmaster №2/2011, с. 28-34.



"Выбор компании CSoft как разработчика постпроцессоров был не случайным: эта компания успешно внедрила на нашем предприятии программный комплекс VERICUT. Теперь требовалось разработать постпроцессоры для новых станков токарной и фрезерной группы.

На начальном этапе для разработки постпроцессоров были составлены и переданы в CSoft технические задания, а также технические описания станков, что позволило Николаю Батареву приступить к работе еще до выезда на производство в Ижевск. Во время подготовительных работ для записи управляющих программ на станки с нашей стороны был реализован беспроводной интерфейс передачи данных посредством модулей Wi-Fi.

Со станками токарной группы особых сложностей не возникло, если не считать особенностей перемещений на холостом ходу одновременно по двум координатам. Это было успешно решено изменением некоторых параметров в системе ЧПУ.

Отдельного внимания заслуживает оригинальная реализация постпроцессоров — в частности, решение для фрезерного станка Kuraki KBM-11X.

При отработке постпроцессора и УП на станке Kuraki возникли некоторые проблемы, связанные с особенностью системы ЧПУ и станка в целом.

До недавнего времени нам не приходилось сталкиваться с 6-осевыми станками, каким после установки дополнительного поворотного стола оказался станок Kuraki, а также со шпинделем, который способен выдвигаться на определенное расстояние. Совместными трудами постпроцессор был доведен до ума, отработана тестовая деталь и в настоящее время на станке изготавливаются рабочие детали.

Благодаря усилиям специалистов CSoft и, в частности, Николая Батарева, станки запущены в производство в весьма короткие сроки, что немаловажно в условиях рыночной экономики. Желаем компании CSoft дальнейших успехов!"

### Одно из авиационных предприятий (Новосибирск)

После того как была закончена работа в городе, славящемся производством оружия вообще и автоматов Калашникова в частности, судьба повела дальше на восток, в Новосибирск. В этом городе есть одно замечательное предприятие авиационной направленности, с которым нас связывают давние партнерские отношения. К сожалению, в силу понятных причин мы не упомянем даже название этого предприятия. А вот работа, которую мы провели здесь на этот раз, секретом не является.

Предстояло разработать постпроцессор для 5-осевого станка японского произ-

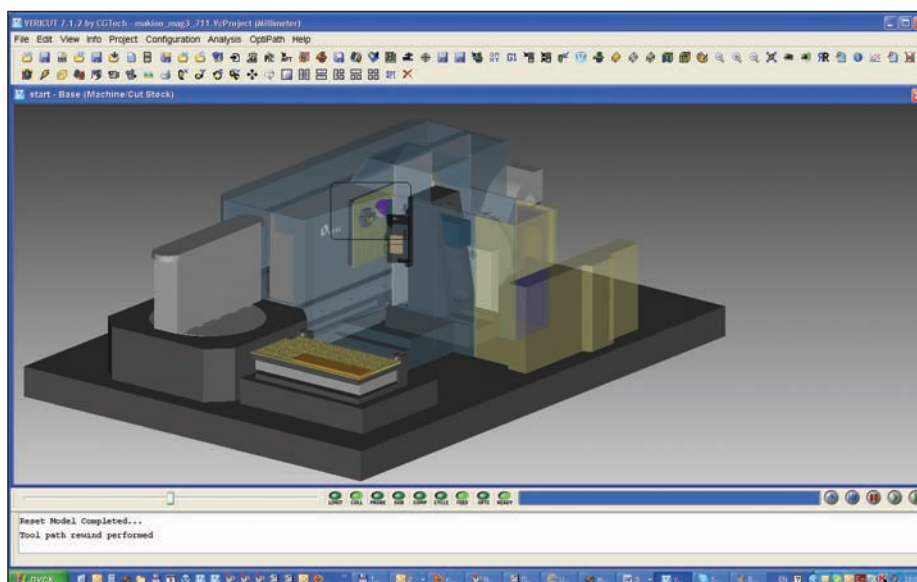


Рис. 6

водства Makino MAG3.H, система ЧПУ станка — Fanuc-31m. Основная отличительная особенность данного оборудования — его несколько нестандартная кинематическая схема. Точнее, в плане программирования схема стандартна: 4-я и 5-я оси выполнены на шпинделе (так называемая схема "голова-голова"). Но в отличие от многих других подобных станков (Handtmann, Jobs, TriMill), расположение шпинделя — горизонтально, а рабочего стола, соответственно, вертикально (рис. 6 и 7).

