

От трех до пяти

Многоосевая обработка в картинках

Иво Липсте (ivo@colla.lv)

Надо ли стремиться в “пятерочки”?

Техника и технология неуклонно движутся вперед. Это приводит, в частности, к тому, что форма деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ, непрерывно усложняется, возрастают требования к точности. Практически повсеместно объявлен бой потерям времени в процессе обработки, которые увеличивают длительность технологического цикла выпуска изделия. Можно ли найти панацею, решить все проблемы механической обработки, что называется, одним махом?

В идеале такой панацеей представляется некий универсальный станок, который может с бешеной скоростью и высочайшей точностью изготовить нужную деталь, – желательно так, чтобы осталось только её упаковать, завязать сверху бантик и отправить заказчику. Ближе всего к такому станку нашей мечты приближаются многоосевые станки с возможностью высокоскоростной обработки (ВСО). Под термином “многоосевые” обычно понимают станки, имеющие больше трех осей обработки, – чаще всего речь идет о пяти осях. Наличие нескольких осей позволяет обрабатывать деталь со всех сторон (ну, почти со всех), а ВСО значительно сокращает время обработки. Точность изготовления при этом определяется пределами точностных характеристик самого станка.

Для человека, непосвященного в тонкости многоосевой обработки, описанная картина, вероятно, выглядит весьма привлекательно. А вот у специалистов подобное упрощение, наверное, уже вызвало внутренний протест – они прекрасно понимают, что один суперстанок тут не поможет, да и вообще не всё здесь так легко и просто.

Мне часто приходится бывать на разных предприятиях и общаться со специалистами, повседневно работающими с САМ-системами и станками с ЧПУ. Поскольку на “среднестатистическом” предприятии, связанном с изготовлением оснастки или механообработкой, пока еще очень редко можно увидеть многоосевые станки, то и познания в их применении – в большей степени теоретические (и, нередко, весьма смутные). Однако эта тема неизменно вызывает большой интерес и горячие обсуждения. Опыт участия в таких обсуждениях и подталкивает меня к выводу, что зачастую в многоосевых станках видят решение едва ли не всех насущных проблем, – ту самую панацею.

Я не раз и не два сталкивался с ситуациями, когда всерьез обсуждается покупка многоосевого станка стоимостью в полмиллиона долларов, – хотя, если разбираться детально, задач, где такого рода обработка действительно необходима, на этом предприятии нет, и не предвидится. Это, конечно, круто, когда на 5-осевом

станке изготавливают детали, которым, по сути, и трех осей много, а люди стоят рядом и гордо демонстрируют достижения прогресса. Но не получатся ли такие детали на вес золота? А ведь за те же деньги можно купить, как минимум, два отличных трехосевых станка с поворотным столом, и, я уверен, их общая производительность в данной ситуации будет существенно выше.

Поговорим о критериях

Вопрос о необходимости использования многоосевой обработки сам по себе является достойным подробного анализа. Он имеет множество различных аспектов. Попытки руководствоваться при его решении какими-либо жесткими критериями, скорее всего, приведут к тому, что “за бортом” неизбежно останется что-то важное. Это будет только сбивать с толку тех производителей, которые уже выстрадали необходимость приобретения подобного оборудования и перешли к реальному планированию на предмет того, как этим оборудованием обзавестись. С другой стороны, как я уже сказал, примеров, когда 5-осевые станки приобретаются для решения задач, явно не нуждающихся в такой избыточности, более чем достаточно. Надеюсь, что данная статья поможет производителям более точно оценить все “за” и “против” при выборе оборудования.

Попробуем сначала в общих чертах определить группы изделий, при решении которых без многоосевой обработки обойтись невозможно (точнее говоря, и в этом случае при определенной смекалке и сноровке можно как-то выкрутиться и обойтись трехосевым станком, но это уже, что называется, “работа в штатном режиме”, и размышления на эту тему здесь лучше опустить). Итак, приступим:

- турбины, в которых закрученная форма лопаток частично перекрывает пространство между ними;
- тонкостенные турбинные лопатки;
- выдувные формы;
- формы для литья резиновых изделий;
- детали, обрабатываемые с разных сторон и предъявляющие высокие требования к точности (точность достигается за счет обработки с одной установки), – например, блоки двигателей, корпуса прецизионного оборудования и т.д.

