

# Robotmaster V5 на платформе Mastercam X5

## Новые возможности для устранения типичных коллизий при программировании роботов

(Окончание. Начало в #3/2011)

Иво Липсте (COLLA, Рига)

ivo@colla.lv

В первой части статьи (*Observer #3/2011*) мы начали знакомиться с возможностями новой версии *Robotmaster X5* и достаточно подробно изучили новые возможности оптимизации, а именно: анализ рабочего пространства, управление наклоном инструмента, оптимизация при движении по линейной направляющей. Не стоит забывать и о наличии в системе *Robotmaster* основного средства оптимизации положений суставов манипулятора с помощью поворота инструмента вокруг собственной оси. Важно, что все оптимизаторы в этом наборе взаимосвязаны и работают совместно, что создает уникальное средство отладки и оптимизации движений робота.

### Графическая оптимизация движений суставов

Как известно, заданное конкретное положение инструмента в пространстве робот может обеспечить за счет разных комбинаций поворотов суставов, и число таких комбинаций огромно. Аналогично, если рассматривать перемещение инструмента по некоей траектории, то тоже понятно, что его можно реализовать невероятным количеством способов. Когда управляющая программа задает некую траекторию, то, в общем случае, решение о том, какой сустав в какую сторону вращать, самостоятельно принимает Её Величество Математика, зашитая в “мозгах” робота. Однако заинтересованный наблюдатель, обладающий соответствующими знаниями, может заметить, что эти движения не совсем безупречны, и в них есть некоторая нерациональность.

Какие же недостатки, требующие устранения, можно отметить? В качестве примера назову следующие: слишком большая амплитуда поворота сустава, слишком быстрое вращение, манипулятор работает в чрезмерно вытянутом положении.

Если проблемы такого характера имеют место, то повышается вероятность всевозможных издержек и потерь. Вот типичные неприятности:

1) увеличивается механический износ манипулятора;

2) возможны потери точности из-за инерционных колебаний механизма (робот и навесное оборудование, естественно, имеют массу, и при определенных ускорениях и торможениях могут возникать нежелательные колебания);

3) возможна ситуация, когда для обеспечения постоянной линейной скорости перемещения

инструмента по траектории, скорость вращения сустава может возрасти условно бесконечно – тогда система защиты робота начнет ограничивать её торможением. Это, в свою очередь, вызывает уменьшение линейной скорости, что недопустимо с точки зрения механообработки, так как для обеспечения качества требуется сохранять постоянство параметров резания;

4) когда манипулятор вытянут, жесткость конструкции является минимальной. Работа в этом, самом неустойчивом, положении может одновременно вызвать ситуации, описанные в пунктах 2 и 3.

Приложение *Robotmaster* предлагает очень интересное средство, с помощью которого можно анализировать поведение суставов манипулятора при обеспечении движения инструмента по строго определенной траектории, а также вносить изменения. Суть данной функции заключается в том, что можно получить градиентную карту движения каждого сустава, где цветовая диаграмма четко показывает диапазон вращения сустава по всей траектории и значение угла поворота конкретного сустава в каждой частной позиции траектории.

Продемонстрировать применение данного средства достаточно просто, однако описать это словами – не просто совсем. По этой причине я еще раз воспользуюсь примером из первой части статьи, где мы подробно рассматривали, как манипулятор, расположенный на рельсе, обрабатывает канал (рис. 17+23). Для лучшего понимания описанного ниже, я советую снова обратиться к *Observer #3/2011*.

