

Сравнение 3D-форматов

Исследование компании PROSTEP

Dr. Arnulf Frohlich

©2011 PROSTEP AG (Германия)

В тех случаях, когда CAD-система, в среде которой были подготовлены данные, недоступна или стоит слишком дорого для того, чтобы получить широкое распространение, а также когда не нужна абсолютно точная CAD-модель, на помощь приходят нейтральные 3D-форматы. Они очень важны для обмена данными и распространения 3D-моделей как в сфере инженерной деятельности, так и в смежных областях. Выбор формата имеет большое значение – от этого зависит, какие опции доступны при использовании данных, и каковы будут сопутствующие затраты.

Какой именно из нейтральных 3D-форматов станет правильным выбором для конкретной компании, определяется множеством критериев. В настоящем документе представлен обзор некоторых 3D-форматов, и он может послужить ориентиром для того, чтобы выяснить, какой формат наиболее подходит для каждой из сфер применения.

Краткое содержание

В мире кино и телевидения появилось новое звонкое слово – 3D. В сфере машиностроения трехмерное представление изделий вошло в быт уже достаточно давно. То, что когда-то изготавливалось как физические модели, теперь стало виртуальным. Сегодня количество неинженерных областей, где используются эти виртуальные 3D-модели, всё возрастает. Поскольку CAD-системы не распространены повсеместно, а системная среда в инженерных отраслях чрезвычайно неоднородна, то выбор нейтрального 3D-формата является определяющим для обмена данными и распространения 3D-моделей.

Для обмена 3D-моделями подходит множество нейтральных 3D-форматов. Каждый из них обладает своими свойствами, такими как точность отображения модели, размер файла и многое другое.

После того как деталь спроектирована в 3D, данные вначале хранятся в оригинальном формате того ПО, которое используется для проектирования. Если эти 3D-данные должны быть доступны для людей, у которых нет такого ПО, то в игру вступают нейтральные 3D-форматы. Существенное значение для выбора в качестве объекта исследования четырех рассматриваемых здесь 3D-форматов (STEP, 3D XML, JT и 3D PDF) имели открытость спецификации формата,

его распространенность и потенциал применения для разных сфер деятельности.

Выбранные нами четыре формата рассматривались с целью определить, в какой мере их свойства соответствуют пяти наиболее распространенным случаям применения. Используемость сама стала решающим фактором при выборе для исследования именно четырех вышеназванных форматов, а не IGES, CGM, DXF, VRML, COLLADA и X3D, которые не столь широко применяются в рассматриваемых нами случаях.

Уточним эти области применения:

- 1 просмотр технических данных;
- 2 обмен данными;
- 3 цифровое макетирование (DMU);
- 4 документирование и архивирование;
- 5 использование переносимого PLM-документа (3D-модели и дополнительной информации) в областях, напрямую не связанных с инженерной деятельностью.

В двух последних случаях исключительно высокая степень “разносторонности” (гибкости и универсальности) формата 3D PDF делает его явным лидером. Кроме того, он удовлетворяет ключевым требованиям и в первом случае (просмотр).

Свойства формата JT, в целом, тоже делают его хорошо подходящим для такого применения.

Формат JT очень хорошо подходит и для создания цифрового макета. В принципе, 3D XML тоже хорошо приспособлен для этого, но на данный момент его использование ограничивается рамками семейства продуктов компании Dassault Systèmes.

Табл. 1. Оценка возможностей нейтральных форматов

Область применения	STEP	3D XML	JT	3D PDF
Просмотр	●	● ●	● ● ●	● ● ●
Обмен данными	● ● ●	●	● ●	●
Цифровой макет	●	● ●	● ● ●	●
Документирование и архивирование	● ●	●	● ●	● ● ●
Переносимый PLM-документ	●	●	●	● ● ●

Обозначения: ● ● ● – очень хорошо, ● ● – весьма прилично, ● – подходит с оговорками

Если в фокусе внимания находится обмен данными, то лучший выбор – формат *STEP*, который был стандартизован уже достаточно давно, и его поддерживают многие приложения.

Результаты нашего сравнения возможностей нейтральных *3D*-форматов для различных областей применения представлены в *табл. 1*.

Не существует единственно верного ответа на вопрос, какой из *3D*-форматов “самый лучший”. У каждого из них есть свои сильные стороны, которые проявляются в определенных областях. Какие свойства формата будут рассматриваться как преимущества – это зависит от обстоятельств и от того, о каких областях применения идет речь. Компания *PROSTEP* сталкивается с этой проблемой ежедневно. Обзор *3D*-форматов, предлагаемый в данном документе, может послужить ориентиром для того, чтобы точно определить, в каком случае какой из них подходит больше.

Вступление

Когда партнеры по разработке обмениваются *CAD*-данными, вопрос выбора подходящего формата становится жизненно важным. Этот выбор определит, какие опции будут доступны при использовании данных в сквозном процессе, насколько перспективным является решение, и какими будут дополнительные затраты.

Ключевыми характеристиками любого нейтрального *3D*-формата являются многосторонность и многофункциональность, позволяющие использовать *3D*-данные за пределами конструкторских отделов, высокий уровень безопасности данных и возможность расширения формата для охвата будущих потребностей.