Пожалуй, я перечислил почти все. **Практически все остальные случаи не требуют многоосевой обработки в обязательном порядке!**

Подозреваю, что многие спецы еще раз резко не согласятся с моим утверждением. Спешу их успокоить, – я прекрасно понимаю, что наличие подобных станков на предприятии при условии их

правильного использования дает много ощутимых преимуществ. Станки такого типа, как правило, имеют не только возможность как угодно вращать деталь, но и ряд отменных характеристик, не свойственных общей массе трехосевых станков. К примеру, повышенная точность, увеличенные подачи и т.д.

Моя задача не в том, чтобы критиковать мнение технологов. Я лишь хотел бы призвать к более трезвому подходу при выборе станков с ЧПУ. Кроме того, если уж выбор сделан, не лишним будет помнить, что без соответствующего программного обеспечения, позволяющего быстро создавать сложные УП, любой станок реализует лишь малую часть своих возможностей и используется неэффективно. Грубо говоря, **хард без софта – грудка железа!**

Некоторые тонкости выбора многоосевой САМ-системы

Специалисты, которые уже прошли тернистым путем освоения многоосевой обработки, давно поняли, что выкрутиться подручными средствами при написании УП для таких станков практически невозможно. Следовательно, вопрос о выборе подходящей САМ-системы стоит не менее остро, чем о выборе многоосевого станка.

На мировом рынке доступен целый ряд САМ-систем, обладающих приличным набором возможностей для подготовки многоосевых УП. На первый взгляд все подобные системы выглядят привлекательно и убедительно. Даже с вашими тестовыми задачами все претенденты, вероятнее всего, справятся достойно. Некий момент истины наступает тогда, когда в процессе более подробного обсуждения формируется состав модулей САМ-системы, обеспечивающий набор необходимых возможностей. Как правило, в итоге получается цена, которая сильно смущает своей величиной.

Но и после первой прикидки будущий пользователь должен выяснить для себя ряд вопросов. Включены ли в конфигурацию модули, позволяющие достойно делать также двух- и трехосевую обработку? Есть ли удобные САД-средства для работы с геометрией и моделями? Как обстоят дела с конверторами файлов различных САД-форматов? Какова ситуация с постпроцессорами? Нужно ли платить за годовую поддержку, и если да, то сколько? После уточнения всех этих тонкостей цена зачастую оказывается еще больше.

Нередко приходится сталкиваться с ситуациями, когда при выборе САМ-системы все нюансы не были учтены, и продавец отработал не как знающий профессионал-консультант, а просто спихнул клиенту что мог и как мог. В таких случаях вскоре после завершения обучения наступают времена неприятных открытий. Упомяну наиболее типичные:

- ✓ в приобретенной конфигурации оказался скудный набор конверторов САД-форматов (часть из них может присутствовать в виде “облегченной” версии);

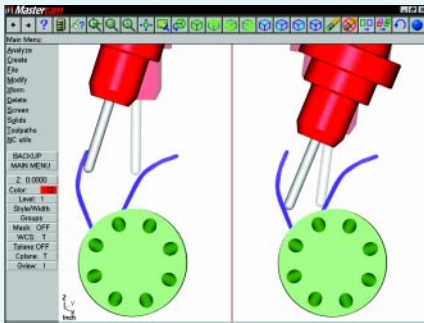
- ✓ отсутствуют какие-то из необходимых постпроцессоров;
- ✓ даже при наличии всех постпроцессоров нет возможности их самостоятельной отладки, нет средств для написания постпроцессоров;
- ✓ отсутствуют серьезные функции САД, необходимые для технологических построений (например, невозможно выделить на 3D-модели зону, для которой нужно изготовить электрод);
- ✓ модуль 5-осевой обработки есть, но отсутствует возможность позиционирования пяти осей;
- ✓ через год неожиданно выясняется, что нужно выложить приличную сумму за продление контракта на поддержку и обновление версий;
- ✓ при отказе от продления контракта на поддержку ничего плохого вроде бы не происходит. Однако если некоторое время спустя вы все же решились на этот шаг (а в силу уже упомянутого непрерывного развития техники и технологии этот момент рано или поздно, но обязательно наступает), то сумма штрафов за пропущенное время плюс расходы на восстановление контракта может иногда превысить половину первоначальной стоимости пакета. Причем эта сумма будет рассчитана исходя из полной стоимости ПО, даже если вам оно было продано по льготной цене, гораздо дешевле.