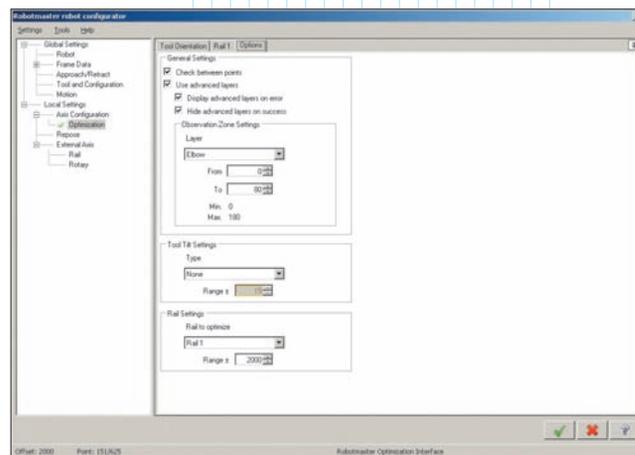


Рис. 24

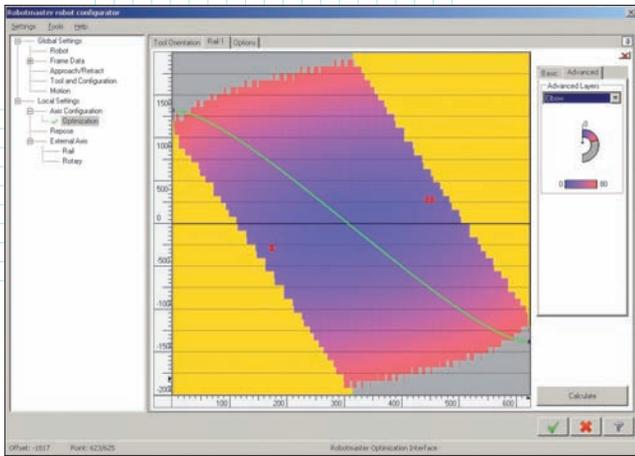


Рис. 25

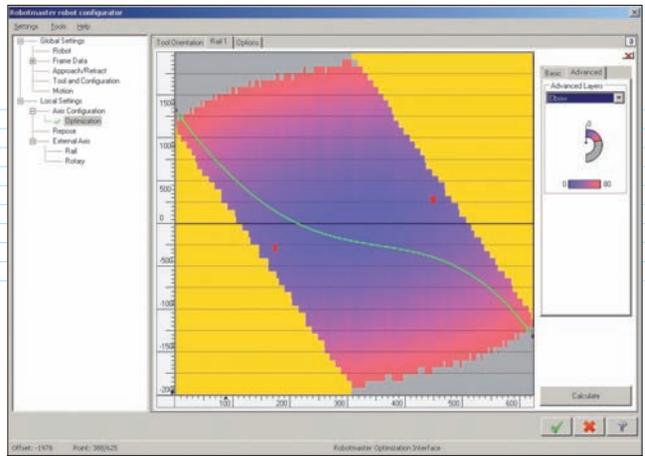


Рис. 26

С оптимизацией рабочего пространства манипулятора на рельсе мы тогда разобрались досконально. Теперь же посмотрим, что нам даст анализ поведения суставов. При просмотре движения робота с помощью симулятора создается впечатление, что есть такие участки траектории, где манипулятор работает в более вытянутом положении, чем мог бы. Это означает, что в первую очередь нас будет интересовать поведение так называемого локтя манипулятора – сочленения  $J3$ .

Итак, нам нужно в разделе *Local Settings* выбрать *Optimization* и на закладке *Options* активизировать возможность использования градиентной карты, поставив соответствующую галочку в поле *Use advanced layers* (рис. 24). Заодно определим интересующий нас диапазон анализа вращения локтевого сочленения: не больше, чем 80 градусов.

Далее переходим к закладке *Rail* (направляющая) и в правой части окна выбираем закладку *Advanced*. Из выпадающего меню выбираем для анализа локтевой сустав (*Elbow*). После этого в графической области вместо белой зоны появляется градиентная карта, отображающая значение углового положения сустава по всей длине траектории инструмента. Зеленая кривая, как мы уже знаем, отражает изменение углового значения поворота инструмента вокруг своей оси на протяжении всей траектории (рис. 25).

Что же означает данная диаграмма? В вертикальной зоне справа видны две геометрические фигуры: полукруг и полоска. Полукруг условно отображает весь допустимый диапазон вращения сустава, из которого зона градиентной раскраски выделяет тот сектор, который мы задали в настройках диапазона анализа.

Теперь посмотрим на главную графическую область. Нас интересует, как зеленая кривая расположена по отношению к цветовым областям. Серая зона говорит о том, что для

выполнения движения в этой области локоть раскрывается больше, чем на 80 градусов. Когда инструмент находится в голубой зоне, это означает, что локоть работает в почти сложенном положении.

Какие выводы здесь напрашиваются? Для обеспечения максимальной устойчивости манипулятора необходимо, чтобы он работал, по возможности, в сложенном положении. Наши действия будут следующими: надо трансформировать зеленую кривую так, чтобы минимизировать её участки, попадающие в серую зону, и постараться обеспечить, чтобы кривая кратчайшим путем заходила в голубую область. Для этого мы перемещаем начальную и конечную точки ближе к желтой зоне и меняем форму кривой, как показано на рис. 26.