Для того чтобы оценить, какой формат больше подходит для компаний (особенно для инженерно ориентированных процессов), мы исследовали четыре нейтральных *3D*-формата:

- 1 *STEP (Standard for the Exchange of Product model data)* – стандарт для обмена данными о модели изделия);
- 2 *3D XML (eXtensible Markup Language – расширяемый язык разметки);*
- 3 *JT (Jupiter Tessellation);*
- 4 *3D PDF (Portable Document Format).*

Основными критериями выбора именно этих форматов послужили открытость спецификации формата, его распространенность и соответствие пяти рассматриваемым областям применения. В этой связи другие форматы, такие как *IGES*, *CGM*, *DXF*, *VRML*, *COLLADA* и *X3D*, не принимались во внимание, как менее используемые в выбранных нами областях.

Критерии для оценки пригодности нейтральных *3D*-форматов были выбраны в соответствии с их практической применимостью. Один из критериев – удобство доступа в мир *3D*-данных через бесплатные вьюверы. В той же степени важна доступность соответствующего ПО [для работы с форматом] и конверторов, что необходимо для

обеспечения полноты использования всех опций и преимуществ, предоставляемых форматом. Должны существовать подходящие инструментальные наборы для разработки ПО (*Software Development Kit – SDK*), с помощью которых, при необходимости, можно адаптировать формат к системной среде, существующей в какой-то конкретной компании, и к её индивидуальным бизнес-процессам.

Размер файла, получаемого при конвертации данных в *3D*-формат, также может иметь значение, поскольку при работе с данными это является критически важным фактором, определяющим эффективность использования системных ресурсов.

Открытость и доступность спецификации формата, описывающей его на основе стандартов, может рассматриваться как хороший индикатор уровня защиты инвестиций и гарантия на будущее. В конечном счете, все эти критерии влияют на возникающие при использовании формата расходы.

Для того чтобы провести сравнение по базовым критериям, требовалось получить ответы на следующие вопросы:

- Какие бесплатные вьюверы доступны для формата?
- Какие существуют конверторы и программы, позволяющие производить и использовать данные в соответствующем нейтральном *3D*-формате?
- Какие инструменты разработки и механизмы поддержки доступны для последующего развития ПО?
- Как отличаются размеры файлов?
- Ратифицирован ли формат признанной организацией, занимающейся стандартизацией?

После этого форматы оценивались на основании ответов в контексте пяти типовых случаев использования:

- 1 визуализация инженерных данных;
- 2 обмен данными, включая точную геометрию;
- 3 цифровое макетирование (*DMU*);
- 4 документирование и архивирование;
- 5 переносимая *PLM*-документация (использование *3D*-информации в неинженерных областях).

Результаты сравнения представлены в табличной форме, позволяющей оценить пригодность *3D*-формата в конкретном случае. Весовые коэффициенты для каждого свойства зависят от конкретного использования формата в компании, и их мы можем определить только в рамках консультаций, для каждого клиента индивидуально.

Почти невозможно обеспечить полное сравнение *3D*-форматов во всех аспектах. Поэтому данное исследование ограничено теми аспектами, которые, как показывает наш опыт, играют наиболее важную роль для выбора формата.

Поскольку все *3D*-форматы продолжают развиваться в соответствии с требованиями,

возникающими в ходе их практического применения, данный документ будет постоянно обновляться.

История разработки и технические свойства форматов

✓ STEP

STEP – краткое название подготовленного Международной организацией по стандартизации (*International Organization for Standardization – ISO*) стандарта *IS 10303* для представления данных об изделии. Описание изделия охватывает не только его физические, но и функциональные аспекты.

Разработка *STEP* началась в 1984 году, как преемника форматов *IGES*, *SET* и *VDA-FS*. В 1994/95 гг. *ISO* опубликовала начальную версию *STEP* как международный стандарт (*IS*). Сегодня наиболее важными для цифрового проектирования частями *STEP* являются входящие в стандарт *10303* протоколы приложений (*AP*) *214* и *203*. Эти протоколы можно использовать в *CAD*-, *CAM*- и *CAE*-системах для обеспечения экспорта и импорта данных об изделии. Движущими силами в деле развития формата *STEP* были *ProSTEP iViP Association* и консорциум *PDES, Inc.*

Геометрия изделия в формате *STEP* может быть представлена каркасной моделью, поверхностями или твердыми телами. Сжатие и упрощение данных не поддерживаются. С тех пор как файлы *STEP* стали записываться в формате *ASCII*, появилась возможность значительно уменьшить их размер за счет сжатия внешними средствами – например, путем архивации в формате *ZIP*. Несмотря на то, что модель данных *STEP* допускает преобразование в мозаичное представление, эта функция не поддерживается доступными на рынке приложениями.

Развитие формата *STEP* продолжается. В настоящий момент протоколы *AP 203* и *AP 214* объединены в *AP 242* с целью получить единый стандарт для аэрокосмической и автомобилестроительной отраслей. Бизнес-модели будут описываться на языках *UML (Unified Modeling Language)* и *XML*, что соответствует современному уровню технологий. Для того чтобы обеспечить упрощенное представление геометрии, ведется интеграция с *JT*.

✓ 3D XML

Формат *3D XML* был опубликован компанией *Dassault Systèmes* в 2005 году. Он базируется на *XML* – стандарте для создания читабельных документов, иерархическая организация которых описывается древовидной структурой.

Детали и сборки в *3D XML* отображаются с помощью фасетного представления геометрии, основанного на *XML*. Сетка (*mesh*) состоит из поверхностей и ребер, которые описываются с помощью узловых точек (*node*). В результате последовательного соединения узловых точек получаются

либо треугольники (в случае поверхностей), либо линии (в случае ребер). Сетка может быть построена с разным уровнем детализации (*Levels of Detail – LOD*). Возможности управления *LOD* позволяют переключаться между несколькими уровнями детализации мозаичной сеточной структуры – от тонкого до грубого.

