

Уже многие годы в автоматизированном машиностроительном проектировании (*Mechanical CAD*) доминируют технологии моделирования, основанные на фиксации всех действий в иерархическом дереве построений (часто такое моделирование называют параметрическим, что не совсем верно). Двадцать лет назад на рынок вышел основоположник этого направления – *Pro/ENGINEER*, затем появились и стали успешно развиваться такие пакеты, как *SolidWorks*, *SolidEdge*, *Inventor* и др. Несмотря на всю их популярность, в последнее время оживился интерес к альтернативным подходам. Всё чаще мы слышим о “чистой геометрии”, “прямом редактировании” и пр.

Предлагаемый вниманию читателей подробный обзор позволит глубже разобраться в базовых технологиях, применяемых в *MCAD*-системах, уточнить понятия и терминологию.

Азбука технологий моделирования в *MCAD*-системах

Часть III. Как технологии *MCAD* влияют на процесс разработки изделия

(Окончание. Начало в ## 6/2007, 1/2008)

Paul Hamilton (pHamilton@phusionengineering.com)

© 2007 Ash Bridge Media LLC

Paul Hamilton – президент и CEO американской компании *PHusion Engineering Solutions LLC* (www.phusionengineering.com), которая специализируется на повышении инновационного потенциала и производительности компаний-клиентов, помогая им в выборе, внедрении и интеграции *CAD*-, *PDM*- и *PLM*-инструментов и технологий, соответствующих направлению развития их бизнеса.

В двух предыдущих частях статьи подробно рассматривались основные различия технологий *3D CAD*-моделирования. Теперь наступило время разобраться, как применение тех или иных технологий влияет на разработку изделий в реальных условиях.

Инновации и концептуальная проработка конструкции

Если в вашей деятельности существенную роль играют инновации и концептуальная проработка конструкции (*concept design*), то вам следует иметь в виду следующее. Моделирование с деревом построений потребует некоторого предварительного планирования и размышлений перед тем, как вы начнете создавать конкретную модель. Помните, что все шаги моделирования фиксируются по порядку в дереве построений. Структура дерева построений полностью определяет, как деталь может быть модифицирована в будущем.

Прежде чем приступить к созданию *3D*-модели, необходимо обратить внимание на следующие свойства проектируемого изделия:

- критические размеры;
- размеры, которые могут быть изменены;
- размеры, которые необходимы для подготовки производства;
- взаимосвязи размеров, которые необходимо выдерживать в процессе проектирования;
- место каждой детали в семействе деталей;
- взаимосвязь каждой детали с другими деталями в узле.

Перечисленные выше шесть пунктов я нашел в ранней версии учебного пособия для студентов, написанного для освоения популярного *CAD*-продукта, основанного на дереве построений. Парадокс заключается в следующем: когда у вас есть представление о свойствах модели по всем перечисленным пунктам, можно считать, что концептуальная проработка

конструкции завершена, и проектирование по существу превращается в документирование проекта с помощью *3D CAD*-системы.

Не так давно программы навигации по структуре дерева построений (браузеры) дополнились возможностями редактирования дерева построений в графической форме, стала доступной функция перетаскивания объектов (*drag-and-drop*) и другие манипуляции. Эти усовершенствования сделали технологию моделирования на базе дерева построений более привлекательной на ранних этапах проектирования при концептуальной проработке конструкции изделия. Тем не менее, принимая во внимание стремительность эволюции деталей в процессе концептуальной проработки конструкции, следует отметить, что по своей природе этому этапу больше всего соответствует свободное от дерева построений моделирование. Достаточно часто детали, созданные на стадии эскизного проектирования при помощи моделлера на базе истории построений, приходится строить заново на стадии рабочего проекта для того, чтобы они лучше соответствовали требованиям к конечному проекту. Многие компании затратили немало времени и усилий, чтобы выработать для пользователей своих *CAD*-систем, основанных на дереве построений, такие приемы и методы моделирования, которые позволили бы существенно сократить объем работы при перестроении модели.

Длинный или короткий жизненный цикл у вашего изделия?

Насколько важной в вашем бизнесе является фиксация замысла проекта в *3D*-модели? В некоторых компаниях даже постановка такого вопроса будет рассматриваться как богохульство, поскольку это для них важно всегда. Тем не менее, бесспорен тот факт, что многие пользователи *CAD*-систем затрачивают массу времени, чтобы вложить эту информацию в модель только

потому, что этого требует система, а не потому, что это нужно для дела. Это зачастую относится к изделиям, у которых жизненный цикл короток. Действительно ли необходимы такие усилия? Для изделий с длинным жизненным циклом это может быть оправданным. Если это и вправду необходимо, то применение систем с деревом построений может оказаться лучшим выходом.

