

Программный комплекс 3DTransVidia — качественная трансляция цифровой модели изделия

Александр Щеляев

Данный материал является первым в цикле статей, посвященных проблемам трансляции CAD-моделей, как части дисциплины контроля качества цифровой модели изделия. В этих статьях будут затронуты различные аспекты работы с CAD-моделью, а также описаны современные мировые тенденции по развитию технологий цифрового документооборота на основе трехмерной геометрической модели изделия.

В настоящее время подавляющее большинство предприятий отечественной промышленности уже оснащены различными информационными инструментами для организации процесса конструирования и подготовки производства. Фактически, в промышленности произошла революция в технологическом укладе, касающаяся формы представления конструкторской документации с отказом от натурального формата документов (с проекционной основой представления обводов изделия) в пользу электронной формы документооборота (с трехмерным представлением обводов изделия). Поскольку после развала СССР в России не проводилась единая государственная промышленная политика и, де-факто, отсутствовала единая инстанция, в рамках которой могли бы разрабатываться и внедряться методики по использованию электронного документооборота, процесс освоения технологий цифрового конструирования и электронного документооборота принял неуправляемый характер. Промышленные предприятия проводили оснащение конструкторских и производственных подразделений на свое усмотрение, руководствуясь субъективными предпочтениями назначенных ответственных исполнителей, некими объективными факторами или исходя из опыта смежников. Результатом подобного подхода стало появление мультибрендовой среды PLM-инструментов как на уровне отрасли, так и внутри крупных предприятий, где разные подразделения используют различные информационные инструменты от разных поставщиков

(что само по себе не является негативным).

Сегодня в России не существует формальных объективных методик выбора PLM-инструментов, а среди прочих критериев единственными работающими являются финансовый и законодательный. Финансовый критерий регламентирует стоимость внедрения и эксплуатации программного обеспечения (ПО), а законодательный — нормативные ограничения по использованию зарубежных инструментов (в зависимости от требований той или иной отрасли промышленности по информационной безопасности). Стоит отметить, что в части базовых функциональных возможностей представленные на рынке PLM-инструменты в виде различных CAD/CAE/CAM/CAI-систем имеют примерно одинаковую функциональную наполненность, независимо от того, зарубежный это продукт или отечественный. Последующее объединение промышленных предприятий России в корпорации привело к началу процесса унификации используемого ПО, который порой оказывался болезненным и неоднозначным в своих результатах, так как к его началу большая часть документации была уже оцифрована в формате той или иной CAD-системы.

В сложившихся условиях крайне актуальной становится необходимость корректной передачи данных из одной CAD-системы в другую. Разработчики CAD-систем всегда обеспечивали свои продукты небольшим джентльменским набором трансляторов, как минимум, для работы с нейтральными форматами, а также ограничен-

ным функционалом в части чтения форматов конкурирующих CAD-систем. Однако данные опции всегда отличались неполноценностью работы из-за того, что возможность обеспечивать обмен данными не является приоритетной задачей для разработчика CAD-системы. Любой вендор в первую очередь стремится заполнить рынок своими решениями и бросает все силы своих разработчиков на развитие функционала CAD-системы в области построения и редактирования геометрической модели, а не на создание инструментов по качественному обмену данными. В подобной ситуации посредническую функцию по устранению барьеров между различными CAD-системами взяли на себя несколько компаний, которые предлагают инструменты трансляции цифровой модели изделия между различными CAD-системами. Одним из таких инструментов является программный комплекс 3DTransVidia, разработкой которого занимается российская компания ТЕСИС.

3DTransVidia

3DTransVidia — это программный комплекс, предназначенный для трансляции CAD-моделей между различными форматами с возможностью диагностики

Александр Щеляев

Менеджер отдела вычислительной гидродинамики, ООО «ТЕСИС».

CAD-модели на предмет наличия ошибок и их исправления в автоматическом или ручном режимах.

Выделяют следующие причины появления ошибок в цифровых моделях:

1. Разная концепция представления геометрической точности. Старые системы характеризуются относительным методом определения точности представления геометрии и топологии. Величина точности зависит от габаритов всей детали или от текущего размера элемента детали. Это приводит к изменению точности модели, от случая к случаю, а также к потере твердотельного представления (с образованием зазоров между кромками соседних поверхностей) при чтении подобных моделей в современных CAD-системах, построенных на абсолютной точности представления линейных размеров, независимо от габарита изделия (рис. 1). Аналогичная ситуация возникает и на уровне топологии геометрической модели, что приводит к изменению облика детали (рис. 2).