Кроме того, станок имеет довольно любопытную систему смены паллет (столов) (рис. 6), но на программирование эта особенность никак не влияет.

В отличие от оборудования, о котором мы говорили ранее, этот станок является полноценно 5-осевым, то есть он может выполнять непрерывную многоосевую обработку, которая для данного предприятия является основной. И, продолжая сравнение, в системе ЧПУ этого оборудования заложен весь функционал, позволяющий легко программировать в пяти осях. Речь идет о команде G68.2: динамический перенос и поворот системы координат детали в зависимости от углов поворота (о чем мы немного поговорили выше). И о команде G43.4 — контроль кончика инструмента: этот функционал жизненно необходим при реализации непрерывной 5-осевой обработки. Требуется только правильно использовать данный функционал для программирования. Все это и было проделано в постпроцессоре.

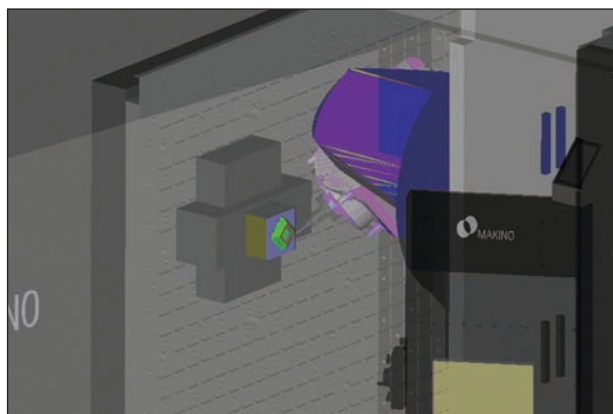


Рис. 7

Как и в предыдущем случае, на станке была выполнена обработка тестовой детали — с целью проконтролировать правильность УП, формируемой постпроцессором. В процессе обработки поверхности сложной геометрии, требующей многоосевой непрерывной траектории, была получена поверхность не вполне удовлетворительного качества. При консультациях со специалистом завода-изготовителя выяснилось, что в стойке ЧПУ предусмотрены команды, которые влияют на динамику станка (торможение-разгон) и могут влиять на качество поверхностей. Последовали дополнительные тесты на разных режимах. Оптимальный режим принят в качестве режима по умолчанию, что и было учтено в постпроцессоре. Кроме того, сразу после проведения тестов была изготовлена реальная деталь, годная к применению. Предприятие, о котором идет речь, также является давним пользователем программы VERICUT. Поэтому, помимо разработки постпроцессора, были проведены работы по конфигурированию и настройке файл-контроля для станка. Сам станок (его модель) также имеется в



Рис. 8



Рис. 9

стандартной поставке ПО VERICUT – в разделе Samples (Примеры). Иллюстрации, приведенные в этом разделе статьи, сделаны с рабочего поля VERICUT.

### ООО "РусТурбоМаш" (Пермь)

В конце месяца снова пришлось вернуться на Урал, в Пермь. В этом городе я бывал уже не единожды, на нескольких предприятиях, но теперь, к моему удовольствию, довелось познакомиться с новым для нас предприятием ООО "РусТурбоМаш".

ООО "РусТурбоМаш" – это современное производство по выпуску газоперекачивающих компрессоров номинальной мощностью от 6,3 до 32 МВт для заказчиков в нефтяной и газовой отраслях. Дополнительно к производству компрессоров также планируется пкиджирование компрессорных установок для нефтеперерабатывающих и химических предприятий, металлургии и других областей<sup>2</sup>.

