

## Новая версия *Solid Edge* с синхронной технологией от *Siemens PLM Software* изменит подход к твердотельному моделированию

Raymond Kurland (rayk@technicom.com)

©2008 TechniCom, Inc.



**Raymond Kurland** – президент *TechniCom, Inc.*, ведущий консультант и главный редактор выпускаемых этой компанией изданий. Специализируясь на изучении MCAD- и PLM-систем, компания с 1987 года занимается сравнением возможностей программного обеспечения и подготовкой обзоров, консультирует разработчиков и пользователей систем.

Статьи г-на *Kurland*, посвященные пяти предыдущим версиям *Solid Edge*, можно найти на страницах нашего журнала (*Observer* ## 3/2004, 2/2005, 6/2005, 1/2006, 1÷4/2007). Оригинальный текст настоящего обзора, подготовленного при поддержке компании *Siemens PLM Software*, доступен на сайте [www.technicom.com](http://www.technicom.com).

В апреле 2008 года я получил возможность посетить штаб-квартиру *Siemens PLM Software* в городе *Huntsville* (штат Алабама, США), чтобы принять участие в одной из первых презентаций новой версии системы *Solid Edge*, в которой реализована синхронная технология. Наблюдая в течение полутора дней одну демонстрацию за другой, я оказался под впечатлением новой технологии и полученных с её помощью результатов.

### История вопроса

Компания *Siemens PLM Software* в течение нескольких лет занималась разработками в области прямого моделирования в *Solid Edge*. Опыт этих разработок воплотился в создание нового подхода в твердотельном моделировании, названного **синхронной технологией** – *Synchronous Technology (ST)*. Разработчикам *ST* удалось продвинуться на несколько шагов вперед в области прямого моделирования и обеспечить возможность непосредственного изменения 3D-модели. В отличие от других CAD-систем, построенных на принципах прямого редактирования, уникальная технология, включенная в *Solid Edge*, позволяет сочетать гибкость прямого моделирования с возможностью управления вносимыми изменениями, что свойственно моделированию на основе ограничений (связей). Пользователи могут добавлять или фиксировать ограничения, когда им необходимо точно управлять изменениями, вносимыми в модель.

С тех пор, как в конце 1980-х годов появилось параметрическое моделирование, автор не видел ничего столь же впечатляющего и несущего такой заряд инноваций, как решение *Solid Edge* с синхронной технологией. Сегодня нам предлагаются передовая технология, сочетающая преимущества прямого и параметрического моделирования, а также новый пользовательский интерфейс. Компания *Siemens PLM Software* полностью преобразовала и облегчила

процесс трехмерного моделирования. Пользователям, несомненно, понравится легкость создания и редактирования моделей – им ведь больше не придется задумываться о том, каким образом модель будет использована в будущем. Конкурентам *Solid Edge* понадобятся годы работы, чтобы достигнуть аналогичных результатов.

### Основы моделирования в новом *Solid Edge*

Новая синхронная технология в *Solid Edge* подразумевает полную замену парадигмы моделирования на основе истории построений (известного также под названием параметрическое моделирование) новым подходом – усовершенствованной технологией прямого моделирования с возможностями редактирования конструктивных элементов (КЭ).

Часть читателей, которые будут знакомиться с данным материалом, может ошибочно поставить знак равенства между синхронной технологией в *Solid Edge* и явным (*explicit*) моделированием геометрии, реализованным в ряде CAD-систем. Это достаточно далеко от истины. До введения синхронной технологии в *Solid Edge* ни одна CAD-система с явным моделированием не предлагала такого набора возможностей:

- решатель ограничений в 2D и 3D;
- фиксация размеров с целью контроля месторасположения геометрии объекта;
- полный контроль над перемещением выбранных объектов;
- задание взаимосвязи между размерами с помощью уравнений;
- редактирование по типу КЭ с совершенно новыми возможностями;
- параметрическое управление для основных КЭ, например, таких как отверстия;
- операции группового удаления КЭ и выбор группы элементов одним действием.

Далее мы подробно разберём следующие ключевые технологии, реализованные в новой версии *Solid Edge* вместе с *ST*:

- моделирование на основе КЭ без использования дерева построений;
- технология *Live Rules*;
- процедурные КЭ (*procedural features*);
- управляющие 3D-размеры;
- технология *Synchronous solve*.