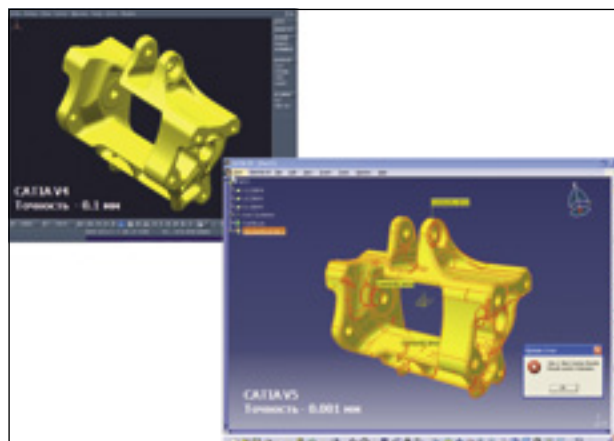


Рис. 1. Потеря твердотельного представления при трансляции CAD-модели из CATIA V4 в CATIA V5

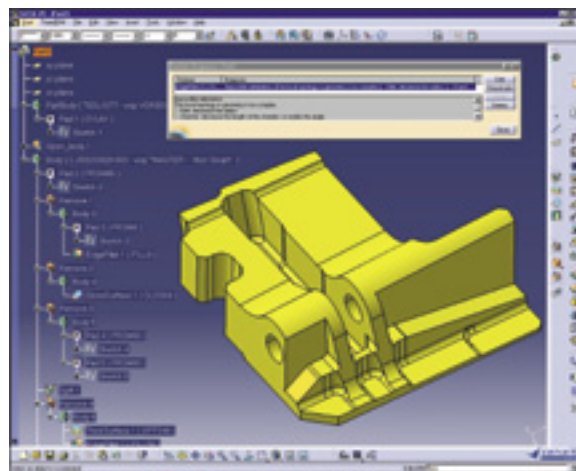
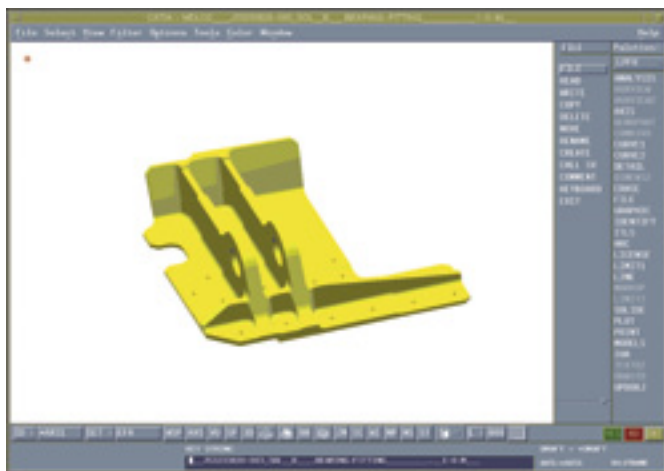


Рис. 2. Потеря в топологическом представлении при трансляции CAD-модели из CATIA V4 в CATIA V5

2. Различные концепции внутреннего представления многосложных тел — единое представление (manifold) и раздельное представление (non-manifold). В случае единого представления тело сложной формы представляется как единый объем пространства, ограниченный поверхностями, обрезанными друг по другу, с использованием топологии. В случае раздельного представления модели тело состоит из нескольких тел, стыкующихся друг с другом по соседним граням.

Топологией CAD-модели (упрощенное определение на примере

представленного частного случая) называется набор каркасных кривых с учетом их взаимосвязей, которые образуются в результате пересечения поверхностей модели. По данным линиям пересечения выполняется обрезка всех поверхностей модели. Знание о топологии цифровой модели необходимо для быстрого построения геометрической модели в рамках концепции B-Rep (Boundary Representation), где в самой модели хранятся необрезанные образующие обводы поверхности (так называемое пространство геометрии) и топологическая модель в виде набо-

ра кривых и связей между ними (рис. 3).

3. Некорректная реализация алгоритма трансляции CAD-форматов из-за порой неполной поддержки нейтральных форматов или вследствие закрытости «родных» форматов CAD-систем. Популярными нейтральными форматами являются IGES и STEP, хотя и являются стандартами, но не требуют обязательного использования всего заложенного в них функционала и допускают частичную или двойную интерпретацию данных, а следовательно, частичную реализацию в про-

граммных кодах. Если добавить к этому существование различных версий данных форматов, то в итоге мы можем получить некачественный результат при передаче CAD-модели с атрибутами через эти форматы. Например, поддержка PMI (Product Manufacturing Information) в формате STEP в «тяжелых» CAD-системах типа CATIA, UG NX или Pro/E появилась не сразу.