Представляя платформу *V6*, компания *Dassault Systèmes* анонсировала “*3D XML* с авторизацией” в дополнение к ранее обнародованному “*3D XML* для просмотра”. Этот формат предназначен для использования при обмене точными данными между приложениями *V6*.

✓ JT

Формат *JT* предназначен для описания *3D*-данных. Кроме того, поддерживаются объектные данные и метаданные.

В 1990-х годах этот формат разрабатывался американской компанией *Engineering Animation Inc.*, которую в 1999 году поглотила *UGS Corporation*. В 2007 году компанию *UGS*, в свою очередь, приобрел концерн *Siemens*, и теперь она называется *Siemens PLM Software* и является подразделением дивизиона *Siemens Industry Automation*.

JT – двоичный формат; его модель данных поддерживает различные представления геометрии, которые могут храниться в файле *JT* по отдельности или вместе. Рассмотрим их немного подробнее.

1 B-Rep или BREP (Boundary Representation)

Граничное представление геометрии обеспечивает высочайший уровень точности, а разнообразные алгоритмы сжатия *BREP*-данных делают возможным хранение без потери [точности]. Текущая спецификация *9.5* допускает как традиционное представление *JT-BREP*, так и *XT-BREP*, которое базируется на граничном представлении, используемом ядром *Parasolid*.

2 Мозаичная геометрия (Tessellated geometry)

Твердые тела и поверхности представлены с помощью фасет. В *JT*-файле можно определить различные уровни детализации (*Levels of detail – LOD*). Низкий *LOD* означает меньшую точность и меньший объем данных; очень высокий *LOD* обеспечивает почти точное представление геометрии, но объем файла при этом сильно возрастает.

3 ULP (Ultra-Lightweight Precise)

Сверхлегкое точное представление – новейший метод компрессии данных, который обеспечивает облегченное, полуточное представление трехмерной геометрии. При этом уровень точности *ULP* значительно выше, чем в случае мозаичного представления, а размеры файла – существенно меньше. В первую очередь внимание привлекает высокое качество поверхностей, которые имеют лишь незначительные отклонения от оригинальной *BREP*-геометрии.

Формат *JT* версии 8.1 был опубликован *ISO* как общественно доступная спецификация (*Publicly Available Specification – PAS*). Процесс стандартизации в *ISO* сейчас находится на стадии проработки недавно опубликованной версии *JT 9.5*, которая была расширена, чтобы включить, среди всего прочего, спецификацию для *ULP* и семантику метаданных для изготовления изделия (*Product Manufacturing Information – PMI*).

✓ 3D PDF

Название *3D PDF* носит формат *PDF*, который обеспечивает встроенную поддержку *3D* (начиная с 7-й версии *Adobe Acrobat*). В 2008 году *3D PDF* был опубликован как международный стандарт *ISO 24517-1 (PDF/E)*.

В формате *3D PDF* может храниться *CAD*-геометрия в следующем представлении:

1 U3D (Universal 3D)

U3D – разработанный в *Ecma International* сжатый формат для *3D*-данных, который является родным для *PDF*. Трехмерные объекты в формате *U3D* можно вставлять в *PDF*-документы и визуализировать в интерактивном режиме с помощью *Adobe Reader* версии 7 и выше. Стандарт *PDF* поддерживает первую и третью редакции *U3D* (обе предлагают только мозаичную геометрию и анимации);

2 PRC (Project Reviewer Compressed)

PRC – приобретенный компанией *Adobe Systems Incorporated* в 2009 году формат, предназначенный для хранения как мозаичной, так и точной (*BREP*) геометрии. При конвертировании в формат *PRC* могут использоваться разные уровни компрессии. Кроме того, обеспечена поддержка *PMI*, включая геометрические размеры и характеристики точности, а также функциональные допуски и анализ. В марте 2011 года должно состояться голосование по проекту стандарта, рассматриваемому техническим комитетом, о принятии в качестве стандарта *ISO 14739*.

Помимо этого, формат *3D PDF* предлагает все те возможности, что и обычный *PDF* – мультимедийный контент, защита доступа, шифрование и многое другое. Это расширяет сферу применимости *3D PDF* далеко за пределы инжиниринга.

Пять сфер применения 3D-форматов

Многообразие рабочих процессов, происходящих в любой компании, свидетельствует о том, что существует множество требований к нейтральным *3D*-форматам и к их применению в инженерной практике. Опираясь на свой многолетний опыт, мы предприняли попытку разбить это множество и выделить пять общих сфер использования (которые, в свою очередь, стали нашей базой для оценки *3D*-форматов).

Типичные случаи, когда оригинальные данные передаются в нейтральном *3D*-формате, описаны ниже.

1 Просмотр технических данных

Когда использование *CAD*-системы нежелательно, на передний план выходят *3D*-вьюеры для визуализации инженерных данных, которые можно применять для представления *3D*-моделей в информационных целях (например, рецензирование конструкции или решение задач маркетинга), для реалистичных презентаций в системах виртуальной реальности и т.п.

Хотя в большинстве случаев достаточно простого просмотра геометрии, иногда требуется отобразить также метаданные или информацию об изделии и его производстве (*PMI*).

Зачастую важным критерием является необходимость высокопроизводительной визуализации больших сборок или занимаемого ими пространства и окружающей геометрии. В этих случаях особенно важно упростить представление *3D*-моделей.