Коллективная работа и взаимодействие

В какой степени при разработке изделия конструкторам и другим инженерам, а также сторонним партнерам, необходимо совместно использовать 3D-данные? Если это случается часто, и вы пользуетесь CAD-системой с деревом построений, то вас нередко можно будет заставить за изучением дерева построений, созданного вашим коллегой. Как уже отмечалось во второй части статьи, для такой модели геометрии, которую вы наблюдаете, является своеобразным побочным продуктом дерева построений. Если смотреть только на модель, она вам не расскажет всей истории. Важность дерева построений крайне велика, и вы должны осознавать это, пользуясь полученной 3D-моделью. Эта ситуация требует также стандартизации методов моделирования, чтобы члены команды разработчиков могли быстрее разобраться в новой модели и найти общий язык в процессе дальнейшей работы.

При моделировании без дерева построений ничто из того, что перечислено выше, не является проблемой. Вы видите в точности то, что вы имеете.

Некоторые пользователи CAD-систем говорят, что им необходима фиксация намерения проекта, чтобы облегчить взаимодействие с коллегами по команде разработки, и поэтому им требуется система с деревом построений. Вопреки броским маркетинговым заявлениям, такое понятие, как намерение проекта, существовало еще задолго до CAD-систем с деревом построений. Есть тысячи способов, позволяющих зафиксировать намерения проекта. Дерево построений – только один из них. В моделлерах без дерева – таких как *Kubotek KeyCreator* или *CoCreate OneSpace Modeling* – для 3D-модели могут быть полностью заданы размеры с допусками, аннотации могут быть размещены в 3D-пространстве; кроме того, могут быть в полной мере заданы параметрические соотношения и ограничения – и всё это без сохранения истории построений.

Фиксация знаний

Многие производственные компании выпускают продукцию с конфигурированием под заказ (*configure-to-order*) или на основе спецификаций (*specification-driven*). В этих ситуациях общим является подход на базе использования семейства деталей (*family-of-parts*). Если это соответствует вашему случаю, то выгодными для вас будут вложения в инструменты, позволяющие заложить в модель максимально большую “интеллектуальность”. Может оказаться полезным создание дерева построений, связанного с электронными таблицами или доступными через интернет формами для автоматической генерации геометрии деталей на основе заданных параметров. В настоящее время такие подходы лучше всего реализованы в системах с деревом построений. Тем не менее, можно рассматривать и системы

моделирования без дерева. Некоторые из них обладают сходными возможностями программного задания геометрии на основе параметров, причем, дерево построений там не используется.

Повторное использование данных

Если в вашем бизнесе прирост производительности может быть достигнут за счет модификации ранее разработанных проектов, помните, что для работы в системах с деревом построений важным является именно дерево, а не геометрия. Как отмечалось выше, изучение дерева построений модели и того, как оно создавалось, необходимо, чтобы деталь могла быть модифицирована. Системы моделирования без дерева построений оперируют с геометрией напрямую, поэтому знание того, как именно была построена 3D-модель, от вас не требуется. Работу над новым проектом можно начинать немедленно.

Интероперабельность

Обсуждение самого важного пункта я припас напоследок. Интероперабельность безусловно является самой серьезной проблемой, стоящей сегодня перед отраслью. В апреле 2007 года я участвовал в работе форума **COFES 2007** (*Congress on the Future of Engineering Software*). Работающие в отрасли яркие личности – ведущие специалисты, эксперты и консультанты – собрались для обсуждения проблем создания и применения инструментария, составляющего базу инженерного ПО. Проблемой №1, обсуждение которой потребовало больше всего времени, и для которой было найдено меньше всего решений, была именно интероперабельность. Эта проблема будет становиться всё более острой по мере глобализации бизнеса.

Здесь я должен остановиться на гибридном (*hybrid*) моделировании (в соответствии с определением, данным в первой части статьи). Пока оно существует (поддерживаются взаимоотношения “родитель – потомок”), проблема интероперабельности в отношении данных из разных систем будет иметь место. При использовании гибридного моделирования можно предложить только два пути решения проблемы интероперабельности:

1) Необходимо, чтобы все гибридные CAD-системы имели в точности одинаковый набор конструктивных элементов (КЭ), а также стандартизованную структуру конструктивных элементов и структуру дерева построений. Затем у нас должна быть возможность загружать файлы, созданные в одной CAD-системе, в другую систему и получать в полном объеме дерево построений с полным набором инструментов редактирования без применения дорогостоящих трансляторов, “основанных на конструктивных элементах” (*“feature-based”*). В этом случае поставщики разных CAD-систем потеряют практически все конкурентные преимущества. Ясно, что этого никогда не произойдет.

2) Необходимо, чтобы все мы пользовались одним и тем же CAD-инструментом. Создается впечатление, что предпочтение такому подходу отдается в автомобильной промышленности (где преимущественно используется NX), а также в аэрокосмической промышленности (где преимущественно применяется CATIA).