История предприятия начиналась буквально у нас на глазах: в эти дни завод готовился к запуску производства. 30 сентября на заводе ООО "РусТурбоМаш" состоялась церемония запуска станка для производства деталей для газоперекачивающих компрессоров. В ней приняли участие губернатор Пермского края Олег Чиркунов, начальник департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО "Газпром" Олег Аксютин, председатель совета директоров ЗАО "Искра-Авигаз" Богдан Будзуляк, а также президент "Сименс" в России и Центральной Азии, вице-президент "Сименс АГ" Дитрих Мёллер. Почетные гости осмотрели производство, а также запустили станок для производства "первой детали" (рис. 8 и 9).

Предшествовали этому событию разработка и внедрение постпроцессоров для станков DMU 100T2 (5-осевой фрезерный станок, система ЧПУ Siemens 840D) и CTX 1250 Beta (токарно-фрезерный станок, система ЧПУ Siemens 840D).

Как и в Ижевске, сначала был разработан постпроцессор для токарно-фрезерного станка и было изготовлено одно из изделий предприятия ООО "РусТурбоМаш".

Более сложным в плане программирования является 5-осевой фрезерный станок DMU 100T2. Разработанный постпроцессор позволяет реализовать различные стратегии фрезерной обработки как с фиксированной осью инструмента, так и при непрерывной 5-осевой обработке, поскольку система ЧПУ Siemens 840D традиционно имеет не только достаточный, но и довольно гибкий и удобный функционал для программирования в пяти осях.

Отличительная особенность разработанного постпроцессора – возможность контроля лимитов линейных перемещений в зависимости от диапазона угловых перемещений поворотного шпинделя. То есть в станке существуют команды, которые переключают возможные диапазоны используемых наклонов головы В. В зависимости от этих диапазонов меняется и полезная рабочая зона обработки станка. Все это было разработано исходя из конструктивных особенностей станка. Данный функционал и управление им были заложены в постпроцессор.

Как и во всех предыдущих случаях, на этом станке также была выполнена обработка нашей тестовой детали. Более того, при запуске станка высокие гости также наблюдали часть процесса обработки данной детали, поскольку те операции, что были подготовлены, наиболее показательно отражают возможности станка. Станок во время выполнения обработки показан на рис. 10. Видео этой обработки выложено здесь: [www.youtube.com/watch?v=pYxkRSi83mQ](http://www.youtube.com/watch?v=pYxkRSi83mQ).

О результатах работы рассказывает инженер-технолог по станкам с ЧПУ Виталий Туктамышев:

*"Исходя из нашего предыдущего опыта, мы готовились к долгому процессу разра-*



Рис. 10

*ботки технического задания на постпроцессор, его отладки и доводки. Но, к нашему удивлению, весь этот процесс занял чуть меньше недели.*

*Порадовал уровень понимания технических проблем механообработки, продемонстрированный специалистами компании CSoft. По их инициативе в постпроцессорах было учтено несколько моментов, которые мы не предвидели при первоначальной проработке. В дальнейшем это помогло избежать многих проблем.*

*Мы планируем продолжить наше сотрудничество, распространив его на область верификации управляющих программ, дополнительных модулей для контактных измерительных систем и многокоординатной обработки сложных пространственных поверхностей".*

Кроме того, мы наметили направления дальнейшего сотрудничества по использованию 3D-коррекции, а также совершенствованию технологического процесса обработки импеллеров.

Вот таким ярким выдался у нас сентябрь! И, думаю, это еще далеко не всё – впереди изрядная часть осени. Остается пожелать, чтобы у нас, наших коллег и партнеров столь же насыщенными были все времена года!

Также хотелось бы выразить самую искреннюю благодарность всем специалистам компаний-партнеров за совместную работу. Спасибо вам и до новых встреч!

**Николай Батареv**  
ЗАО "CuCoфm"

Тел.: (495) 913-2222

E-mail: [batarev@csoft.ru](mailto:batarev@csoft.ru)

<sup>2</sup>[www.rusturbomash.ru/ru](http://www.rusturbomash.ru/ru)