4. Нерегламентированные правила построения CAD-модели пользователем, которые могут вносить системные ошибки в геометрию и топологию CAD-

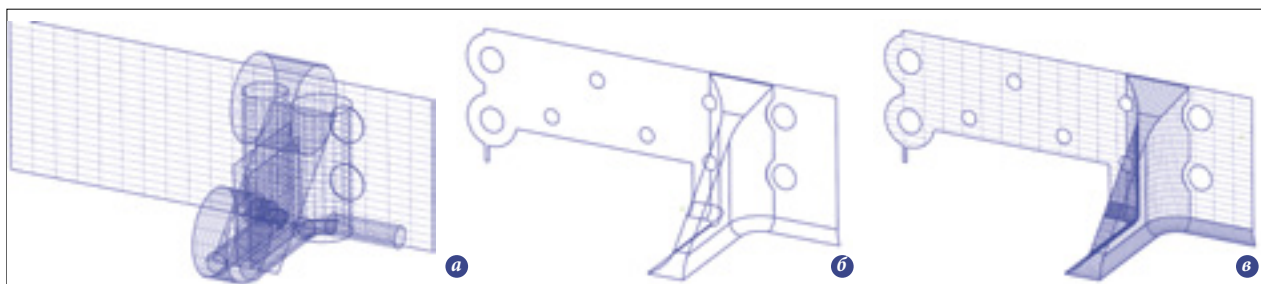


Рис. 3. Геометрическое пространство модели (а); топологическое пространство модели (б); результирующая модель (в)

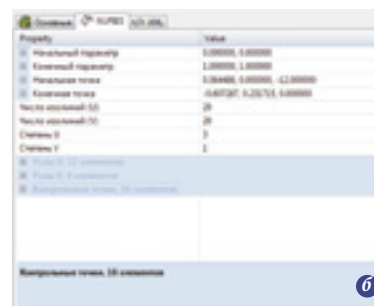
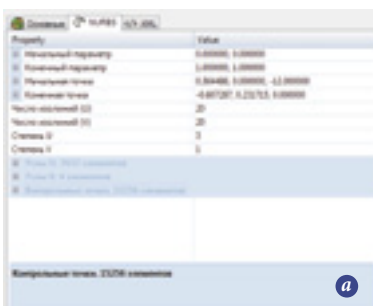
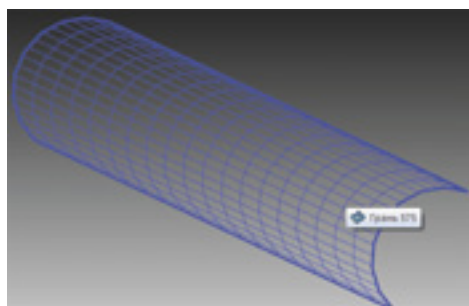


Рис. 4. Демонстрация различий в представлении цилиндрической поверхности при помощи разного инструментария 3DTransVidia: а — 15 256 контрольных точек, 1,7 Мбайт; б — 16 контрольных точек, 6 Кбайт



модели, мигрирующие с этой CAD-моделью от формата к формату. Это наиболее существенный и часто встречающийся тип ошибок, которые зачастую можно эффективно исправить только путем перестроения исходной CAD-модели.

5. Разная алгебраическая точность в реализации математических функций, применении полиномов различных степеней при описании поверхностей двойной кривизны, а также разное количество используемых контрольных точек в поверхностях любых типов (рис. 4). Вследствие избыточного количества контрольных узлов поверхностей увеличиваются накладные расходы в виде размера файла, объема памяти, арифметических затрат при работе с моделью, а в итоге — временные затраты.

Отсутствие поддержки высоких значений степеней полиномов приводит и к отсутствию поддержки работы с производными высоких порядков и к последующему разбиению исходной единой поверхности на множество малых в процессе трансляции. Это в дальнейшем отрицательным образом сказывается, например, на работе с подобными поверхностями в САМ-приложениях. Маршрут движения инструмента в САМ-системах зачастую строится, опираясь на границы поверхностей модели. Слишком частая сегментация поверхности приводит к слишком частому изменению направления движения инструмента, что сказывается на качестве обработанной поверхности в худшую сторону, а также к увеличению времени обработки поверхности (рис. 5). Данная ситуация наиболее характерна при передаче CAD-модели из систем на базе геометрического ядра Parasolid (требование непрерывности касательной (G1) в описании поверхности) в систему CATIA V5 (требование непрерывности кривизны (G2) в описании поверхности).

Встречающиеся на практике комбинации различных причин появления ошибок приводят к изменениям в описании геометрических обводов модели, а в конечном счете — к браку на производстве, временным и финансовым потерям (рис. 6).

Таким образом, для корректной работы с CAD-моделями требуется использовать специальные инструменты, которые позволяют:

- транслировать CAD-модели между различными системами САПР с возможностью диагностики и исправления обнаруженных ошибок;
- выполнять превентивную оценку качества цифровой модели как на уровне геометрии и топологии, так и на уровне атрибутов и PMI-объектов;
- проводить валидацию цифровой модели изделия для оценки качества трансляции.

