

Новая версия Pro/TOOLMAKER – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ МЕХАНООБРАБОТКИ

Информационное сопровождение изготовления сложных изделий представляет собой комплексную задачу, решение которой последовательно проходит через цепь этапов, одним из заключительных звеньев которой является моделирование обработки сложных поверхностей технологической оснастки. К числу наиболее прогрессивных технологий обработки относится скоростная механообработка высокой точности (High Speed Machining / High Speed Cutting или HSM) на современных многокоординатных высокоавтоматизированных обрабатывающих центрах. В настоящее время на предприятиях все более востребованы программные решения, обеспечивающие совместимость высокоскоростного оборудования с современными системами 3D-моделирования. Одним из наиболее продвинутых продуктов в данном сегменте ПО является пакет Pro/TOOLMAKER – полнофункциональное решение для моделирования высокоскоростной 3-5-координатной обработки и создания управляющих программ для станков с ЧПУ от компании PTC.

Высокоскоростная обработка – это такой вид механической обработки, при которой все преимущества позиционной пятиосевой (“3+2”) или непрерывной пятиосевой (5-axis) обработок дополняются высокой скоростью резания. При этом в некотором диапазоне скоростей резания наблюдается эффект падения потребляемой мощности при повышении частоты оборотов инструмента и увеличении скорости подачи. Этот парадоксальный факт – снижение потерь энергопотребления при достижении некоторого диапазона скорости резания – и лежит в основе интереса к практическому применению многокоординатной HSM-обработки.

Высокоскоростная и точная механическая обработка гарантирует предприятиям, освоившим ее, существенный выигрыш в производительности, качестве, конкурентоспособности. Однако для действительной реализации точной высокоскоростной механической обработки необходимо сочетание сразу нескольких



Место пакета Pro/TOOLMAKER среди CAM-решений, поставляемых компанией PTC

важных факторов. Обязательным требованием здесь является наличие самого станка с ЧПУ, который позволял бы выставлять такие высокие рабочие скорости вращения шпинделя и скорости подачи, которые соответствовали бы самому понятию HSM. Помимо этого необходимо также обеспечить высокие скорости выполнения процессов по HSM при достаточно сложных формах обрабатываемых поверхностей, что существенно усложняет процесс технологической подготовки. На самом деле, при разработке стратегий механообработки по технологии HSM для того, чтобы выйти на режим HSM и оставаться в нем, требуется одновременно учитывать большое количество факторов. Так, необходимо непрерывно поддерживать высокие скорости резания в достаточно узком диапазоне значений и одновременно высокие скорости подачи, не допускать резких изменений направления движения инструмента по заданной траектории, постоянно отслеживать тонкие сечения среза и т.д. Очевидно, что сам по себе дорогостоящий станок, чьи технические характеристики позволяют выполнять прецизионное многоосевое позиционирование обрабатывающего инструмента и задавать высокие скорости вращения и подачи, обеспечить реальной и эффективной HSM-обработки не может. Необходим специализированный CAM-пакет, учитыва-

ющий и корректирующий действие всей совокупности факторов, влияющих на процесс механообработки (устранение биений, компенсация вибрации, обеспечение гладких сопряжений рабочих ходов траектории, поддержка постоянной нагрузки на инструмент и пр.), а также позволяющий рассчитывать наиболее рациональные с точки зрения HSM-технологии траектории инструмента. Пакет точной высокоскоростной механической обработки Pro/TOOLMAKER является одним из наиболее эффективных решений в данном классе продуктов.

Pro/TOOLMAKER может поставляться как в составе базовых решений от PTC на основе САПР Pro/ENGINEER Wildfire, так и в виде отдельного пакета, что существенно расширяет сферу его применения. Независимо от того, на какой базе предприятие начинает осваивать технологии HSM – в составе интегрированной САПР или локального пакета – всю базовую функциональность Pro/TOOLMAKER, обеспечивающую получение эффективного и оптимизированного HSM-решения, оно получает в обоих случаях. Подобная гибкость в работе с пакетом на начальном этапе значительно снижает трудоемкость его освоения и сокращает время вхождения заказчика в мир высокоскоростных технологий.