Предельно ясно, что выбор САМ-системы – дело непростое, особенно для руководителей, отвечающих за этот выбор и за конечный результат. Также ясно, что в случае каких-то проблем в первую очередь спрашивать будут с них. И тут зачастую начинает работать логика перестраховки – лучше сразу возьмем систему “покруче”, наберем модулей заведомо с избытком. Даже если в ближайшее время не всё это нужно, зато гарантированно подойдет. Конечно, если денег много и они не свои “кровные”, такая логика имеет право на существование. Понятно, что говорить об экономической обоснованности таких решений бессмысленно. Примеров того, что производительность одной, пусть даже “очень крутой”, САМ-системы может приближаться к суммарной производительности двух (а то и трех) рабочих мест на базе более простого, но тоже признанного в мире пакета, я еще не видел. А ведь общая стоимость в обоих случаях будет эквивалентна.

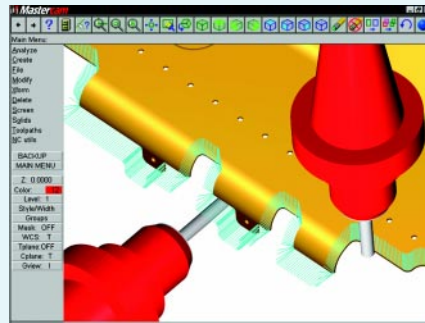
Пять осей “некрутого” *Mastercam*

Для иллюстрации сказанного выше я хотел бы провести некий экскурс в *Mastercam* и рассказать о доступных возможностях 5-осевой обработки. Эта система не относится к классу *High-End*. Тем не менее, она очень хорошо известна и уже пятый год подряд занимает в мировых рейтингах 1-е место среди всех САМ-систем по числу проданных лицензий (причем лидирует с большим, более чем двукратным отрывом). О многих возможностях этой системы я уже рассказывал в предыдущих статьях, поэтому сегодня сосредоточимся именно на особенностях пятиосевой обработки.

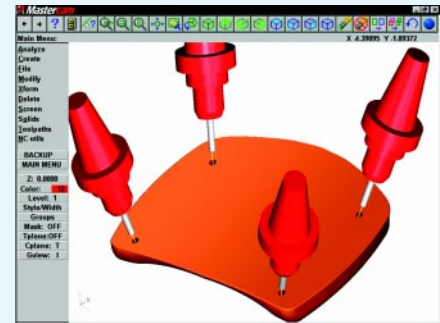
Виды обработки



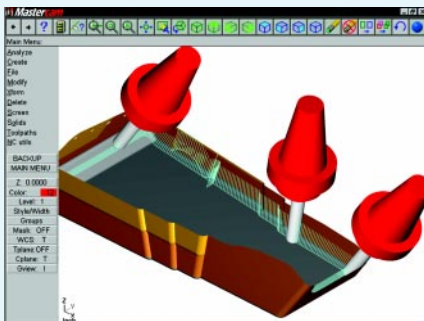
Набор различных методов черновой многоповерхностной обработки гарантирует, что съём материала будет произведен с наименьшими затратами времени



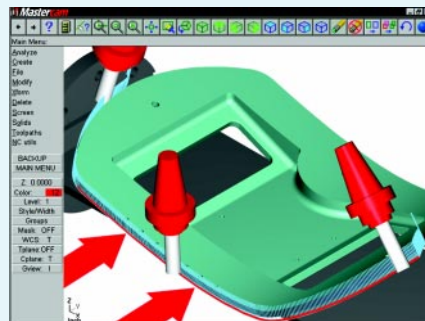
Обработка сложных контуров, для которых необходимо движение инструмента по 5 осям



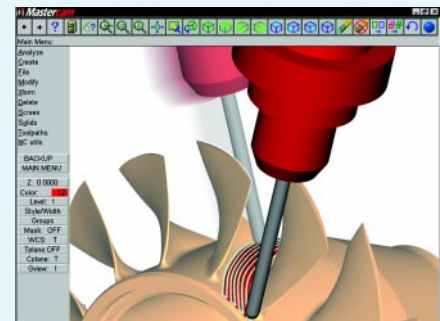
Пятиосевое сверление



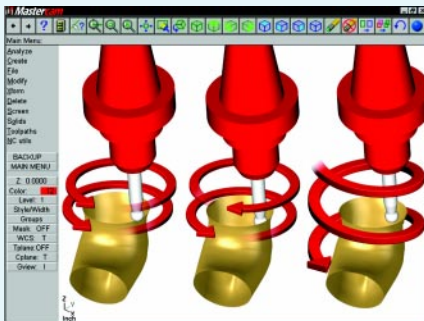
Многоосевая обработка в режиме Swarf боковой стороной инструмента позволяет достигать высокой чистоты поверхностей с переменным углом наклона