Наиболее важные требования [при конвертировании в нейтральный формат]:

- передача точной геометрии и полной структуры изделия;
- передача метаданных, а также аннотаций *PMI* (в зависимости от конкретного случая использования);
- обеспечение корреляции между исходной и окончательной моделями.

2 Обмен данными

В процессе производства может возникнуть необходимость обмена точной геометрией между разными САПР – к примеру, когда поставщик компонентов использует *CAD*-систему, отличающуюся от той, которую использует производитель. Другая типичная ситуация – когда один из партнеров по разработке, получив от другого *3D*-модель, видит необходимость внести изменения в геометрию. Тех возможностей, что предлагаются для простого просмотра данных, в этом случае будет недостаточно.

Кроме того, при обмене *3D*-моделями часто требуется и дополнительная информация, описывающая изделие. В связи с этим делают различие между *PMI* и метаданными. Понятие метаданные относится к текстовым описаниям – таким, как сведения об авторе или информация о текущем статусе модели. *PMI* часто добавляют в форме *3D*-аннотаций, что ужесточает требования к основному формату данных и к приложению, осуществляющему процесс. Здесь требуются опции группирования и фильтрации.

Важность защиты интеллектуальной собственности при обмене данными также постоянно возрастает, поэтому и этот аспект должен учитываться.

Наиболее существенными требованиями к нейтральному формату для обмена данными являются:

- передача точной геометрии и полной структуры изделия;
- передача метаданных и *PMI*-аннотаций (в зависимости от конкретных задач);

- обеспечение корреляции между исходной и конечной моделями.

3 Цифровое макетирование

При цифровом макетировании (*Digital mock-up – DMU*) изучаются и проверяются механические свойства изделия. Сюда можно отнести проверку общей геометрии по размерам и форме, контроль на пересечения, выявление коллизий для сборок и подборок, а также контроль пространства, занимаемого конструкцией.

Для этих целей геометрия изделия, его структура и метаданные отображаются и анализируются в *DMU*-приложении. Различают статический и динамический *DMU*-анализ. В первом случае исследуются неподвижные детали. При динамическом анализе детали и сборки изучаются в движении. Результаты *DMU*-анализа впоследствии обобщаются и документируются в отчете.

Как правило, для *DMU* используется упрощенное мозаичное представление оболочечной геометрии. Однако следует отметить, что в случае, когда делаются измерения, уровень детализации (*tessellation*) всегда должен быть выше, чем требуемая точность измерений.

Наиболее важные требования:

- доступность приложений, которые поддерживают требуемую функциональность *DMU* (например, проверкаборок и контроль коллизий) [при работе с данным форматом];
- использование моделей из различных систем-источников (*multi-CAD*);
- поддержка возможности качественного тестирования большихборок;
- переносимость кинематики от исходной модели к окончательной для целей динамического *DMU*-анализа.

4 Документирование и архивирование

Для создания технической документации и архивов обычно требуется точное представление данных, включая метаданные и *PMI*. Наличие *PMI* особенно важно для задач утверждения продукции и документирования в тех случаях, когда бумажные чертежи и технические документы заменяются цифровыми *3D*-моделями. Кроме того, здесь существуют требования соответствия техническим нормам, которые должны быть выполнены.

Самым важным требованием применительно к задачам документирования и архивирования является то, что вся информация должна храниться в таком формате, который может быть прочитан независимо от конкретной инфраструктуры ИТ даже через длительный отрезок времени (например, для аэрокосмической отрасли период архивного хранения может достигать 99 лет).

Наиболее важные требования:

- охват всей информации о продукте;
- беспрепятственное комбинирование данных из различных систем-источников;

- обеспечение возможности доступа к данным даже через длительный период времени (то есть, необходим стандартизованный формат).

5 Переносимый *PLM*-документ

для использования в неинженерных областях

В современных процессах изготовления изделия сфера применения *3D*-информации не ограничивается техническими отделами. Интегрированная разработка продукта требует, чтобы остальные службы (отделы закупки, контроля качества, технической документации, планирования и производства) тоже имели доступ к *3D*-информации в сочетании с широким спектром документов других видов – таких, как предложения, сметы, заявки и запросы стоимости, сводки контроля качества, техническая и производственная документация, информация для планирования цифрового производства и пр.

Важно, чтобы весь этот разнородный контент мог быть объединен в рамках одного мультимедийного контейнера, который содержит всю информацию и поэтому может использоваться автономно.

Области и особенности применения такого контейнера разнятся в зависимости от того, какие службы вовлечены в создание изделия и чем они занимаются: снабжением; [подготовкой инструкций по] техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту (*MRO*); обеспечением сквозного процесса разработки и выпуска изделия, в котором объединяются поставщики и партнеры по разработке.

Переносимый *PLM*-документ позволяет вовлечь в работу все неинженерные отделы и службы. Потребность в решениях, которые позволяют использовать *3D*-данные и другую информацию легко, безопасно и с минимальными затратами, в этой среде постоянно растет.

Наиболее важные требования к формату:

- информация в форме *3D*-данных и метаданных (таких, как *2D*-представление, текстовые и двоичные данные) должна быть объединена в один файл, в котором с ней можно работать;
- должна обеспечиваться возможность объединения данных, поступающих из самых различных источников – таких, как *PLM*-, *ERP*- и *CAD*-системы, офисные приложения;
- нужны средства всеобъемлющего контроля доступа для обеспечения защиты интеллектуальной собственности;
- нужны простые в использовании межсистемные вьюеры.