Пакет Pro/TOOLMAKER сочетает в себе дружелюбность графического интерфейса пользователя, полноту функциональности, открытый интерфейс применяемых библиотек, способность работать с самой широкой номенклатурой станочного оборудования и, что немаловажно, продается по невысокой цене и недорог в обслуживании. В Российской Федерации и странах СНГ пакет эксклюзивно распространяется через партнерскую сеть компании PTC (актуальный список региональных партнеров приведен на сайте <http://www.ptc.com/russia/>), через эту же сеть заказчик получает поддержку, обучение и консалтинговые услуги. В отличие от аналогичных решений, базовое обучение методике использования пакета Pro/TOOLMAKER занимает всего один день. Стоит также упомянуть, что команда разработчиков пакета создавала его на основе последней версии ядра предшественника – пакета DEPOCAM от компании NCGraphics. Разработчики DEPOCAM, как и сама компания NCGraphics, теперь являются частью САМ-подразделения компании PTC в результате приобретения последней NCGraphics в 2007 году. К слову сказать, старое ядро DEPOCAM вместе с ограниченным набором HSM-стратегий сейчас приобретено многими компаниями, специализирующимися в САМ, для замены их собственных устаревших ядер. Таким образом, уже на стадии выхода на рынок пакет Pro/TOOLMAKER обходит многих конкурентов.

В ходе тестовых сравнений исполнения задач обработки процессов механообработки от черновых до финишных операций, выполняемых независимыми экспертами как для Pro/TOOLMAKER, так и для аналогичных пакетов, Pro/TOOLMAKER неизменно показывает выигрыш во времени перед конкурирующими продуктами. При этом, сокращение времени выполнения таких задач в Pro/TOOLMAKER по сравнению с другими системами HSM не происходит за счет потери точности.