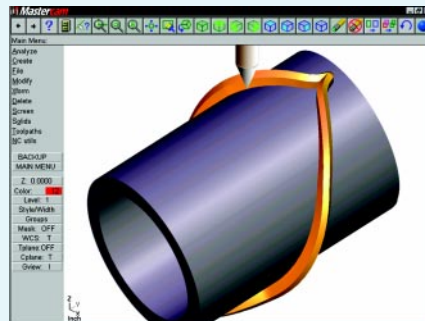
Режим Swarf может быть использован для обработки кромок вдоль нижней границы группы поверхностей



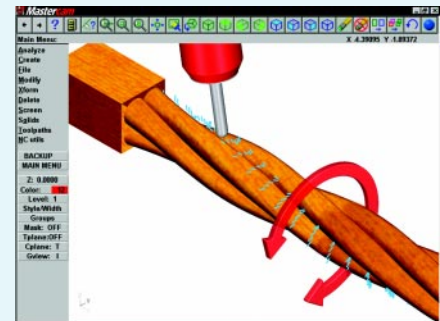
5-осевая обработка вдоль поточных линий обеспечивает естественное движение инструмента в соответствии с формой поверхностей



Mastercam обеспечивает следующие движения инструмента: зигзагом, в одном направлении и по спирали



“4-осевая обработка с одной осью вращения” существенно упрощает подготовку УП для деталей округлой формы



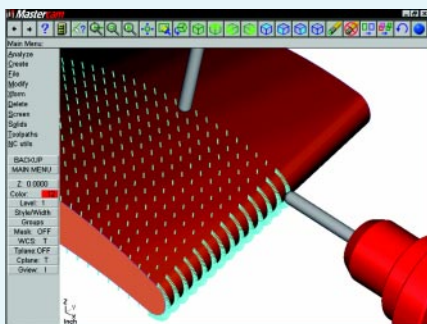
Построчная 4-осевая обработка

Как говорится, лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать. Поэтому вместо обширных описаний я постарался дать как можно больше иллюстраций, сопроводив их короткими пояснениями. Понятно, что разложить всё по полочкам, отразить весь спектр возможностей и охватить все нюансы невозможно, — на это не хватит объема всего журнала. Однако я думаю, что приведенного материала будет вполне достаточно для того, чтобы можно было экстрапо-

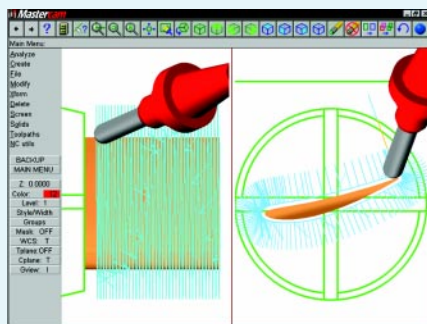
лировать всю эту сумму возможностей на тот пласт задач, которые решаются на вашем предприятии.

Показанные на картинках примеры иллюстрируют наиболее распространенные виды обработки, при которых для рабочего движения инструмента непосредственно задействованы все пять осей. Я умышленно оставил “за кадром” те случаи, когда пять осей используются только при взаимном позиционировании детали и инструмента, а непосредственно в обработке задействованы

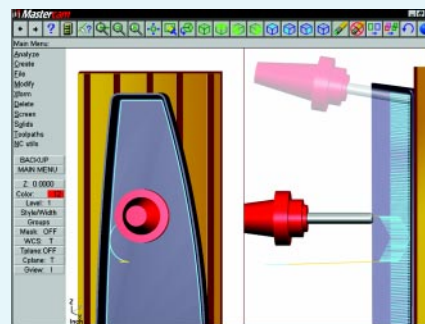
Управление движением инструмента



Для достижения лучшего качества обработки *Mastercam* изменяет шаг обработки в тех местах, где резко меняется кривизна поверхностей