Критерии для сравнения *3D*-форматов

Критерии для сравнения *3D*-форматов на основе требований пяти основных областей применения включают, в первую очередь, технические ограничения и опции, которые предлагает тот или иной формат. Кроме того, учитываются: наличие

бесплатных выверов для данного формата и характеристики этих выверов; доступность различных программных приложений и конверторов, а также средств разработки ПО (*SDK*); степень сжатия (это имеет значение для уменьшения размера файла); аспект стандартизации.

1 Бесплатные выверы

Здесь мы рассматриваем только бесплатные программы для просмотра 3D-форматов. Критерии для оценки: диапазон предлагаемых функций, насколько широкое распространение она имеет, поддерживаемые платформы.

✓ Выверы для формата STEP

Пример такого вывера – *IDA-STEP Viewer Basic* (рис. 1) компании *LKSoftWare GmbH* (www.ida-step.net), который работает под управлением ОС *Microsoft Windows* и *Linux*. Кроме того, отображение геометрии *STEP* поддерживают все широко распространенные платные 3D-выверы.

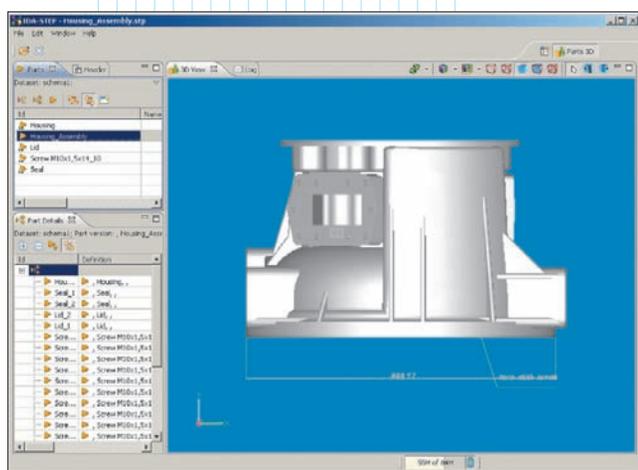


Рис. 1

✓ Выверы для формата 3D XML

Наиболее распространенный вывер для этого формата – *3D XML Player* (рис. 2) от *Dassault*



Рис. 2

Systèmes. Эта бесплатная программа позволяет просматривать модель и фильтровать отображение в соответствии, например, со структурой изделия. Работает только под ОС *Windows*. Использование технологии *ActiveX* позволяет включать данные *3D XML* в документы *Microsoft Office*. Кроме того, данные можно интегрировать в онлайн-контент, просматриваемый с помощью интернет-браузера.

✓ Выверы для формата JT

Наиболее широко используемый вывер для формата *JT* – это бесплатный *JT2Go* (рис. 3) от *Siemens PLM Software*. Он позволяет просматривать изображения в соответствии, например, со структурой изделия. Кроме того, можно проводить основные измерения.

Вывер *JT2Go* визуализирует мозаичный вариант формата *JT*. Работает только под ОС *Microsoft Windows*.

ПО на основе *ActiveX* и *Java*, также может визуализировать *JT*-данные, что позволяет интегрировать их, например, в документы *Microsoft Office*.

Формат *JT* нормально обрабатывается широко распространенными на рынке платными 3D-выверами.

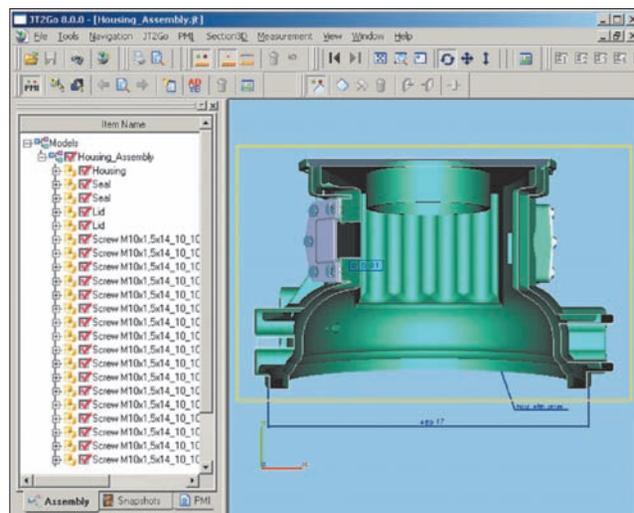


Рис. 3

✓ Вывер для формата 3D PDF

Вывер для формата *3D PDF* (рис. 4) хорошо известен – это бесплатная программа *Adobe Reader*, которая работает под ОС *Microsoft Windows*, *Apple*, *Mac OS X*, *Linux* и *Oracle Solaris*. Этот вывер получил распространение практически по всему миру, и, благодаря своей универсальности, широко используется в неинженерных областях.

Adobe Reader предлагает большое количество разнообразных опций для отображения и навигации по *3D*-контенту. Для данных в формате *3D PDF* поддерживаются такие функции, как измерение и рассечение *3D*-модели плоскостью обрезки, чтобы было удобнее исследовать внутреннюю структуру.