Прежние *CAD*-системы явного моделирования обычно демонстрировали только одну из перечисленных выше технологий – прямое моделирование. Сейчас мы рассмотрим возможности синхронной технологии в *Solid Edge*, а также попытаемся разобраться, почему именно сочетание технологий действительно обеспечивает прорыв в моделировании.

## Как работает *ST*, и в чём её отличие

Основой всей системы является технология *Synchronous Solve*, которая управляет процессом редактирования в целом. Когда пользователь перемещает некий элемент или редактирует размеры, система учитывает следующие параметры:

- существующие геометрические условия;
- определенные пользователем формулы и уравнения из таблицы переменных;
- процедурные КЭ (такие, как скругления, массивы, тонкие стенки, отверстия);
- явно заданные ограничения (связи);
- управляющие 3D-размеры.

Далее геометрический решатель определяет и пытается, в соответствии с выбором пользователя, сохранить параллельность, концентричность, касательность или компланарность элементов. Всё это делается автоматически, без вмешательства человека. Не имеет значения, заданы ли ограничения или пропущены, общие геометрические условия определяются и затем поддерживаются автоматически – с помощью технологии *Live Rules*. На ней мы остановимся несколько позже. Это очень важно, чтобы разобраться с тем, как работает синхронная технология.

## Азбука моделирования с историей построений

### Начало проектирования

В системах твердотельного моделирования, основанных на использовании дерева построений, проектирование обычно начинается с плоского эскиза, который затем преобразуется (вытягивается) в 3D-объект. Пользователи могут работать с полученной формой, применяя так называемые конструктивные элементы. Каждая модификация конструкции сохраняется в виде последовательности изменений по мере их осуществления. Это является условием моделирования

на основе дерева построений. Каждый добавленный КЭ занимает определенное место в дереве построений, поскольку он может зависеть от параметров, определенных или использованных конструктивными элементами, которые обрабатывались до него. Особенно справедливо это для скруглений и тонкостенных КЭ.

### Дерево построений – сильные и слабые стороны

У пользователя есть эффективный способ изменять результирующую модель с помощью дерева построений. Он может просто внести изменение в любое “событие” в истории построения, а затем перестроить или регенерировать модель, “проиграв” записи, занесенные в дерево построений. К сожалению, этот эффективный способ дорого нам обходится.

Во многих случаях пользователи в процессе изменения должны обратиться к конструктивному элементу или даже к оригинальному эскизу 2D-контура, внося необходимости коррекции. У конструктивных элементов есть определенное количество выбираемых параметров, которые добавляются к модели (признак – сквозное отверстие или глухое, точки привязки к телу модели, размеры, взаимосвязи с другими КЭ, ориентация и пр.). После изменения КЭ или эскиза необходимо “проиграть” историю построений с того места дерева построений, где эти изменения были внесены.

Всё это хорошо работает в случае простых моделей (когда в дереве построений менее 100 позиций), когда можно быстро и просто визуализировать и оценить внесенные в модель изменения. Для более сложных моделей и сборок возникают трудности с выяснением того, как именно делать изменения. Кроме того, заметное время регенерации модели обычно ограничивает эффективность метода моделирования, основанного на дереве построений. К чести вендоров *CAD*-систем следует заметить, что они внесли многочисленные усовершенствования, которые ограничивают необходимость полной регенерации модели – например, путем переупорядочения дерева построений. Однако для редактирования существующих моделей необходим квалифицированный пользователь и значительный запас времени – особенно, если изменениям подвергается модель, созданная другим конструктором.