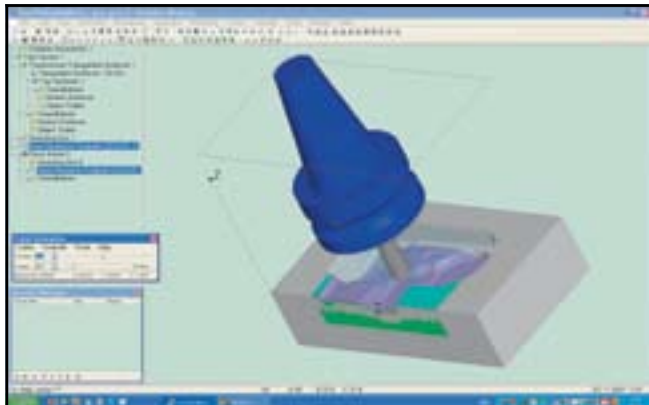
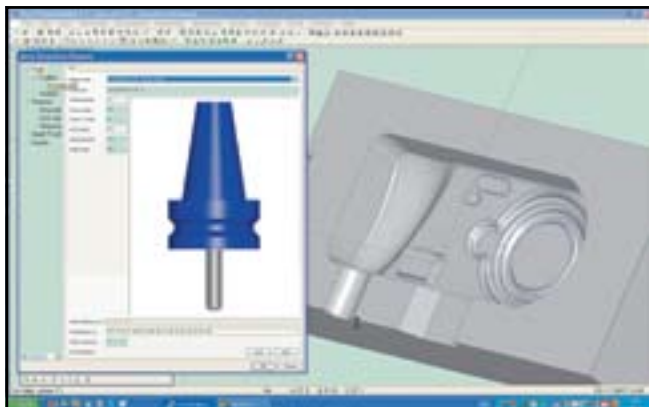
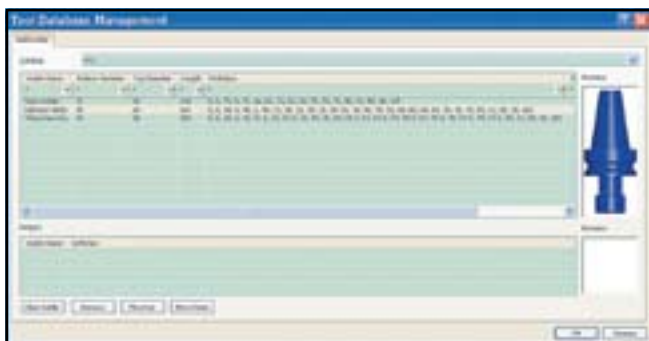
Получаемое ускорение является результатом долгой и кропотливой работы высокопрофессиональной команды разработчиков, применения оптимизационных алгоритмов, эвристических методов и богатого практического опыта в области HSM. Pro/TOOLMAKER – первый из HSM-пакетов САМ, в котором полномасштабно реализована мультизадачность: при выполнении в Pro/TOOLMAKER одних и тех же задач на машинах с одноядерными и многоядерными ЦПУ неизменно отмечается кратное сокращение времени расчета траекторий. В случае установки Pro/TOOLMAKER 8.1 на многоядерные платформы создается возможность на одном и том же рабочем месте выполнять сразу несколько задач по разработке HSM в среде одной и той же инсталляции Pro/TOOLMAKER: в то время как одна задача занимает одно ядро расчетом траекторий и уходит на выполнение в фоновый режим, другая задача может уже в режиме непосредственного взаимодействия с пользователем занимать другое ядро и ресурсы графического интерфейса пользователя. При установке Pro/TOOLMAKER на платформы с большим числом процессорных ядер эффективность параллелизма увеличивается. Все это, как и многое другое, для HSM САМ в полном объеме пока реализовано только в пакете Pro/TOOLMAKER.

В пакете реализована прямая ассоциативность с наиболее распространенными промышленными САПР: CATIA, SolidWorks, Pro/ENGINEER Wildfire, имеется также прямой выход на графическое ядро GRANITE-One. Кроме того, Pro/TOOLMAKER имеет расширенную систему экспорта-импорта моделей из других CAD/CAM/CAE-систем. Благодаря совокупности этих факторов пакету Pro/TOOLMAKER, в отличие от многих других САМ-систем подобной направленности, для работы над 3D-моделью мастер-геометрии не требуется дополнительный (и чаще всего дополнительно оплачиваемый) САПР-пакет.

Подобное сочетание характеристик делает пакет наиболее предпочтительным выбором среди систем точной высокоскоростной механической обработки на станках с ЧПУ. Ключевыми преимуществами Pro/TOOLMAKER являются:

▶ **Простота в изучении и использовании:** выбор правильных значений параметров “по умолчанию” в соответствии с выбранными видами обработки; автоматический контроль и исправление ошибок начинающих пользователей; полноценная визуализация процессов обработки.

▶ **Наличие полного инструментария высокоскоростной обработки в одном пакете:** пополняемые библиотеки материалов и стратегий обработки; оптимизация подвода/отвода/резания для черновой, получистовой и чистовой обработки; защита от биений и зарезов; поддержка 5-координатного позиционирования и 5-координатной обработки; автоматическое определение расположения отверстий в 3D-модели и создание операций для их обработки; встроенный модуль Pro/NC-GPOST, обеспечивающий разработку постпроцессоров для любых типов управляющих стоек.