Для обеспечения трансляции CAD-модели требуется предусмотреть передачу исходного (например, твердотельного) представления, а также гарантировать отсутствие внесения нерегламентированных изменений в геометричес-

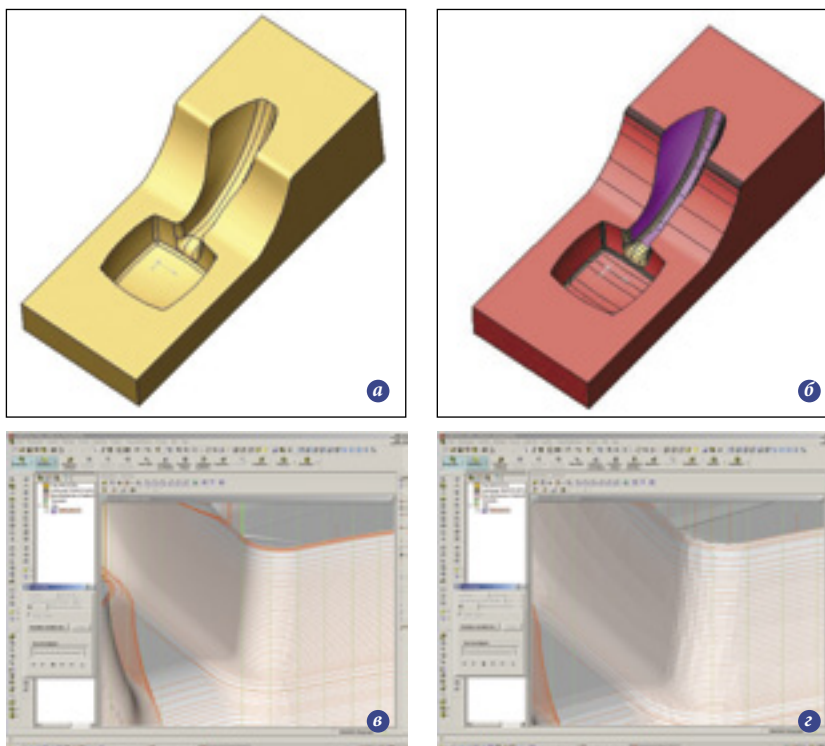


Рис. 5. Различия в качестве обработки поверхности в зависимости от представления CAD-модели: а — 33 поверхности; б — 127 поверхностей; в — высокое качество обработки; г — низкое качество обработки

кие обводы изделия алгоритмом трансляции. Эти требования должны быть выполнены как на уровне твердотельной детали, сборки, так и на уровне поверхностной модели.

Разработчики 3DTransVidia предприняли ряд важных шагов на пути создания оптимального инструментария трансляции модели. Успешная трансляция базируется на трех принци-

ТесИС

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
— В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

- 3D TransVidia** — трансляция и проверка качества 3D моделей
- SIMULIA Abaqus** — прочность
- FlowVision** — гидродинамика
- DEFORM** — обработка металлов давлением
- AutoForm** — листовая штамповка

www.tesis.com.ru www.flowvision.ru

Тел/Факс: (495) 612 - 4422, 612 - 4262

E-mail: info@tesis.com.ru

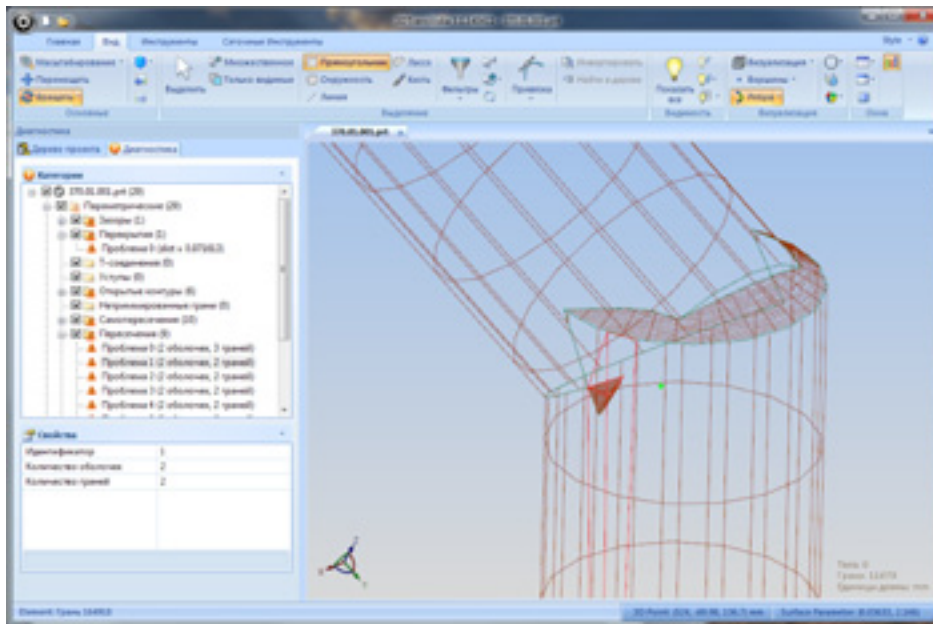


Рис. 6. Результат пересечения двух цилиндров с образованием треугольных поверхностей малой размерности, приводящих к девиации в пределах точности