После этих манипуляций с кривой необходимо запустить пересчет оптимизации – чтобы убедиться, что изменения положения локтевого сустава не вызвали каких-то коллизий другого вида. Если цвет кривой стал зеленым, то всё в порядке.

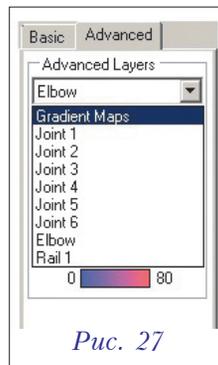


Рис. 27

В результате мы заставили манипулятор двигаться так, чтобы амплитуда вращения сустава была наименьшей.

Таким же способом, выбрав соответствующий пункт в выпадающем меню *Advanced Layers* (рис. 27), можно проверять поведение каждого отдельного сустава и влиять на него. Следует отметить, что это распространяется и на дополнительные управляемые оси, обеспечивающие как линейные перемещения (в нашем случае – рельса *Rail 1* в меню), так и повороты.

## Взаимодействие средств оптимизации

Как мы уже знаем, у системы *Robotmaster* есть целый набор средств для отладки и оптимизации операций обработки, подготовленных в среде *Mastercam*. В их числе:

- анализ рабочего пространства;

- управление положениями суставов робота путем поворота инструмента вокруг оси;
- управление наклоном инструмента;
- оптимизация при движении по линейной направляющей;
- отслеживание возможных соударений.

Этот богатый инструментарий позволяет выявить проблемы, которые могут возникнуть при выполнении роботизированной ячейкой заранее подготовленной программы обработки.

Разработчики *Robotmaster* предлагают интересный подход к такой сложной задаче, обеспечивая взаимодействие между достаточно разными по своей сути средствами оптимизации. Процесс реализован так, чтобы все активированные виды оптимизации отслеживали работу друг друга. Если мы, увлекшись оптимизацией какого-либо отдельного параметра, порождаем проблему в другом месте, то *Robotmaster* сообщит об этом, и мы легко сможем найти компромиссное решение.

Наш опыт внедрения *Robotmaster* для разных задач показывает, что нет никакой разницы между отображением поведения манипулятора в средствах отладки/симуляции и выполнением тех же движений по отлаженной УП в реальности. Таким образом, отладив УП в среде *Robotmaster*, пользователь может быть на 99.99% уверен в том, что эта программа безупречна, и робот её аккуратно выполнит.

## Другие улучшения средств оптимизации

При рассмотрении действительно серьезных нововведений целый ряд других улучшений остается за кадром. Однако некоторые из них тоже заслуживают упоминания.

Как известно, механообработка предполагает, что между двумя точками, заданными в УП, инструмент будет перемещаться по строго определенной траектории – вне зависимости от расстояния. В качестве примера рассмотрим обработку контура корпусной прямоугольной детали шириной 1 метр. Теоретически, для обеспечения одного линейного прохода вдоль прямой

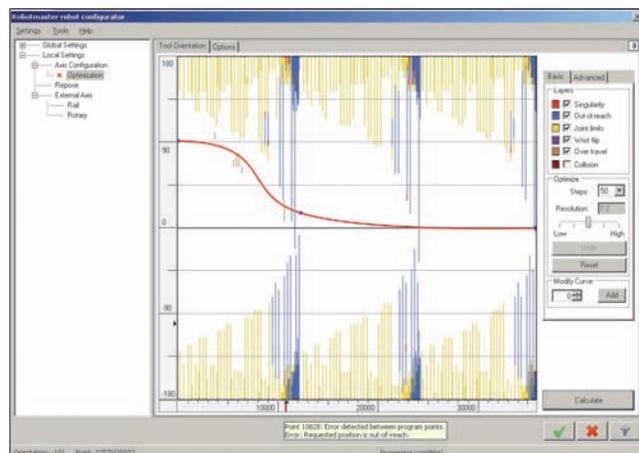


Рис. 28

стенки достаточно задать в УП всего лишь две точки на расстоянии в 1 метр, и робот обязан это выполнить. Но кто может поручиться, что при таком большом перемещении не возникнут типичные коллизии?! Среда *Robotmaster* позволяет учитывать данную особенность, поскольку возможность появления коллизий теперь отслеживается **по всей траектории**, вне зависимости от местоположения точек, полученных после расчета в среде *Mastercam* и вошедших в УП.