Проблема интероперабельности заключается вовсе не в геометрии, как считают многие. Да, геометрическая

интероперабельность сегодня еще не стопроцентная, но уже близка к этой цифре. Единственной реальной преградой здесь является различный уровень точности описания 3D-геометрии, используемый тем или иным поставщиком CAD-систем. Добавляет сложности и тот факт, что некоторые популярные CAD-системы, помимо действительно необходимой геометрии, хранят еще и “геометрический мусор” (то есть данные, созданные в процессе построения, но не относящиеся к конечной модели. – *Прим. ред.*), однако это уже тема отдельного разговора.

Итак, если проблемы интероперабельности не являются геометрическими, где тогда искать причину их возникновения? Корень проблем в том, что большинство CAD-систем гибридного моделирования не позволяет обращаться к геометрии напрямую, а дает взаимодействовать с ней лишь через дерево построений. Таким образом, чтобы в гибридной CAD-системе можно было работать с геометрией, созданной в другой системе, необходимо, чтобы у вас было дерево построений (вместе со всеми примитивами и параметрами), а не геометрия. Без дерева построений геометрия является практически бесполезной.

К сожалению, для дерева построений стандартов преобразования пока не существует. Когда вы, например, берете файл модели из системы *Pro/ENGINEER* для чтения в *SolidWorks*, то всё, что вы получите – это геометрию, один-единственный большой примитив. В дереве построений системы *SolidWorks* вы увидите только один конструктивный элемент, который и является импортированной моделью целиком. Без полного дерева построений вы не сможете в дальнейшем редактировать модель – можно будет только добавлять новые примитивы/КЭ.

Лишь немногие компании (среди которых и *SolidWorks*) ведут разработки технологий, которые позволяют автоматически проанализировать импортированную геометрию и попытаться реконструировать дерево построений. Результат в лучшем случае получается фрагментарным и, как правило, не пригодным для использования, за исключением очень простых моделей. Другие поставщики в свои системы гибридного моделирования включают инструменты прямого редактирования геометрии. Первой это пыталась сделать несколько лет назад компания *SDRC* в своей линейке продуктов *MasterSeries*. Поглотившая её компания *UGS* (ныне – *Siemens PLM Software*) в апреле 2007 года объявила о том, что технология прямого редактирования модели доступна в новейшем релизе *NX5*. X-мм...

Есть и другие компании, среди которых *Proficiency, Inc.* (www.proficiency.com) и *CoreTechnologie* (www.coretechnologie.com), которые разрабатывают трансляторы для дерева построений. Определенных успехов они добились. Суть подхода в том, что вы транслируете не собственно геометрию модели, а дерево построений, эскизы, примитивы и параметры. Как только импортирование завершено, вы восстанавливаете дерево и получаете готовую модель. Проблемы обычно возникают, когда поставщик CAD-системы выпускает новую версию, в которой появляется новый конструктивный элемент или изменяются методы обработки некоторых существующих КЭ. Это приводит к изменениям в



Рис. 1

дереве построений, и транслятор просто перестает работать. Кроме того, могут быть различия в том, как задаются и интерпретируются отдельные КЭ в той или иной CAD-системе. Например, скругления углов, построенные в одной системе, в другой могут выглядеть иначе, что определяется лежащими в основе создания скруглений алгоритмами.

В системах моделирования без дерева построений такие проблемы с обменом данными просто отсутствуют.

Подведем итог. Если разбросанные по всему земному шару команды разработчиков, применяющие различные CAD-продукты, будут продолжать практику приобретения систем с деревом построений, то проблема интероперабельности только усугубится. Учитывая достижения технологий моделирования без дерева построений, можно с достаточной степенью уверенности прогнозировать, что в течение пяти – семи лет системы, которые базируются на дереве построений, будут вытеснены с рынка (если все мы, конечно, не придем к соглашению об использовании одной общей).

Так каким же моделлером пользоваться?

Итак, какой выбор является правильным для вас и вашей деятельности? Моя карьера связана с тем, что я помогаю организациям, разрабатывающим изделия, понять, какие инструменты наилучшим образом соответствуют их бизнесу и процессам. Вы можете сделать это самостоятельно. Первое и самое главное – обратитесь к целям вашей деятельности (см. рис. 1). Именно цели должны определять бизнес-процессы вашей организации.

Обеспечение процессов требует соответствующих инструментов. Зачастую инструменты приобретаются, когда процессы изучены только поверхностно. Инструменты должны обеспечивать процессы, а процессы – помогать в достижении целей деятельности. В принципе будет неплохо, если кто-то компетентный бросит непредвзятый взгляд на ваши процессы и поможет ознакомиться с различными доступными технологиями. Не позволяйте влиять на процесс выбора технологий вашим эмоциям и личным предпочтениям, политическим соображениям и культурным предрассудкам (старое против нового). Принимайте те решения, которые наилучшим образом способствуют развитию вашей деятельности. ☺