пах: правильное чтение исходной CAD-модели, правильная диагностика/исправление и правильное сохранение модели в другой CAD-формат.

Корректное чтение CAD-модели в программном комплексе 3DTransVidia гарантируется использованием оригинальных библиотек разработчиков коммерческих CAD-систем и геометрических ядер. Разработчики 3DTransVidia сотрудничают с основными игроками на рынке CAD-систем: обладают статусом SolidWorks Gold Certified Partner; лицензируют библиотеки SPATIAL от компании Dassault Systemes; принимают участие в дальнейшем развитии формата STEP в рамках

консорциума PDES, Inc.; принимают участие в создании нового нейтрального формата QIF (Quality Information Framework) в рамках консорциума DMCS (Dimensional Metrology Standards Consortium); участвуют в работе консорциума 3DPDF; готовят к представлению поддержку формата JT от компании Siemens. Отдельно следует отметить, что большую часть времени специалисты компании уделяют работе в вышеупомянутых консорциумах на исполнительном и техническом уровне и оказывают влияние на облик нейтральных форматов. Столь широкое сотрудничество обеспечило качественную поддержку следующих форматов в программном комплексе 3DTransVidia: CATIA V4, CATIA V5, ProE/Creo, UG NX, Inventor, SolidWorks, Solid Edge, STEP, IGES, ACIS, Parasolid, SAT, VDA-FS, VRML, STL, MESH, 3DXML и Adobe 3D PDF (рис. 7).

Работа с системой

После выбора формата файла на чтение пользователю предлагается задать величину геометрической точности, с помощью которой алгоритм будет анализировать геометрию и топологию импортируемой CAD-модели. Наличие глобального параметра геометрической точности, который впоследствии будет использоваться

никновению ошибок в геометрии при трансляции. Работа с определенной величиной геометрической точности означает, что в первую очередь инструмент предназначен для передачи геометрических обводов изделия и обеспечения их целостности (рис. 8).

На этапе открытия CAD-модели программный комплекс 3DTransVidia в автоматическом режиме проверяет ее на наличие ошибок и автоматически исправляет те ошибки, исправление которых не приводит к изменениям в модели за пределом заданной точности. Процесс диагностики и исправления геометрии и топологии в модели на этапе чтения полностью автоматизирован и базируется на накопленной в течение многих лет статистике по типам ошибок и методам их исправления. Те ошибки, исправление которых приводит к появлению изменений в поверхности за пределом заданной геометрической точности, сортируются по типу и передаются для дальнейшего анализа пользователю, который, ознакомившись с ними, принимает решение о дальнейших действиях — использовать автоматические или ручные инструменты исправления в ПО 3DTransVidia или вернуться в CAD-систему и с ее помощью устранить источник возникновения проблем в исходной CAD-модели (рис. 9).

Все обнаруженные ошибки сортируются в *Дереве диагностики* по трем основным типам: *Параметрические*, *Сеточные* и *РММ*. В раздел *Параметрические* попадают ошибки, связанные с поверхностями CAD-модели, — плоскости, поверхности вращения и повер-

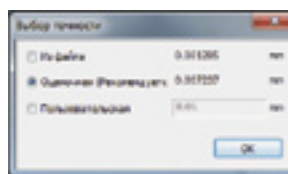


Рис. 8. Выбор и задание геометрической точности CAD-модели

на всех этапах работы с моделью (чтение, анализ, исправление, запись), является концептуальной особенностью 3DTransVidia. Это в корне отличается от концепции работы CAD-систем, при которой на разных операциях построения допускается иметь различную геометрическую точность, что впоследствии может приводить к воз-