Графический интерфейс пользователя прост, удобен и понятен: выбор и настройка инструмента происходят на основе просмотра пополняемых библиотек, параметризованной среды выбора оправок-державок-шпинделей-фрез – в результате быстро и оптимально строятся траектории в соответствии с выбираемой стратегией HSM

- ▶ **Высокое качество используемых алгоритмов:** быстрый и эффективный расчет оптимальных траекторий движения инструмента при чистовой обработке для объектов сложной геометрической формы; сокращение времени расчета траекторий за счет поддержки мультядерных и многопоточных архитектур ЦПУ; возможность выполнения расчетов в фоновом режиме при параллельной работе пользователя над другим проектом.
- ▶ **Минимальный износ инструмента и оборудования:** увеличение срока жизни инструмента и сокращение износа оборудования за счет компенсации вибраций, оптимизации скоростей подачи и траекторий движения инструмента.
- ▶ **Совместимость с большинством современных САПР:** моделирование обработки как в независимом режиме, так и в единой интегральной среде Pro/ENGINEER;

полная ассоциативность получаемых траекторий с параметрическими 3D-моделями различных САПР.

Функциональные возможности Pro/TOOLMAKER

Фрезерная обработка

- ▶ 3+2-координатная фрезерная обработка (5-осевое позиционирование).
- ▶ Автоматизированный расчет эффективных траекторий движения инструмента для чернового и получистового фрезерования.
- ▶ Специальные стратегии обработки элементов штампов и пресс-форм: формообразующих поверхностей матриц и пуансонов; обработка поднутренний, карманов и знаков; получистовая обработка с максимальной выборкой материала.
- ▶ Автоматический контроль и предотвращение зарезов фрезой и шпинделем, расчет геометрических параметров оправок, державок, зажимов; пополняемая библиотека типовых патронов, оправок, зажимов, державок, учитывающая скорости шпинделя, резания, подачи.
- ▶ Автоматическое распознавание массивов отверстий.
- ▶ Автоматическое распознавание плоских граней модели и применение к ним специальных стратегий 2D-обработки.
- ▶ Обработка инструментом под углом с контролем допустимых параметров подачи: контурная обработка, послышная обработка по изолиниям и/или по оси Z.
- ▶ Управление спиральными и радиальными траекториями инструмента с удержанием постоянного контакта инструмента и обрабатываемой заготовки.
- ▶ Эффективная чистовая обработка вблизи граней детали и на границах зон обработки.
- ▶ Локальная однопроходная и многопроходная обработка "карандашом".
- ▶ Финишная чистовая обработка по всем траекториям и всем типам контуров.
- ▶ Экспорт данных в форматах STL (стереолитография) и CDL (экспорт траекторий).
- ▶ Контроль выполнения и верификация механообработки: визуализация траектории перемещения инструмента и процесса съема материала заготовки.

Оптимизация траекторий

- ▶ Оптимизация траекторий по скорости подачи.
- ▶ Компенсация по биению и вибрации инструмента.
- ▶ Сопряжение траекторий движения инструмента между различными операциями и переходами.

Постпроцессирование

- ▶ Создание в графическом режиме управляющих программ для любых разновидностей стоек ЧПУ средствами модуля Pro/NC-GPOST – интегрированного в Pro/TOOLMAKER генератора постпроцессоров, имеющего встроенную систему контекстно-зависимых подсказок и расширенную пополняемую библиотеку инструментов и команд ЧПУ.

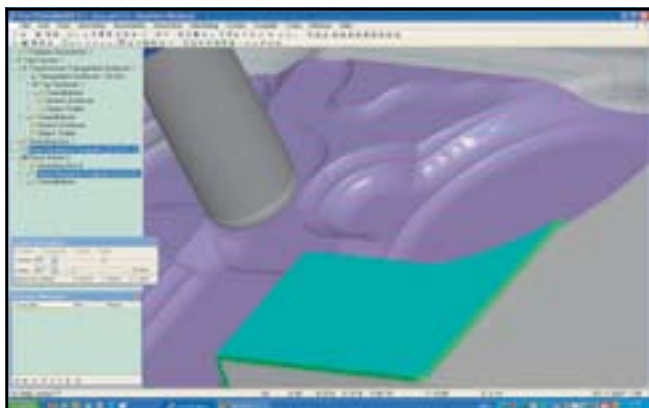
- ▶ Поддержка стандартного нейтрального выходного формата данных APT для экспорта в другие системы постпроцессирования.

