

Некоторые особенности освоения систем 3D-моделирования

МАЙ П.В.

Региональное представительство «Solid Works», Екатеринбург

e-mail: mayPV@mail.ru

МУСТАФИН С.А.

Институт проблем информатики и управления МОН РК

e-mail: mustafinsal@mail.ru

Материал статьи отражает опыт преподавания системы Solid Works на курсах переподготовки специалистов-проектировщиков для получения навыков работы

Современное состояние вычислительной техники и возможности специалистов накладывают определенный отпечаток на тип операций, используемых при решении задач проектирования:

- каждый элементарный акт изменений производится не с объектом в целом, а лишь с некоторой его частью;
- акты таких изменений производятся последовательно - на каждом следующем шаге используется некоторая информация, характеризующая текущее состояние процесса проектирования.

Развитые САД-системы расширили представление конструктора о процессах проектирования объекта и позволили создавать сборочные 3D модели, состоящие из нескольких сотен деталей. Сборки позволили моделировать реальные механизмы, состоящие из большого множества деталей, проводить анализ механизмов в действии.

Процесс получения хороших моделей при построении систем проектирования является нетривиальным творческим процессом и плохо поддается формализации, но позволяет интерактивно создавать сложные сборки, моделирующие реальные объекты [1].

Слабая формализация процесса построения моделей приводит к ряду недостатков САД-систем, а именно:

- отсутствие наглядности процесса задания объекта;
- отсутствие удобной параметризации созданного ранее объекта;
- потеря информации о самом объекте и его связях с другими объектами;
- постоянные изменения условий среды;
- постоянные изменения после исправления ошибок.

Следует отметить, что постоянно происходит устранение недоработок этих систем в целом, которые являются, как отмечено выше, результатом слабой формализации

решаемых проблем. Ряд психологических проблем при освоении САД-систем вызван этими недостатками.

При переходе от проектирования на бумаге к электронному проектированию в 2-мерной среде на основе AutoCAD, Компас и др. систем конструктор имеет гораздо меньше проблем, чем переход на конструирование в 3D-среде. Как показывает опыт эксплуатации современных систем - AutoCAD, Компас, Cimatron, Inventor, Solid Works, Solid Edge, Pro Engineer в большинстве случаев хорошо работают в 2D-черчении первые три – хотя эти программы позволяют проводить моделирование в 3D среде, но из-за ряда недостатков редактирования конструкторской модели они используются реже [2]. Хотя ряд специальных работ в 3D-среде удобнее моделировать в специализированных приложениях Autodesk. Конструкторские программы последних версий систем AutoCAD, Компас, Cimatron, Inventor, Solid Works, Solid Edge, Pro Engineer имеют 3D-модуль. Но для задач проектирования из разных предметных областей используются разные системы. В большом числе работ, посвященных решению задач такого типа, можно, по-видимому, выделить некоторые основные направления. Принимая условность такой классификации, приведем ее.

В соответствие с этими задачами, системы геометрического 3D моделирования можно условно классифицировать так:

- для проектирования сложных промышленных изделий (например, самолетов, вертолетов, автомобилей и т.д.) применяют Unigraphics и другие САПР «тяжелого» уровня;
- для проведения архитектурных работ применяют системы типа ArhiCAD;
- для геометрического моделирования машиностроительных изделий средней сложности, например, металлургического оборудования, применяют Solid Works, Inventor, Solid Edge, Pro Engineer.

Существует мнение, что конструктор, пользователь Windows, практически ничего не знающий о программе Solid Works, может сразу начать работать в ней и получать готовые чертежи проектируемых деталей и изделий гораздо быстрее, чем в AutoCAD. Однако опыт эксплуатации показывает, что подавляющее большинство пользователей системы считают, что для реального проектирования сложных узлов и машин 3D-среды, такие системы SW, малопригодны ввиду чрезмерной сложности моделирования и, соответственно, большого количества затраченного времени на проектирование и выпуск рабочей конструкторской документации. Реально моделирование применяется ими для создания моделей деталей и небольших сборок сложных геометрических форм, которые в 2D-среде осуществляются достаточно сложно [2].