Когда проектируется сложная траектория, состоящая из множества точек, то при первых попытках оптимизировать движения манипулятора мы обычно получаем сообщения, что коллизии имеют место; при этом система четко описывает, в какой из точек какая проблема обнаружена. Для более наглядной локализации проблемного места теперь на шкале точек траектории в окне оптимизации (рис. 28) отображается красный маркер, который и указывает местоположение ошибки. При наведении на него курсора мыши выводится сообщение о специфике ошибки – вроде бы мелочь, но удобно.

Помимо прочего, разработчик *Robotmaster* внедрил новую технологию устранения проблем сингулярности, связанных с одновременными поворотами 4-го и 6-го суставов. Правда подробности о том, как это делается, пока не обнаружены.

## Нововведения, повышающие производительность

В новой версии появилась возможность назначить значения для репозиционирования манипулятора непосредственно из среды симуляции. Если создаются несколько операций обработки, часто требуется некоторая возня с назначением движений переходов между ними. Так как системе управления робота присуще определенное вольнодумство, это может вызвать коллизии при выполнении движений. Там, где рядовой станок с ЧПУ на ускоренном ходу аккуратно выполняет простые и понятные движения, робот, почувствовав, что есть возможность использовать ускоренные движения, начинает двигаться и одновременно изменять ориентацию инструмента для входа в следующую операцию. Манипулятор при этом проводит инструмент через назначенные для перехода точки, но, поскольку одновременно изменяется и ориентация инструмента в пространстве, не исключены соударения частей робота, или что-то может быть задето.

Возможность репозиционирования уже существовала в системе *Robotmaster*; реализовывалась она путем назначения дополнительных последовательных движений отвода в меню репозиционирования (*Repose*) – до и/или после выполнения каждой операции. Отныне это можно реализовать в режиме симуляции, отводя инструмент в нужное положение и записывая эту последовательность позиций.

Пользователям *Robotmaster* уже известен принцип распределения параметров управления роботом на две группы – глобальные и локальные. Раньше в каждой группе было строго определенное количество подпараметров. В новой версии пользователь сам может назначать, какие параметры будут глобальными, а какие – локальными, относящимися непосредственно к конкретной операции обработки. Это дает возможность более тонкого управления каждой операцией. Более того, если раньше локальные параметры обязательно нужно было назначать для каждой операции, то сейчас можно включить режим, когда при создании операции автоматически применяются такие же локальные параметры, как и в предыдущей операции.

Появилось и дополнительное управление параметрами, что позволяет назначать установки по умолчанию для локальных параметров, а так же сохранить глобальные и локальные параметры для последующего использования.

В режиме симуляции и оптимизации движений добавилась возможность учитывать положение робота после выполнения предыдущей операции; по желанию пользователя данная опция может быть отключена. Удобство здесь заключается в следующем. Допустим, мы занимаемся отладкой множества операций обработки. Если опция учета положения включена, то мы можем отлаживать операции по одной и полностью контролировать при этом положение суставов манипулятора – с какой ориентацией в пространстве инструмент выходит из предыдущей операции и как он выходит в ту операцию, которую мы отлаживаем сейчас. Таким образом, для получения фактических движений переход теперь не нужно тратить время на общую симуляцию предыдущей операции, как это было прежде.

Для всех брендов роботов в новой версии *Robotmaster* можно назначить вывод данных для траектории инструмента в двух видах: в значениях поворота суставов или же в линейных перемещениях.

## Повышение быстродействия

Увеличен максимальный объем управляющей программы – до двух миллионов точек.

Переработана система сохранения результатов на жесткий диск в ходе расчета и работы с данными в оперативной памяти, что ускорило процессы расчета и симуляции для УП как маленького, так и большого объема.

Доработаны алгоритмы расчетов, что позволяет ускорить формирование УП, а также значительно быстрее получать результаты оптимизации движений и быстрее их обрабатывать для отображения в режиме симуляции работы манипулятора.

Здесь же можно отнести и изменения в базах данных, связанные с новым подходом

группировки и назначения глобальных и локальных параметров. Базы стали работать быстрее.

## Изменения в интерфейсе

В прежней версии доступ к параметрам робота был реализован из окна параметров обработки самой операции. Сейчас доступ к установкам можно получить, не открывая операцию обработки, – прямо из основного кнопочного меню *Mastercam* (рис. 29).