Автоматизация процессов

- ▶ Автоматизированное создание цеховой документации в форматах XML/HTML.
- ▶ Макропрограммирование, позволяющее за счет изменения входных параметров быстро выполнять перерасчет траекторий инструментов, многократно применять типовые процессы для обработки однотипных деталей.
- ▶ Встроенное средство управления процессами – Process Manager, позволяющее в полной мере задействовать возможности многопоточной архитектуры ЦПУ рабочей станции и добиться реальной многозадачности.

Обмен данными

- ▶ Нейтральные форматы: IGES, VDAFS, STL, RAW, CLD, Parasolid.
- ▶ Прямые интерфейсы: Pro/ENGINEER (ядро GRANITE интегрировано в Pro/TOOLMAKER), CATIA v4 и v5 (по запросу), SolidWorks.
- ▶ Ассоциативная связь с моделями Pro/ENGINEER и SolidWorks.



Заготовка детали, геометрическая модель которой была преобразована из САПР Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 в триангуляционную CAE-модель, подвергается черновой обработке тороидальной фрезой. На контрольном просмотре анимированного изображения пользователь проверяет особенности выполнения HSM. Серым цветом отображается идеальная геометрия детали, лиловым – полученная геометрия заготовки после черновой HSM-обработки, зеленым – оставшаяся недообработанная часть заготовки, требующая применения других доступных в меню Pro/TOOLMAKER стратегий

Интеграция с Pro/ENGINEER и Windchill

Пакет Pro/TOOLMAKER является самостоятельным программным продуктом уровня “рабочее место” и ориентирован на применение непосредственно в технологических подразделениях и на производственных участках. В то же время, Pro/TOOLMAKER работает в интегральном режиме с САПР Pro/ENGINEER, обеспечивая ассоциативную связь системы механообработки с исходной 3D-моделью, что позволяет конструкторам и технологам полноценно взаимодействовать в единой информационной среде. Благодаря интеграции с

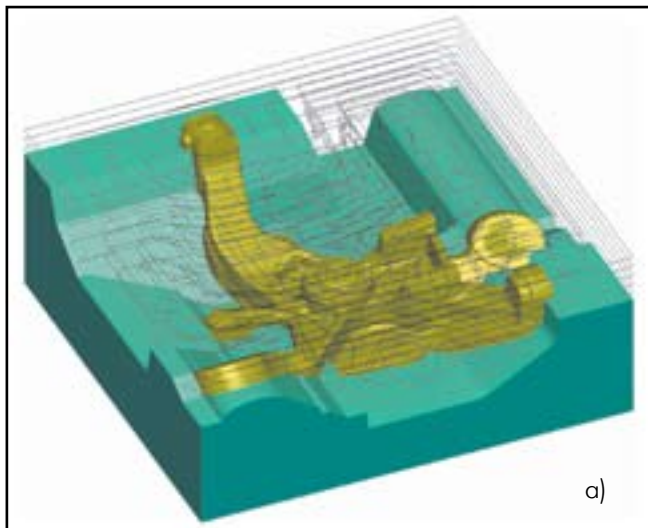
Pro/ENGINEER удалось добиться того, что любые изменения, вносимые в конструкцию изделия проектировщиком, автоматически отслеживаются вплоть до рабочего места технолога без каких-либо дополнительных преобразований. При этом не только сокращаются сроки выпуска нового изделия, но и исключаются ошибки, возможные при конвертации данных. Никакой другой продукт, никакая другая система класса CAD/CAM/CAE, кроме Pro/ENGINEER, не предоставляют такой полноты функциональных возможностей и интегрируемости в рамках единой масштабируемой платформы для решения всей последовательности задач и процессов разработки и выпуска промышленных изделий любой сложности.