Например, в пакете *Pro/ENGINEER* компании *PTC*, которая является первопроходцем в создании систем на базе дерева построений, используется идея параметрической системы на базе конструктивных элементов. Последующая геометрия строится на основе и

со ссылками на геометрию, появившуюся до этого. Вся геометрия управляется с помощью параметров, которые включают в себя ограничения и взаимосвязи. Ограничения задаются переменными – такими, как размеры деталей и уравнения. Взаимосвязи, в основном, представляют собой условия параллельности, перпендикулярности, концентричности и другие. В процессе работы CAD-система пополняет конструктивными элементами дерево построений, где взаимосвязи и параметры фиксируются именно в том порядке, как пользователь создаёт эти КЭ. Дерево эффективно служит в качестве “рецепта” построения детали. Переход к другой позиции в дереве построений и “проигрывание рецепта” заставляет измениться ассоциативные связи так, что по дереву как бы проходит волна, в результате чего регенерируется измененная деталь. Когда заранее спрограммированная модель построена, то, чтобы изменить её, пользователю будет нужно только задать переменные (см. материал *Leslie Gordon “Comparing 3D CAD modelers”* в “*Machine Design*” от 22 ноября 2006 г.).

### **Сложности при работе с деревом построений**

Поскольку для 3D-моделей, созданных на основе дерева построений, фиксируется вся последовательность необходимых для этого операций, то процесс внесения изменений сопряжен с достаточно серьезными трудностями. Зачастую относительно незначительные изменения в модели приводят к серьезным затратам машинного времени на пересчёт всей истории построений. У твердотельных моделей, основанных на дереве построений, есть еще один серьезный недостаток, связанный с их архитектурой: редактировать их сложно (если вообще такое редактирование является возможным). Это связано с необходимостью вначале разобраться в истории построения. Сложные модели часто бывают “мертвыми” в том смысле, что принцип их построения бывает “утрачен” или попросту забыт, полностью или частично. К сожалению, это серьезно уменьшает преимущества моделирования, основанного на дереве построений.

### **Проектирование на базе конструктивных элементов**

Моделлеры на базе конструктивных элементов допускают такие операции, как создание отверстий, скруглений, фасок, выступов и пазов, которые ассоциированы с конкретными гранями и поверхностями. Когда при регенерации эти грани и поверхности перемещаются, то и операции над конструктивными элементами также перемещаются; при

этом, если возможно, сохраняются оригинальные взаимосвязи.

## **Преимущества синхронной технологии**

*Solid Edge* с синхронной технологией существенно отличается от традиционных CAD-систем как базирующихся на параметрическом моделировании (с использованием дерева построений), так и с явным редактированием геометрии. Сегодня на рынке лидируют машиностроительные CAD-системы для твердотельного моделирования с деревом построений. Немногочисленные представители другой подхода предлагают явное моделирование, позволяя напрямую вносить изменения в твердотельную модель и не фиксируя историю построений (операция сразу выполняется на модели). Некоторые системы, базирующиеся на истории построений, предлагают и ограниченные возможности прямого редактирования модели; такие изменения при этом сохраняются как часть истории построения.

*Solid Edge* с синхронной технологией, в отличие от традиционных CAD-систем, устраняет необходимость в фиксации истории построений и вводит вместо этого совершенно новую операционную среду. Наличие *ST* позволяет предложить новую интерактивную среду для проектирования; будучи более простой и удобной, она ускоряет процесс моделирования. Изменения в первоначально созданную модель (редактирование) теперь вносятся существенно проще, чем в основанной на истории построений CAD-системе, поскольку пользователь не связан жестким, заранее заданным определением модели. Таким образом, можно значительно быстрее спроектировать необходимое изделие. Другой важной особенностью синхронной технологии является автоматическое распознавание взаимосвязей между объектами геометрии в рамках модели. Эти возможности мы рассмотрим несколько позже.

Разработчики новой версии *Solid Edge* утверждают, что пользователям теперь доступна вся мощь 3D, применять которую столь же легко, как и в 2D. Хотя это и является легким преувеличением, я считаю, что синхронная технология подошла к этому гораздо ближе, чем любая из предшествующих!

### **Плоский эскиз рисуется на модели**

Один из предлагаемых новых инструментов предназначен для редактирования сложных поверхностей. Речь идёт о возможности рисования эскизов прямо на гранях модели с последующей логической обработкой информации (*inference sketching*).