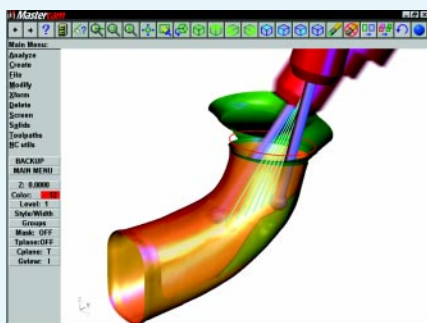


При обработке сложных поверхностей помогает управление наклоном инструмента, благодаря чему может выдерживаться любой заданный угол между осью инструмента и нормалью к обрабатываемой поверхности

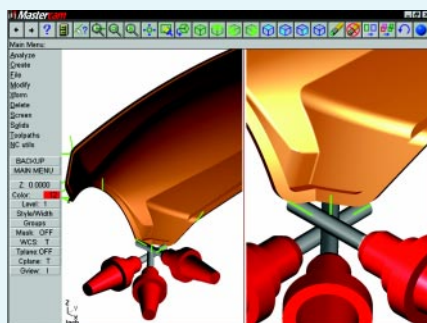


“Продвинутое” управление подходом и отходом инструмента

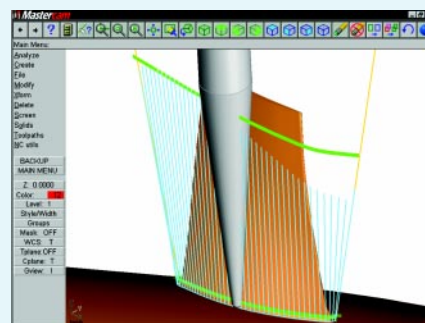
Управление осями



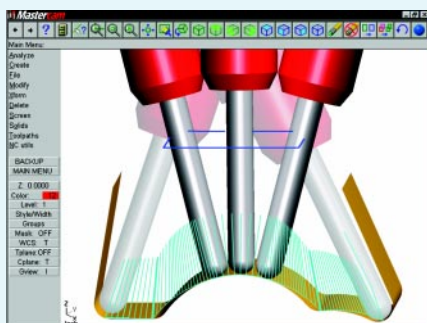
Ось инструмента всегда проходит через заданную точку в пространстве (этот способ особенно удобен при обработке внутренних полостей)



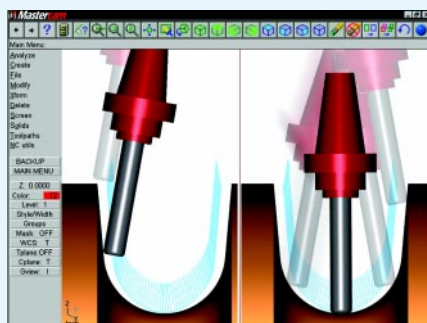
Для программирования специфических положений инструмента достаточно задать оси, определяющие его положения, а переход из одного положения в другое система рассчитывает автоматически



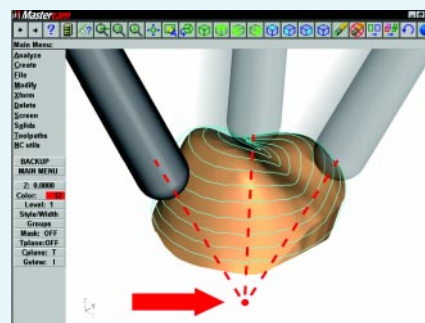
Траектория инструмента может быть задана таким образом, чтобы его ось всегда проходила через верхний и нижний контуры



Задание ограничивающего контура, определяющего окно, через которое будет осуществляться обработка

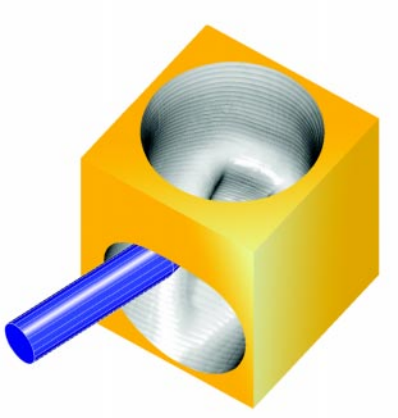


Указание предельно допустимых углов наклона инструмента обеспечит сохранность детали