Рис. 7. Поддерживаемые форматы на чтение в 3DTransVidia

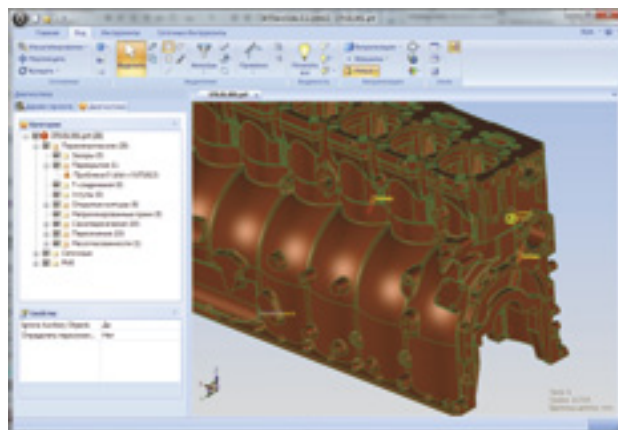


Рис. 9. Дерево диагностики CAD-модели в 3DTransVidia

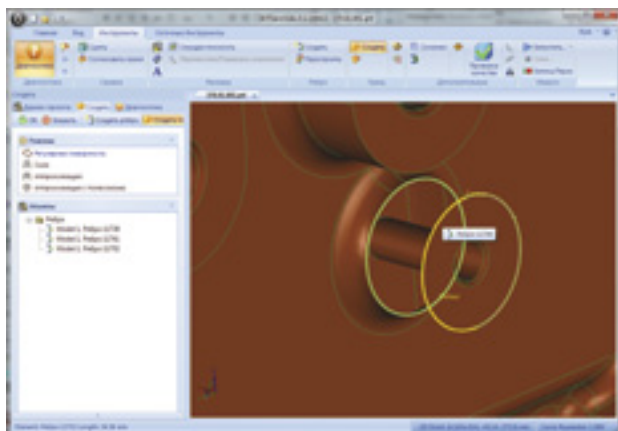


Рис. 10. Построение цилиндрической поверхности по базовым контурам, состоящим из разного количества кривых

ности двойной кривизны, поверхности в аналитическом (каноническом) или NURBS-представлении; *Сеточные* — ошибки в сеточных объектах (поддерживается только работа с треугольной поверхностной сеткой); *PMI* — ошибки в аннотационных объектах.

Каждая ошибка в дереве диагностики доступна к выделению с отражением ее характерных размеров и отображением в рабочей области экрана. Неоспоримым удобством в понимании природы появления ошибок является их визуализация непосредственно на CAD-модели. Любая ошибка может быть изолирована от целой модели, что упрощает навигацию по модели и делает доступ к проблемной зоне удобным, особенно

для моделей со сложной геометрической пространственной конфигурацией. В процессе ручного исправления пользователь работает только с локальной областью вокруг дефекта, что существенно снижает требования к системным ресурсам для обработки. После ручного исправления ошибка исчезает из дерева диагностики.

Предлагаемый набор построения и редактирования геометрии и сетки не предназначен для дублирования инструментов CAD-систем. Программный комплекс 3DTransVidia в первую очередь позиционируется как дополнение к уже существующим инструментам построения и редактирования геометрии в CAD-системах. Пользователь самостоятельно прини-

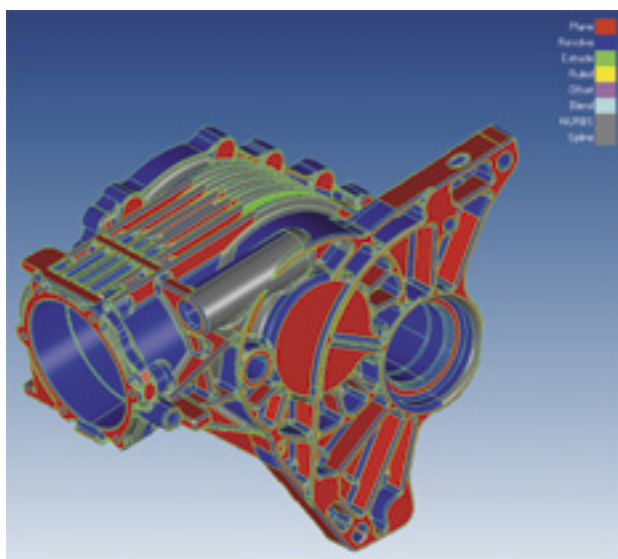


Рис. 11. Цветовое представление поверхностей детали по их типу (плоскость, вращение, вытягивание, линейчатая, эквидистанта, свободная форма, NURBS, сплайн)

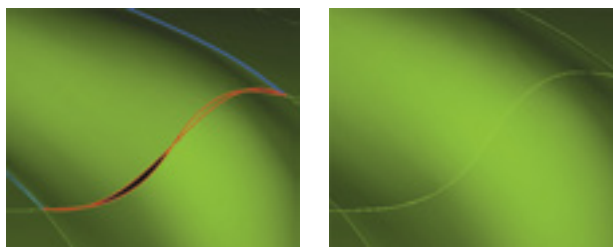


Рис. 12. Изменение описания поверхности вблизи ее кромок для соединения с соседней поверхностью в пределах заданной точности

мает решение о том, какие ошибки имеет смысл исправлять в CAD-системе, а какие — в 3DTransVidia. Имеющийся функционал позволяет работать на всех уровнях геометрической модели — с вершинами, кривыми, поверхностями и сборками — и создавать и редактировать модель таким образом, чтобы максимально облегчить пользователю работу с импортированной моделью, созданной в другой рабочей среде. Работа с моделью происходит только на уровне создания и перестроения отдельных кривых и поверхностей или групп, а не на уровне объектного твердотельного (B-Rep) геометрического моделирования (рис. 10).