Пользователи теперь могут нарисовать эскиз на выбранной поверхности, причем при

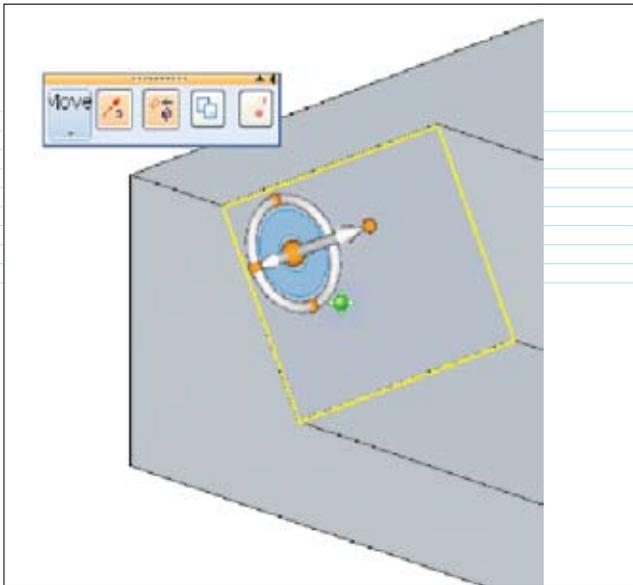


Рис. 1. “Рулевое колесо” (“штурвал”).  
Путём выбора оранжевых точек можно  
управлять типом модификации

выборе каждой конкретной поверхности отсутствуют какие-либо специальные требования. Правила логического вывода (*inference logic*), применяемые обычно для преобразования информации в *2D*, распространятся теперь на *3D*. Они подтвердили свою пригодность для определения ограничений и нахождения связей между нарисованным эскизом и другими точками модели. В дальнейшем определенные эскизом ограничения и связи не понадобятся – как мы увидим ниже, контроль над последующими манипуляциями с моделью может осуществляться при помощи *Live Rules*. Одним из ключевых аспектов синхронной технологии является возможность прямого редактирования геометрии “на лету”. Пользователи могут изменять поверхность, наборы поверхностей или граней (*edge*), причем ими можно манипулировать, их можно вращать и перемещать. Для управления направлением производимых изменений служит так называемое “рулевое колесо” (рис. 1).

### Манипуляция геометрией с помощью “штурвала”

“Рулевое колесо”, или “штурвал” (рис. 1), позволяет производить значительные модификации геометрических элементов, в том числе: перемещение путем перетягивания (*drag to move*); вращение для добавления уклона (*rotate to add taper*); выбор направления перемещения; выравнивание по существующей геометрии модели с целью точного контроля направления.

Ключевой является возможность прямого изменения выбранного элемента. При

выборе поверхности появляется инструмент *Selection Manager*, который помогает выбрать геометрию в зависимости от функционального назначения – например, ребро/выступ или вырез. Другие условия, которые может найти этот инструмент: параллельные поверхности по отношению к выбранной, скругления с таким же радиусом и многое другое.

### Рисование эскиза на поверхности

Рисование эскиза непосредственно на грани (*Direct sketching*) позволяет уменьшить потребность в определении взаимосвязей, и обеспечивает полный контроль при оптимизации модели “по требованию”. Простой пример. Зачем применять такие КЭ как выступы и карманы, если в них нет необходимости? Просто нарисуйте эскиз на соответствующей грани, а затем добавьте или уберите материал. Это быстрее, проще, а также исключает ненужные этапы построения модели. Вместо того, чтобы заниматься редактированием этих этапов построения модели, лучше внесите изменение непосредственно.

### Процедурные КЭ повышают эффективность работы

В синхронной технологии используется ряд процедурных конструктивных элементов (*procedural features*). К ним относятся отверстия, тонкостенные элементы, скругления и массивы. Когда процедурным КЭ является тонкостенный элемент, то в версии *Solid Edge* с синхронной технологией сделать вычисления для такого элемента можно в любой момент. В традиционных же системах с историей построений тонкостенные элементы являются крайне чувствительными к своему положению в дереве построений. Если разместить такой элемент слишком рано или слишком поздно, это может привести к некорректным результатам. В *Solid Edge* для тонкостенных КЭ имеются инструменты, упрощающие присоединение и отсоединение элементов модели (к конструктивному элементу), которые обеспечивают корректность параметров тонкостенных элементов в процессе их моделирования. *Solid Edge* с синхронной технологией может выполнять многократные операции с тонкостенными элементами, располагающимися в различных участках модели, когда это необходимо. В традиционных CAD-системах может выполняться только одна операция с тонкостенным элементом, поэтому при построении модели нужно быть очень внимательным, чтобы обеспечить включение в тонкостенный элемент всех необходимых элементов дерева построения в качестве источника. Последовательно выполненные операции с

тонкостенными элементами также могут не дать необходимого результата. Синхронная технология позволяет осуществлять операции с тонкостенными элементами в любой момент, причем можно выполнять такие операции дополнительно даже с теми элементами, которые первоначально не являлись тонкостенными.