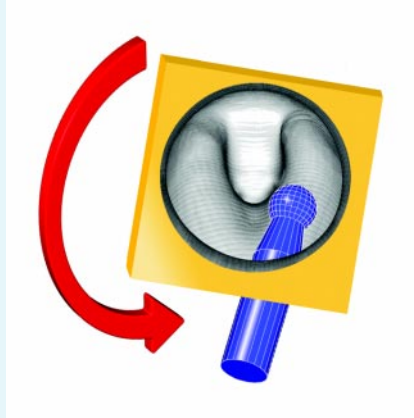


Ввод точки, в которую инструмент должен “прицелиться” при обработке

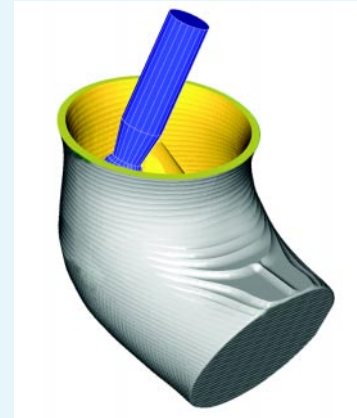
Симуляция обработки



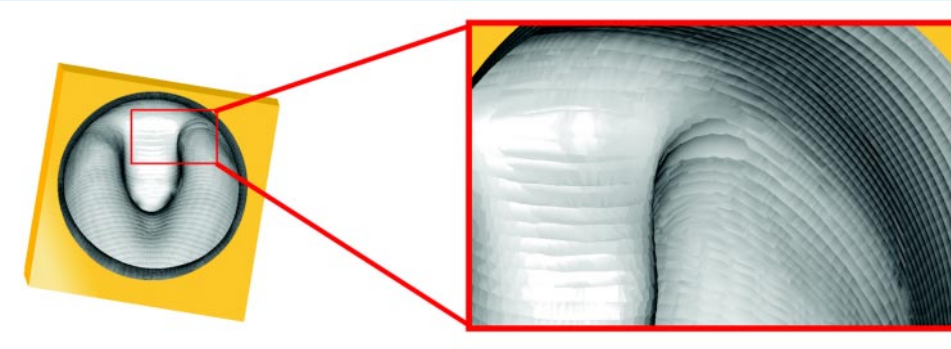
Симуляцию многоосевой обработки можно просматривать под любым углом



В процессе симуляции деталь может быть повернута для более удобного просмотра



В данной симуляции использована заготовка от предыдущей обработки (показана серым цветом)



Увеличение изображения

лишь 2½ или 3 оси (например, сложная точная деталь, которую желательно обработать со всех сторон с одной установки, но сама форма обрабатываемых элементов не требует применения пяти осей).

Есть еще один пласт – задачи, для решения которых используются токарно-фрезерные станки. Как известно, новое поколение этих станков отличается весьма “навороченной” комплектацией, так что если суммировать все степени свободы инструментов, то мы стабильно выходим за пределы пяти координат. Но если у вас есть *Mastercam Mill Level 3* (фрезерная обработка) и модуль *Lathe* (токарная обработка), то с их помощью можно спокойно делать УП и для таких “хитроумных” станков.

В заключение можно добавить, что в состав *Mastercam* входит хороший верификатор со специальным приложением для проверки и симуляции обработки. Модуль проверки многоосевой обработки помимо стандартного набора средств предлагает ряд дополнительных возможностей:

- симуляцию обработки с произвольной ориентацией инструмента;
- остановку симуляции для просмотра с последующим продолжением в любой момент времени;
- просмотр симуляции под любым углом (динамическое вращение) без необходимости перезапуска;

- увеличение изображения для более подробного просмотра;
- запись состояния детали после операции обработки и дальнейшее использование её в качестве заготовки для следующей обработки.

Заключение

Хотелось бы надеяться, что среди читателей этой статьи окажутся специалисты, у которых возникнет желание поделиться своим опытом, покритиковать мои суждения или осветить какие-то незатронутые аспекты многоосевой обработки. Поскольку проблема, на мой взгляд, действительно актуальна, хотелось бы, чтобы эта тема получила продолжение на страницах *Observer'a*. Поэтому я **приглашаю всех, кто имеет опыт в многоосевой обработке, поделиться своим мнением по этой проблеме.** Уверен, что в журнале найдется место для освещения этой немаловажной темы. (Для интересных материалов место найдется всегда. – *Прим. ред.*)

Считаю нужным напомнить, что при обсуждении не стоит упускать из виду и тот бесспорный факт, что для максимально эффективного использования многоосевых станков вы, уважаемые производственники, не сможете обойтись без соответствующей САМ-системы – мощной и, желательно, уже проверенной в этом деле. 