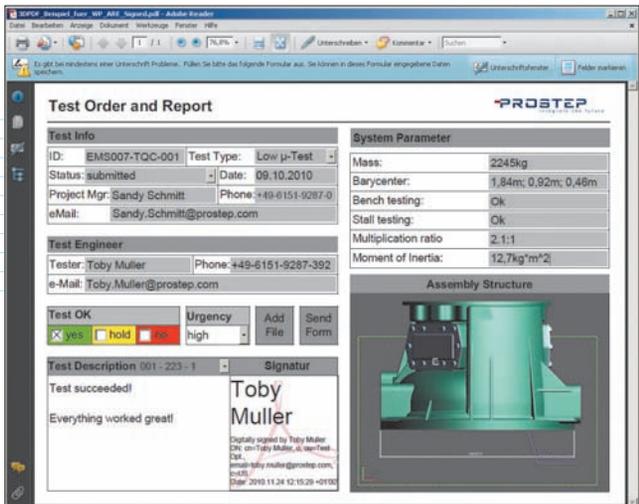


Рис. 4

2 Конверторы и другое ПО

Конверторы 3D-форматов и другое подобное ПО обычно надо покупать. Самыми важными аспектами здесь являются доступность и качество ПО, предлагаемого поставщиками систем и их партнерами.

✓ STEP

Вендоры обеспечивают конвертором STEP почти каждую 3D-систему, будь то сфера CAD, CAM или CAE. Кроме того, имеется множество сторонних разработчиков, которые поставляют конвертеры. Поскольку этот формат используется уже давно, ПО является достаточно зрелым и качественным – в том числе, из-за наличия средств проверки качества, таких как сравнительные тесты, разработанные ассоциацией ProSTEP iViP.

Все широко распространенные 3D-вьюеры могут обрабатывать и отображать файлы STEP.

✓ 3D XML

Конверторы для 3D XML предоставляет компания Dassault Systèmes. Имеется и небольшое количество сторонних разработчиков, которые предлагают такие конвертеры.

Формат 3D XML используется в продукте с брендом 3DVIA. Возможность работы с 3D XML включена почти во все продукты Dassault, и он часто применяется для обмена данными между ними.

✓ JT

Вендоры PLM предлагают JT- конвертеры для большого количества CAD-систем. Существует и множество сторонних разработчиков JT-конвертеров.

Формат JT используется во многих приложениях компании Siemens PLM Software – в частности, в продуктах Teamcenter Lifecycle Visualization.

✓ 3D PDF

Девятая версия Adobe Acrobat Pro Extended может использоваться как мультиформатный

конвертор. Это означает, что PDF-файлы с 3D-данными можно формировать на основе файлов всех доступных на рынке CAD-форматов – даже если у вас нет CAD-системы, в которой они были созданы изначально. В новой версии Adobe Acrobat X Pro эти конвертеры доступны в качестве плагинов.

Кроме того, имеются конвертеры нескольких сторонних разработчиков. К примеру, PROSTEP PDF Generator 3D (ранее – Adobe LiveCycle ES) является размещенным на стороне сервера решением для автоматизации процесса конвертирования. Оно может преобразовывать данные, представленные во многих CAD-форматах, в форматы PRC и U3D и помещать их в PDF-файлы.

Автоматизированные решения, значительно облегчающие конвертирование в U3D, предлагают и несколько поставщиков CAD-систем.

3 Средства разработки ПО

Если вы хотите адаптировать существующее приложение для работы с каким-то форматом или разработать собственное, то вам понадобится соответствующий набор средств (Software Development Kits – SDK). Важные критерии для сравнения SDK – доступность на рынке, диапазон предлагаемых функций, открытость и понятность, поддерживаемые языки программирования.

✓ STEP

Есть много разработчиков SDK для формата STEP. Например, предлагается платный ST-Developer от STEP Tools Inc. Это комплексный набор средств для чтения и записи STEP и других форматов. Инструментарий STEP Tools поддерживает языки C++, C и Java почти на всех платформах.

Все SDK для STEP, которые имеются на рынке, работают очень надежно и предлагают полный диапазон функций.

✓ 3D XML

Для разработки 3D XML-приложений требуется XML schema (язык описания структуры XML-документа) и соответствующая документация. Чтобы их получить, вначале надо зарегистрироваться (бесплатно) в Dassault Systèmes.

Возможностей стандартных инструментов XML вполне достаточно для чтения и записи в формате 3D XML.

✓ JT

Платное членство в сообществе JT Open Community обеспечивает доступ к JT Open Toolkit для JT. Этот инструментарий может быть использован для разработки очень сложных приложений на языке C++.

В настоящее время JT Open Toolkit является единственным набором инструментов для формата JT. Однако можно предположить, что количество

доступных инструментальных средств возрастет вследствие того, что сейчас идет процесс стандартизации формата.

✓ 3D PDF

Платный *PDFlib* – инструмент для создания и обработки *PDF*-файлов. Поддерживаются почти все операционные системы и соответствующие языки программирования. От компании *Adobe* можно получить лицензию на использование *PDFlib* в собственных проприетарных приложениях.

Платный комплект *HOOPS 3D Exchange* от *Tech Soft 3D* предоставляет инструментарий для чтения и записи файлов формата *3D PDF*.

Помимо этого, имеется большое количество связанных с *PDF* инструментов от сторонних разработчиков, которые могут использоваться для реализации широкого диапазона функциональности, предлагаемой для документов *PDF*.

4 Сжатие и итоговый размер файлов 3D-формата

Уменьшение размера файлов рассматривается как преимущество при работе с нейтральными *3D*-форматами. Для проведения сравнения сборки были сгенерированы в каждой из трех *CAD*-систем (*CATIA V5*, *NX*, *Creo Elements/Pro*) в родном и в нейтральных форматах, причем в нескольких вариантах представления геометрии.