Pro/TOOLMAKER также является частью концептуальной Системы разработки изделий (Product Development System – PDS) компании PTC и представляет собой уникальное связующее звено между процессами разработки и производства изделий. Пакет Pro/TOOLMAKER и специализированные приложения системы Pro/ENGINEER для обработки на станках с ЧПУ позволяют конструкторам работать бок о бок с технологами, что дает возможность вносить изменения в конструкцию в режиме реального времени, делать это на самых ранних этапах разработки и оптимизировать собственно разработку под возможности реального производства. Данные о траектории движения инструмента, полученные с помощью Pro/TOOLMAKER, могут храниться в системе Windchill, что позволяет централизованно управлять всей информацией о проектируемом изделии, включая данные из различных CAD/CAM/CAE-приложений. Это обеспечивает безопасность и гибкость, которые необходимы конструкторам и технологам для оптимизации процесса разработки изделий.

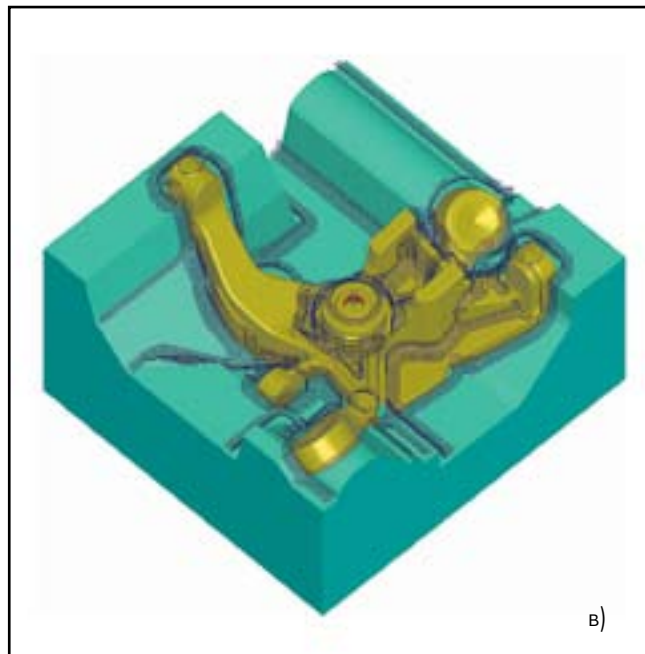
Пакетировка Pro/TOOLMAKER

На прошедшем в апреле этого года в трех “промышленных столицах” России инновационном форуме PTC участники могли ознакомиться с последними новшествами и результатами освоения отечественными заказчиками пакета Pro/TOOLMAKER. Эти результаты относились к практике применения Pro/TOOLMAKER в версии 8.1. Летом-осенью 2008 года компания PTC и ее партнеры выводят на отечественный рынок новый пакет – Pro/TOOLMAKER 9. Обладая всеми преимуществами своего предшественника, новый пакет отличается наличием следующих технических характеристик:

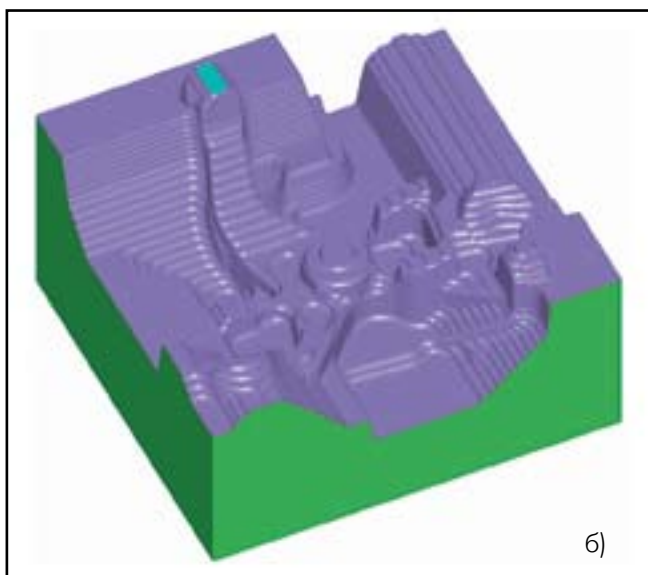
- ▶ 3+2-координатная фрезерная обработка (5-осевое позиционирование) дополнена теперь полноценной пятикоординатной обработкой.
- ▶ Для наследования наработок, выполненных заказчиком в предыдущем релизе продукта, в состав новой версии Pro/TOOLMAKER включена возможность автоматического пересчета результатов обработки 3+2 в 5-осевую с выставлением режимов пересчета по сокращению эффективной результирующей траектории и/или повышению качества финишной поверхности.