В действительности, за этими утверждениями стоит опасение перед определенными особенностями 3D проектирования. Эти особенности понятны опытным пользователям SW. В отличие от 2-мерного, 3-мерное моделирование расширяет множество возможностей, правил работ и соответственно расширяется множество ошибок, о которых система сообщает пользователю красным и желтым выделением элементов в дереве построения сборок/деталей и/или отмечает определенным цветом неверно построенные элементы на экране монитора.

При работе с компьютерной программой пользователь работает в интерактивном режиме и это является серьезным психологическим барьером для конструкторов, ре-

лизирующих ранее на бумаге или при 2D-проектировании практически любые свои предположения, подчас расходящиеся с реальностью. Как следствие, эти решения часто не могли быть полностью реализованы в процессе изготовления, что может привести к несогласованности между изготовителями, заказчиками и проектировщиками, что приводит к затратам ресурсов. Таким образом, 3D-пользователь постоянно ощущает присутствие некоего «контроллера» в его работе. Кроме того, в случае «ручного» проектирования на бумаге или 2D-проектирования на компьютере, при контроле работ руководителем группы, у пользователя всегда есть возможность получить консультацию руководителя работ и привести свою аргументацию.

Интерактивность при электронном проектировании вызывает опасение количеством появляющихся ошибок моделирования и кажущейся невозможностью их исправить. Существует общая рекомендация для конструкторов - периодически сохранять файл в процессе моделирования, чтобы в случае возникновения ошибки закрыть файл без сохранения и начать заново моделировать «проблемный» участок. Данный прием применим, но он трудоемок - увеличивает время работы по устранению ошибок.

К этому добавляется и опасение перед возможными изменениями в процессе 3D-проектирования крупных сборок, узлов и машин – перед возможными ошибками, которые выявляет система. В большинстве случаев изменения в конструкции немедленно отражаются на взаимосвязях элементов – в дереве сборки отображаются красным или желтым цветом элементы и/или взаимосвязи, которые ошибочны или не могут быть наложены. Пользователь тут же теряется – не зная, как выйти из этой ситуации, как исправить ситуацию. Поэтому он интуитивно избегает моделировать крупные сборки, т.к. в случае внесения изменений ему приходится заново моделировать ранее созданный файл сборки, начиная с изменений в базовой детали и по ходу вносить необходимые изменения во все производные детали, т.е. практически полностью приходится вновь начинать сборку. Именно этот аргумент приводят противники комплексного внедрения 3D-сред в конструкторских отделах – утверждая, что 3D проектирование приводит к росту временных затрат при разработке рабочей конструкторской документации. А такие положительные моменты моделирования в SW, как безошибочность рабочей конструкторской документации ввиду постоянной взаимосвязи любого чертежа сборки и детали на любом уровне с базовой моделью, полная проверка сборки на совместимость и любой детали на безошибочность геометрии, возможность изготовления на станках с ЧПУ без построения кода программы обработки и другие положительные моменты отходят на второй план.

Отметим, что у высококвалифицированных конструкторов, хорошо представляющих себе процесс реального изготовления деталей и узлов машин, переход от 2D проектирования на 3D проектирование не вызывает больших трудностей.

Преимущества, которые влечет за собой переход к 3D-моделированию, включая и создание полного комплекта рабочей конструкторской документации машин различной сложности, в одной программной среде, для опытных специалистов не требуют дополнительных подтверждений. Несмотря на это, конструктор, независимо от квалификации, сталкивается с ошибками, которые неизбежны - для их исправления/недопущения предлагается методика работы с ошибками. Дать описание всех ошибок, возникающих у пользователей при 3D-проектировании в SW, невозможно из-за большого многообразия задач и разной квалификации пользователей. Рассмотрим особенности освоения проектирования сложных машин и деталей сложных геометрических форм в трехмерной среде и методы исправления/недопущения ошибок проектирования. Следует отметить,

в общем случае, интерфейс программы SW и принципы ее работы являются дружелюбными к пользователю, настроенному обучаться реальному моделированию и созданию чертежей [3].