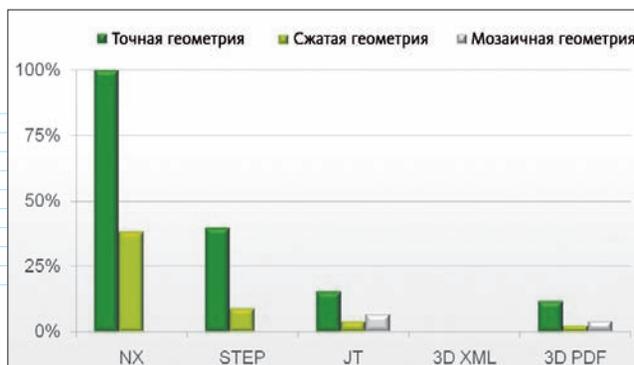
В формате *JT* создавалась мозаичная, точная (*XT BREP*) и сжатая (*ULP*) геометрия. Аналогично, в формате *3D PDF* формировалась мозаичная, точная (*PRC BREP*) и сжатая (*PRC*) геометрия. Файлы формата *3D XML* генерировались только из среды *CATIA V5*.

Для мозаичных моделей задавалась точность 0.5 мм. При генерации *JT*-файлов в сжатом представлении (*ULP*) и *PDF*-файлов в сжатом *BREP*-представлении использовалась точность 0.01 мм. Кроме того, с целью сравнения, все исходные *CAD*-файлы, как и сгенерированные *STEP*-модели, были сжаты с помощью внешних программ-архиваторов.

Результирующие размеры файлов представлены на соответствующих диаграммах.



Модели, созданные в системе *CATIA V5* от *Dassault Systèmes*



Модели, созданные в системе *NX* компании *Siemens PLM Software*



Модели, созданные в системе *PTC Creo Elements/Pro* (бывший *Pro/ENGINEER*)

Производительность (время, необходимое для конвертирования, и время загрузки) также представляет интерес при работе с *3D*-форматами. В будущем мы планируем рассмотреть этот аспект детально.

Результатом генерации данных в нейтральных *3D*-форматах является значительное уменьшение их объема. При этом объем данных определяется в большей степени контентом, чем самим форматом. Так, объем точных *BREP*-данных после конвертации в *JT* будет примерно таким же, что и при конвертации в *3D PDF*. Аналогично обстоит дело с мозаичным контентом – результат для обоих этих форматов примерно такой же, как для *3D XML*. В случае упрощенных *BREP*-данных, объем файлов *JT* и *3D PDF* примерно одинаков. Использование внешних алгоритмов сжатия для данных в формате *STEP* обеспечивает значительное сокращение размера файла.

5 Аспект стандартизации

Стандартизованные форматы предлагают пользователям и разработчикам систем широкий, открытый и стандартизованный подход. В случае долгосрочного инвестирования в архивирование технической документации, без этих форматов, гарантирующих работу с данными в будущем, просто невозможно обойтись. Кроме того, это уменьшает рыночные риски для всех участников.

Сказанное относится, в частности, к международным стандартам, которые создаются с применением исповедуемых Всемирной торговой организацией принципов прозрачности, открытости, беспристрастности и согласования интересов, а также с возможностью принять участие в их разработке всем заинтересованным организациям.

Так как пользователям нужны открытые стандарты, то владельцы проприетарных форматов (такие, как *Adobe Systems Incorporated*, *Dassault Systèmes*, *Siemens PLM Software* и др.) вынуждены стандартизировать их на международном уровне. К примеру, стандартизация через *ISO* может осуществляться следующими двумя путями:

1 *ISO PAS (Publicly Available Specification)*

Спецификация формата публикуется без изменений после простого голосования и действует максимум шесть лет. Владелец передает свои права *ISO*.

2 *ISO IS (International Standard)*

Спецификация формата проходит обычный процесс стандартизации, который базируется на достижении консенсуса. Требуется международное голосование.

Состояние процесса стандартизации в рамках *ISO* для рассматриваемых 3D-форматов следующее:

✓ *STEP*

Формат *STEP* стандартизован как *ISO IS 10303* в 2004 году. В настоящее время идет объединение протоколов двух приложений, *AP 203* и *AP 214*, чтобы создать новый протокол – *AP 242*. Ожидается, что статус проекта стандарта будет получен в 2012 году.

✓ *3D XML*

Компания *Dassault Systèmes* передала *ISO* 4-ю версию *3D XML* в качестве *PAS* в 2009 году. Однако процесс был приостановлен из-за нерешенных вопросов по авторскому праву. Тем временем, компания открыла проприетарную часть формата версии 5.0 и передала в структуры, которые занимаются *XML*. Однако организации *ISO* эту версию компания еще не предоставила. На данный момент неизвестно, будет ли раскрыт анонсированный *Dassault* формат “*3D XML with Authoring*”.

✓ *JT*

Формат *JT* опубликован как *ISO PAS 14306*. Разработка международного стандарта (*IS*) была внесена в рабочую программу *ISO* как новая рабочая тема (*NWI*) в ноябре 2010 года. Публикация в качестве *IS* планируется в середине 2012 года.

✓ *3D PDF*

Формат *PDF* стандартизован как *PDF/E (ISO IS 24517-1:2008)* в рамках *ISO IS 32000*. Частью этого стандарта является *U3D*. Что же касается *PRC ISO 14739 (TC 71/SC)*, то, по состоянию на март 2011 года, он находится в процессе

голосования в техническом комитете и станет частью стандартов семейства *PDF*.