Другим хорошим примером процедурных конструктивных элементов являются отверстия. Отверстия могут быть введены в модель вместе с определяющими этот элемент параметрами (такими, как размер, тип, глубина, резьба). Возможность использования этих параметров сохраняется при редактировании типа отверстия.

Важно также, что изменения, вносимые в процедурные КЭ, приводят к регенерации только связанной с этими элементами геометрии. При редактировании созданных ранее в процессе проектирования элементов, таких как отверстия, регенерация последующей геометрии не нужна до тех пор, пока она не будет с ним связана. Такие возможности “поиска связанной геометрии” позволяют надеяться, что первая операция редактирования будет производиться столь же быстро, как и последняя (если только соответствующие параметры элемента не были изменены ранее).

### Технология *Live Rules*

Технология *Live Rules* позволяет автоматически распознавать взаимосвязи и сохранять их в процессе редактирования – даже если какие-либо правила не были заданы. Многие геометрические условия являются

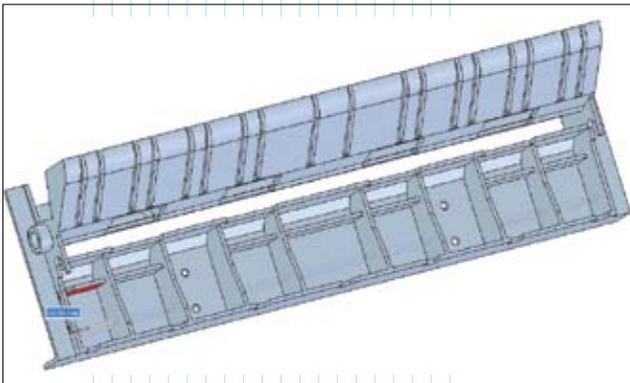


Рис. 3. Выявляются компланарные поверхности



Рис. 2. Диалоговое окно *Live Rules*

очевидными для пользователя. Однако, поскольку традиционные CAD-системы не “понимают” какие параметры являются “очевидными”, то взаимосвязи должны быть определены явно, чтобы эти условия затем поддерживались в процессе модификации модели. Например, условие касания элементов практически никогда не может быть нарушено – зачем же обременять пользователя и систему необходимостью его поддержания? К другим жестким геометрическим условиям относятся концентричность, компланарность, симметричность, а также горизонтальность или вертикальность. Технология *Live Rules* обеспечивает выявление и сохранение этих усло-

вий в процессе редактирования. У пользователя есть возможность дополнять или сокращать список условий, чтобы получить более точный результат.

Один из ряда вариантов, предлагаемых системой логического вывода, показаны в диалоговом окне (рис. 2).

Данные преимущества являются критически важными при прямом редактировании, когда допускаются изменения целой группы элементов, которые могут обрабатываться одновременно. Например, на рис. 3 мы видим импортированную модель, где первоначальное намерение заключалось в том, чтобы ребра жёсткости между пролетами оставались в одной плоскости. Поскольку при трансляции 3D-модели взаимосвязи были потеряны, то, после выбора поверхности, показанной красным цветом, компланарные поверхности определяются с помощью *Live Rules*. Выбор одной поверхности и её перемещение позволяет переместить весь набор рёбер жёсткости.

Таким образом, наличие *Live Rules* в сочетании с фактом, что конструктивные элементы не зависят друг от друга, имеет важные последствия. Пользователи *Solid Edge* могут перемещать отверстие и работать с соответствующей базовой геометрией, полагаясь на управление с помощью правил *Live Rules*. Аналогично, базовая геометрия может быть модифицирована, когда производится изменение положения отверстия. Редактирование посадочного отверстия или наружного диаметра опорного подшипника является хорошим практическим примером. 

(Продолжение следует)