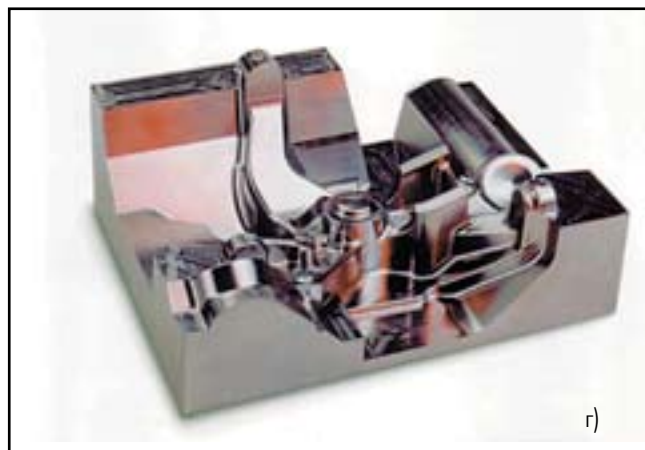
а)



в)



б)



г)

Получение высококачественной детали путем многоосевой высокоскоростной механообработки, выполненной с помощью Pro/TOOLMAKER.

а) Черновая обработка заготовки
б) Результат перед получистовой обработкой
в) Финишные операции
г) Вид полученной детали

- ▶ Для более полного использования преимуществ технологии HSM и пятикоординатной обработки в список стратегий обработки добавлены новые разновидности – растровая (пятикоординатная растровая) и “зиг-заг”.
- ▶ Добавлена функциональность автоматической проработки углов заготовки с учетом компенсации на инструмент и предотвращения выхода из режима HSM.

Уже в настоящее время, до выхода девятой версии, у пользователей пакета Pro/TOOLMAKER 8.1 имеется возможность воспользоваться всеми преимуществами чистой пятикоординатной обработки. Для этого им нет необходимости заменять полностью свои инсталляции Pro/TOOLMAKER 8.1 на Pro/TOOLMAKER 9, достаточно просто доустановить на “старые”, освоенные рабочие места с Pro/TOOLMAKER 8.1 модуль up-grade. Таким образом, пользователь получает всю функциональность высокоскоростной пятикоординатной обработки (включая новые стратегии и особенности работы с инструмен-

том) в рамках уже освоенного им пакета предыдущей версии. Применение такого приема, как надеются специалисты компании РТС, позволит пользователям, не теряя ничего из наработанного, легко и без дополнительных ресурсных затрат перейти в мир подлинно высоких технологий.

Особенности архитектуры пакета Pro/TOOLMAKER, его функциональность, автоматизация контроля всех существенных факторов, влияющих на разрабатываемые в пакете процессы HSM, широкие возможности применения пакета, дружественный интерфейс пользователя, интеграция в среду PLM – все это делает пакет Pro/TOOLMAKER уникальным решением для выполнения многокоординатной и высокоскоростной механообработки.

**Владимир Краюшкин, к.т.н.,
руководитель технического направления
по работе со стратегическими заказчиками,
компания РТС**