Процесс конструирования машины, ее узла представляет собой последовательность следующих трех этапов:

1. Создание на основе предварительной информации и предварительных эскизов будущей конструкции, т.е. испытательных моделей базовых деталей и узлов, определяющих всю последующую конструкцию, либо самых проблемных узлов конструкции, для принятия рациональных конструкторских решений. Инженерный анализ моделей включает определение схемы закрепления и нагрузок на данные узлы, нагружение их в соответствующих приложениях SW - COSMOS, Simulation, Motion и др. [5]. Данные модели должны быть максимально упрощены, желательно узлы сборок объединить или выполнить в виде деталей – пусть и сложной геометрической формы. Например, при испытании конструкций, представляющих симметричные изделия (например, тела вращения), нужно стремиться к тому, чтобы испытательная модель представляла собой половину, либо даже четверть реальной конструкции с необходимой корректировкой схемы закрепления и нагружения. Итогом работы этапа является то, что базовые элементы будущей конструкции испытаны в приложениях SW, согласованы и конструктивно утверждены.
2. Создание конструкторской модели. На этом этапе происходит учет всех требования стандартов, нормалей и т.п. Производится окончательно согласование конструкции со смежными отделами (ОГТ, ОГС, литейным отделом и т.д.) и/или организацией-изготовителем, а также, если возможно, с конечным заказчиком.
3. Создание рабочей конструкторской документации. Сдача рабочей конструкторской документации в производство, конечному заказчику. В случае объединения проектирования и производства в единый цикл, данный этап может быть преобразован в передачу модели в виде данных для станков с ЧПУ (CAD Works, Gibbs CAM, snc Cad), деталей штампов (Logo press), деталей пресс-форм (Mold Works) и других специализированных программ.

В литературе по SW указано, что геометрические элементы эскизов до полного определения должны быть привязаны к исходным точкам – в этом случае они окрашиваются на экране черным цветом, а неопределенные элементы синими [4]. Иногда при построении эскизов сложных геометрических форм никак не удается сделать все элементы черными – тогда помогает функция системы «полностью определить эскиз». В этом случае SW иногда ставит дополнительные связи, размеры – они помогают пользователю понять, как лучше определить взаимосвязи, чтобы полностью определить эскиз либо автоматически накладывает недостающую взаимосвязь. В дереве построения полностью определенный эскиз отображается специальным способом. Добавим к этому, что при создании эскиза, необходимо тщательно продумывать – как привязать элемент эскиза либо его базовую плоскость к исходной точке, либо исходным плоскостям. Этот простой прием позволяет в дальнейшем, при создании сборки, значительно облегчить процесс наложения взаимосвязей [3].

Независимо от типа ситуации система решает задачу автоматического добавления связей. Такие связи могут быть двух видов:

- привязка геометрических примитивов друг другу;
- связи, фиксирующие положение примитивов, ориентацию и размеры.

В некоторых случаях SW не может автоматически наложить необходимую взаимосвязь. Например, касание круговой кромки и радиальной поверхности. В этом случае можно поступить следующим образом. Определить интерференцию компонентов, найти положение, при котором поверхности касаются или практически касаются, и фиксируем подвижную деталь доступной взаимосвязью – как правило, расстоянием от базовой плоскости до ближайшей определенной поверхности ответной детали, либо до какой-то из базовых плоскостей сборки. Таких примеров можно привести множество.

Другим приемом построения сборок и деталей сложных геометрических форм, является введение определенных зависимостей в исходный эскиз, от построения которого начинается моделирование [4]. Данный принцип не всегда применим в проектировании, т.к. не каждая конструкция основана на исходном положении, которые определяют дальнейшие построения. Но даже если исходный эскиз не применяется, необходимо при создании деталей и сборок тщательно проанализировать его в начале - при самых первых геометрических построениях определить возможные изменения в деталях и их реализацию в модели без геометрических ошибок и взаимосвязей элементов.

Также мы рекомендуем пользователям не вносить изменений в эскиз SW на экране монитора либо в модель в момент обсуждения конструкции с коллегами, с руководителем или с заказчиком. Дело в том, что конструктор–консультант думает локально - прежде всего, об элементах и их окрестностях, которые надо изменить, а не о нарушении геометрии эскиза/модели и взаимосвязях в целом. Простым и эффективным приемом в данной ситуации является фиксирование на бумаге предложений руководителя, коллег, заказчика – возможно, в виде элементарного эскиза с комментариями. А затем нужно продумать, как нужно внести данные изменения в конструкцию с минимумом ошибок в геометрии/перестроений для получения готового результата.