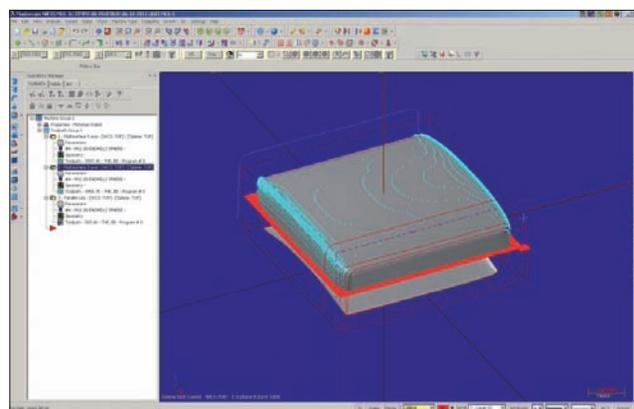


Рис. 29

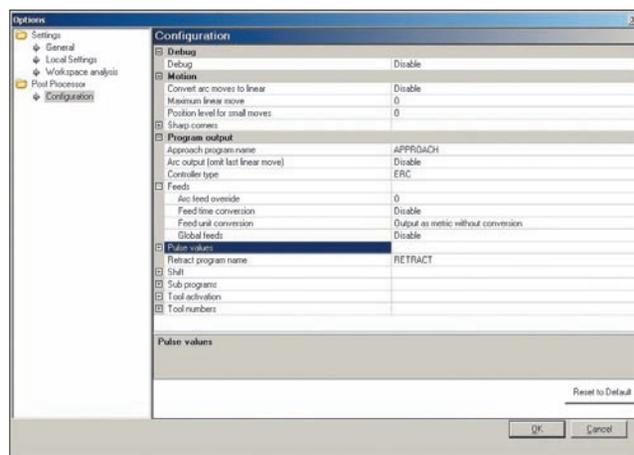


Рис. 30

Меню *Robotmaster* теперь позволяет с помощью кнопок отдельно открывать как глобальные, так и локальные параметры.

Кроме того, добавлено отдельное меню опций (рис. 30), которое доступно из окон глобальных и локальных параметров управления роботом. Оно позволяет настраивать саму среду, варианты отображений, содержание меню управления параметрами и значения по умолчанию.

## Изменения в среде симуляции

Увеличена производительность среды при симуляции управляющих программ большого объема.

Изменен алгоритм визуализации, что обеспечило улучшение качества отображения частей манипулятора и роботизированной ячейки при симуляции.

Изменен принцип ручного управления движениями манипулятора. Теперь при перемещении второго сустава (*J2*) робот не “клюет” вниз, а удерживает третий и последующие суставы параллельно предыдущему положению. Данная возможность распространяется только на те модели роботов, у которых это поддерживается при управлении непосредственно с пульта.

Опция игнорирования ошибок позволяет отобразить робот и деталь в среде симуляции даже в том случае, когда проверяемая УП неработоспособна – вследствие выхода за пределы ограничений на повороты суставов, выхода за пределы досягаемости или других причин. Это дает возможность визуально оценить ситуацию для принятия решения о корректировке параметров обработки или установок для робота.

## Конфигуратор постпроцессора

Как известно, постпроцессирование в системе *Mastercam* организовано так, что ряд параметров, специально предусмотренных при программировании конкретного постпроцессора,

используется средой при расчете траекторий инструмента, а также определяет содержание УП и принципы вывода. Можно запрограммировать и специальные ключи, которые пользователь может переключать, не взваливая на себя тяготы прямого редактирования постпроцессора.

При использовании таких исполнительных устройств, как промышленные роботы, в среду *Mastercam* подставляется специальный постпроцессор, который, вследствие особенностей самого устройства, содержит большое количество переключаемых параметров. Чтобы воспользоваться этими параметрами, в предыдущих версиях *Robotmaster* приходилось открыть постпроцессор в режиме редактирования и вручную вводить необходимые значения.

В новой версии появилось специальное окно *Configuration*, где выводится список разбитых по группам параметров с подпараметрами, что позволяет проверять их значения и при необходимости изменить их (рис. 30). Продвинутым специалистам по роботам это дает в руки инструмент для изумительно тонкой настройки УП. По умолчанию настройки подобраны оптимальным образом для каждой модели робота. 