Базовый набор инструментов 3DTransVidia сформировался на основании опыта работы пользователей и нацелен на подготовку геометрической модели для дальнейшего применения в рамках сложившихся потребностей CAD/CAM/CAE/CAI-систем. Например, в числе прочих инструментов существует возможность перестроения NURBS-поверхностей с поиском близкого существующего канонического представления — плоские поверхности, тела вращения и прочее. Модель, перестроенная с помощью канонического описания поверхности, впоследствии существенно упрощает работу алгоритмам распознавания элементов построения (Feature Recognition), а также делает возможным редактирование детали с помощью инструментов прямого (вариационного) редактирования (рис. 11).

Кроме того, существует возможность объединения нескольких поверхностей в единую, с сохранением отклонения в пределах не выше заданного допуска, что, например, может в будущем упростить создание управляющей программы в CAM-приложениях. В за-

висимости от ситуации может потребоваться получить твердотельное представление с отклонением от исходного описания и перестроить поверхность с незначительным отклонением по ее краям, а также изменить положение поверхности в пространстве внутри открытого контура оптимальным образом, чтобы успешно соединить ее кромки с кромками соседних поверхностей. Подобный подход применим, например, в области математического моделирования напряженно-деформированного состояния или течения жидкости или газа (рис. 12).

После приведения модели в соответствие с требованиями качества предприятия или проекта, модель необходимо сохранить в требуемый формат. По сути, все CAD-форматы содержат одинаковую информацию о цифровой модели изделия, и различие между ними заключается только в структуре хранимых данных. Эта структура отвечает требованиям самой CAD-системы и зависит от ее математического аппарата, его ограничений, допущений и точности. Знание особенностей работы конкретной CAD-системы позволяет проводить сохранение геометрической модели в файл таким образом, что CAD-система впоследствии сможет интерпретировать прочитанную из файла информацию однозначным образом и полученные в итоге геометрические обводы модели будут лежать в заданном поле допусков. Подобного рода знания о внутренней структуре CAD-системы не являются публичными, и их можно получить только будучи разработчиком CAD-системы либо имея доступ к документации вендора. В процессе экспорта модели пользователю 3DTransVidia предоставляется возможность сохранять ее в предыдущие версии поддержи-

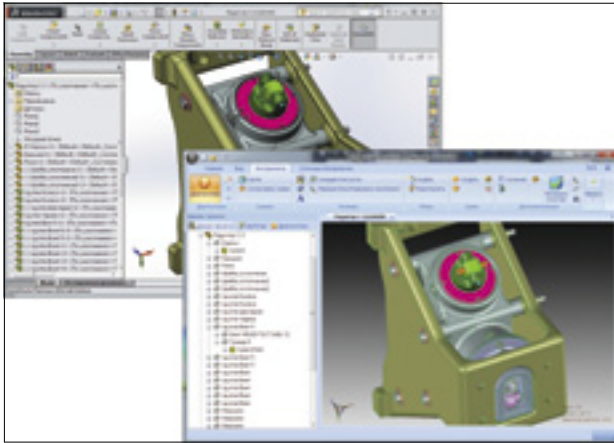


Рис. 13. Сохранение исходной структуры сборки и цветового представления

ваемых на запись форматов, что частично может решить вопрос обратной совместимости файлов для разных версий одной и той же CAD-системы.

Работа со сборкой

При работе со сборкой изделия к требованиям на уровне геометрии и топологии добавляются требования по сохранности структуры сборки и ее атрибутов: имен деталей, массивов и иерархии сборки. Детали сборки можно либо хранить и передавать в одном файле, либо сохранять каждый файл по отдельности. Для удобства пользователя доступна опция пакетной трансляции массива файлов, когда система самостоятельно последовательно транслирует выбранные файлы из одного формата в другой с применением процедуры проверки и исправления в задан-

ном объеме. По завершении работы пакетного транслятора пользователю предоставляется краткий отчет о результатах трансляции для каждого файла. Те детали, которые в процессе трансляции не удалось исправить, могут быть открыты в 3DTransVidia в обычном порядке для исправления. В пакетном режиме доступны все поддерживаемые 3DTransVidia форматы (рис. 13).