Еще один прием работы, который часто недооценивается пользователями – умение эффективно пользоваться инструментом конфигураций SW. Инструмент конфигураций позволяет сохранить зафиксированные элементы конструкции – например, существующие элементы или обстановку и ввести в нее новые объекты, погасив/скрыв ряд ненужных элементов для реализации вышеописанных замечаний/предложений. Это позволяет одним файлом в нескольких конфигурациях, сохранить и исходный вариант, и измененный по предложению/требованию, затратив на реконструкцию минимум усилий и времени.

Ранее, мы рассматривали ситуацию внесения необходимых изменений в конструкцию и дали рекомендацию не вносить изменения в модель без предварительного анализа для минимизации ошибок в геометрии/взаимосвязей модели. Однако полностью избежать ошибок, выявленных системой, не удастся даже опытным пользователям. Причина в высокой сложности и слабой формализации процессов проектирования.

Возникающие ошибки бывают двух видов:

1. SW не может осуществить перестройку без ошибок и сообщает об этом конструктору выделением красным и желтым цветом элементов в дереве с выводом на экран окна предупреждения.
2. SW перестраивает элементы без сообщений об ошибках в дереве построения, нарушая при этом естественную геометрию взаимодействия элементов – например,

отверстия под болтовые соединения сместились при реконструкции.

Ошибки 1-го вида, как упоминалось ранее, вызывают у пользователей опасения. SW подтверждает правильность геометрии модели и взаимосвязи элементов, но не все сделанные конструктором изменения возможны без ошибок во взаимосвязях или геометрии. Как правило, конструктор меняет прямо в сборке один из размеров базовой детали – модель сборки перестраивает геометрию, как и задумывалось, но большинство элементов в дереве отражаются с ошибками по причине, как отмечалось выше, локальности изменений. Причем ошибочными, как правило, являются одна или две взаимосвязи, но SW высвечивает все множество зависимых элементов и связей, вызывая у пользователя опасения поиска ошибок, приводящих к такому результату. Рекомендация в данном случае самая общая – периодический осмотр моделей после перестроений, связанных с изменением модели, и соответствующий анализ промежуточным моделям с выделением ошибок.

Ошибки 2-го вида более опасны, т.к. при создании сложных моделей конструктор может пропустить геометрические нарушения. Эти ошибки становятся заметны лишь при получении рабочей конструкторской документации. Рекомендация может быть следующей. Перестраивая деталь в сборке и, соответственно, всю сборку в целом, нужно предварительно посмотреть в дереве построений, с какими деталями она взаимосвязана, какие наложены ограничения, взаимосвязи и предварительно оценить – как эти взаимосвязи могут быть нарушены при перестроении. И, конечно, лучше заранее создать новую конфигурацию сборки и в ней осуществлять перестроения, погасив те взаимосвязи, которые SW уже не может выполнить без ошибки и вводя новые.

Если такого предварительного анализа недостаточно, то для устранения ошибок можно использовать следующее правило: погасить максимальное количество элементов внизу дерева по правилу – чем ниже элемент в дереве, тем более он подвержен накопленной сверху ошибке. Если не удастся найти «проблемный» элемент внизу дерева, то последовательное редактирование взаимосвязей «сверху» - от первого «проблемного» элемента, который подлежал изменению.

Работа направлена на получение навыков работы с пакетом 3D моделирования машиностроительных задач, приведены особенности методики освоения и техники трехмерного моделирования при помощи мощного и современного Windows приложения Solid Works. Наблюдения за развитием разработок системы SW показывают направленность их на дружелюбность к пользователям, желающих работать в этой системе.

Список литературы

- [1] Пивняк Г.Г., Франчук В.П., Заболотный К.С., Панченко Е.В. Концепция подготовки инженеров в виртуальных технологиях. Электронное методическое пособие. Национальный горный университет МОН Украины, Днепропетровск, 2008.
- [2] ПРОХОРЕНКО В.П. Solid Works. Практическое руководство // М.: Бином-Пресс.: 2004. 448 с.
- [3] ЩЕКИН И.В. Работа с большими сборками в Solid Works // «RM-Magazine», 2006, № 11
- [4] ДУДАРЕВА Н.Ю., ЗАГАЙКО С.А. Solid Works на примерах. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 544 с.
- [5] АЛЯМОВСКИЙ А.А. и ДР. Компьютерное моделирование в инженерной практике. СПб: БХВ-Петербург, 2005. 800 с.