PMI и GD&T

Поддержка трансляции атрибутов и семантической информации становится все более актуальной в свете появления стандарта QIF, в котором реализуется окончательный отказ от бумажной документации в пользу цифрового производства, а именно развитие концепции MBD (Model Based Definition), которая сегодня активно продвигается

на Западе как государственными структурами, так и промышленными игроками. Поддерживается передача цветовой информации поверхности модели, а также передача аннотационных объектов с их отображением в рабочем окне и доступом к редактированию их содержимого. Для форматов CATIA V5, UG NX и Proe/Creo доступна возможность чтения информации PMI и GD&T (Geometry Dimensions & Tolerance). Доступны также массово-инерционные характеристики деталей и информация о габаритах детали или сборки (рис. 14).

Архитектура и работа с PDM-системами

Архитектура программного комплекса 3DTransVidia позволяет гибко организовывать процесс трансляции геометрических данных. Во-первых, продукт может поставляться в варианте локальной лицензии, когда вся процедура полностью локализована на одном компьютере. Во-вторых, он может поставляться в клиент-серверной конфигурации, когда геометрический решатель устанавливается на удаленный высокопроизводительный сервер, обрабатывающий запросы с разных рабочих мест внутри организации. Это позволяет оптимизировать нагрузку на аппаратные мощности и разгрузить рабочие места.

Встроенный скриптовый язык и структура данных, построенная на базе XML-формата, позволяет достаточно легко интегрировать 3DTransVidia с PDM-системами или другими средствами, в которых требуется автоматизация процедуры трансляции данных, их диагностики и исправления, а также формирования отчета о результатах процедуры, в том числе в пакетном режиме.

Геометрический решатель поддерживает параллельные вычисления для систем с общей памятью, что позволяет ускорить процедуры обработки информации на современных многоядерных системах.

Лицензирование

Система лицензирования может выдавать лицензию на работу 3DTransVidia как в локальном режиме для одного рабочего места,

так и в сетевом — в качестве плавающей сетевой лицензии. Лицензирование организовано по типам CAD-форматов на чтение и запись, а также по модулям программного комплекса 3DTransVidia. Система лицензирования 3DTransVidia не требует наличия на рабочем месте лицензий соответствующих CAD-систем и работает в абсолютном автономном режиме. Пользователю доступны все поддерживаемые разработчиками версии CAD-форматов.

Программный комплекс 3DTransVidia является флагманским продуктом в линейке геометрических инструментов, предлагаемых компанией ТЕСИС. Помимо выпуска «младших» продуктов, сделанных на базе 3DTransVidia (типа FormatWorks, KompasVidia, PDQWorks, MBDVidia и др.), разработчики 3DTransVidia активно продвигают свои решения на уровне программных компонентов. Благодаря модульности системы 3DTransVidia на уровне архитектуры разработчики могут гибко формировать функционал под конкретную задачу клиента и оформлять его в виде независимого приложения или встраиваемого модуля. 3DTransVidia продолжает активно развиваться, реагируя на встающие перед предприятиями проблемы в части цифрового документооборота.

Система имеет русскоязычный интерфейс, обладает русскоязычной документацией и технической поддержкой. Компания ТЕСИС предлагает внедрение системы, включая обучение и техническое сопровождение, а также реализацию специального функционала в области трансляции, диагностики и исправления цифровой модели изделия.

Для привлечения внимания к проблеме контроля качества цифровой модели изделия компания ТЕСИС совместно с кафедрой инженерной графики МАИ периодически организует семинары по трансляции CAD-моделей, которые проходят на территории Московского авиационного института. С информацией о новых версиях программного комплекса 3DTransVidia или о соответствующих семинарах можно ознакомиться на сайте компании ТЕСИС (www.thesis.com.ru). ■

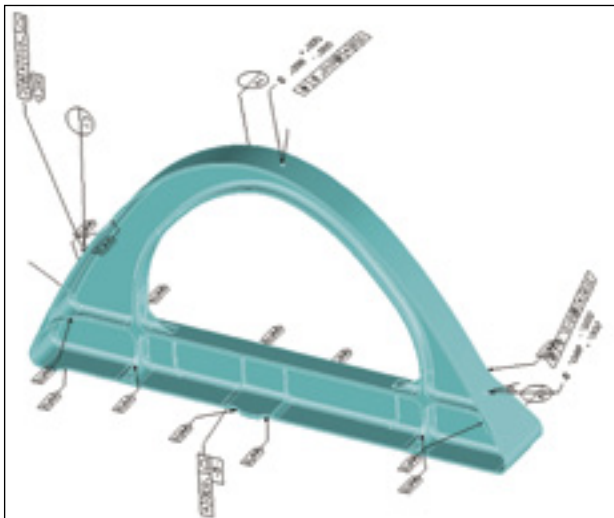


Рис. 14. PMI-информация в прочитанной CAD-модели