Какой 3D-формат для каких целей?

Если применить все рассмотренные выше критерии для сравнения возможностей четырех нейтральных 3D-форматов в пяти отобранных сферах использования, то в итоге получится следующее (см. также табл. 1).

1 Просмотр технических данных

Помимо спецификации формата, в данном случае особое значение имеют следующие критерии:

- наличие бесплатных вьюверов;
- конверторы;
- размер файла.

Ввиду наличия возможностей работы с фасетным представлением геометрии и доступности программ для просмотра, форматы *JT* и *3D PDF* идеально подходят для данной сферы применения.

Формат *3D XML* тоже удовлетворяет ключевым требованиям, но он не такой гибкий, как *JT* и *3D PDF* в аспекте доступности программных приложений.

Структура данных формата *STEP*, а также невозможность фасетного представления геометрии, делают этот формат менее пригодным для задач просмотра.

Форматы *JT* и *3D PDF* для этой области применения подходят в наибольшей степени.

2 Обмен данными

Помимо спецификации формата, в данном случае особое значение имеют следующие критерии:

- конверторы;
- инструменты для разработки ПО (*SDK*).

Ввиду наличия множества программных приложений, *STEP* здесь выходит немного вперед. Это очень зрелый формат, стандартизированный достаточно давно. Богатый опыт использования *STEP* для обмена данными уже задокументирован – к примеру, в виде практик, рекомендованных ассоциацией *ProSTEP iViP*. Обмен данными через *STEP* стал стандартной практикой в автомобилестроении, аэрокосмической отрасли и в машиностроении. Недавние разработки *STEP*, такие как “валидация облака точек” (*cloud of points validation*), могут применяться для проверки соответствия оригинальной и конвертированной моделей.

Формат *JT* тоже хорошо подходит для обмена точной геометрической информацией. Однако, по сравнению со *STEP*, степень зрелости его конверторов и прочего ПО не столь высока.

Формат *3D XML*, вследствие невозможности точного представления данных, для данной сферы применения не годится.

То же относится и к *3D PDF*: хотя этот формат и может использоваться для передачи точных данных, изначально он не проектировался как формат обмена 3D-геометрией.

Формат *STEP* в наибольшей степени подходит для этой сферы использования.

3 Цифровое макетирование (*DMU*)

Помимо спецификации формата, в данном случае особое значение имеют следующие критерии:

- конверторы;
- *SDK*;
- размер файла.

Формат *JT* – лучший для *DMU*. В зависимости от контекста, можно применять облегченное фасетное или точное представление геометрических данных. Существуют мощные приложения, позволяющие использовать *JT* в *DMU*-анализе. Формат имеет лишь незначительные ограничения в случае расширенных требований – например, при анализе кинематики, где применяются свои “родные” форматы.

Формат *3D XML* в принципе хорошо подходит для *DMU*, но это относится только к приложениям в рамках семейства продукта *Dassault Systèmes*.

Формат *STEP* менее пригоден для *DMU*, ввиду отсутствия облегченного варианта представления.

Формат *3D PDF* не предлагает никакого интерфейса к *DMU*-приложениям. Это означает, что для данного применения он подходит с ограничениями.

Формат *JT* – лучший для этой сферы использования.

4 Документирование и архивирование

Помимо спецификации формата, в данном случае особое значение имеют следующие критерии:

- бесплатные вьюверы;
- конверторы;
- *SDKs*;
- стандартизация.

Из-за своей документно-ориентированной структуры, формат *3D PDF* является прекрасным решением для данной сферы использования. Вся необходимая информация, включая пояснения, таблицы и прочее, может быть сохранена в *PDF*-документах. Спецификация формата доступна как международный стандарт (*ISO IS*).

Формат *STEP* тоже доступен как *ISO IS*, и он служит хорошим контейнером для порций *3D*-информации для целей документирования и создания архивов.

После того как формат *JT* получит статус *ISO IS*, он станет столь же хорош для рассматриваемой сферы использования. *3D XML* на данный момент может быть рекомендован с оговорками – из-за своей модели данных и того факта, что лишь некоторые инструменты поддерживают этот формат.

Формат *3D PDF* в наибольшей степени подходит для этой сферы использования.

5 Переносимый *PLM*-документ

Помимо спецификации формата, в данном случае особое значение имеют следующие критерии:

- бесплатные вьюверы;
- конверторы;
- *SDK*;
- размер файла.

Поскольку формат *3D PDF* позволяет представлять *3D*-данные вместе с другой информацией, он имеет лучшие предпосылки для применения в этой сфере. Трехмерная геометрия и *PLM*-данные объединены в едином документе и могут быть показаны во всей полноте с помощью широко используемой программы *Adobe Reader*. Предлагаются интегрированные механизмы защиты доступа.

Формат *JT* позволяет хорошо представлять *3D*-данные. Однако для передачи других видов информации требуется интегрировать или комбинировать его с другими форматами. Более того, нет инструментов для отображения таких интегрированных данных и манипуляций с ними. Механизмы обеспечения безопасности данных реализуются только с помощью внешних приложений.

Форматы *STEP* и *3D XML* ориентированы на другие сферы применения и, поэтому, могут быть рекомендованы лишь как резервные. Механизмы обеспечения безопасности данных тоже реализуются с помощью внешних приложений.

Формат *3D PDF* в наибольшей степени подходит для этой сферы использования.

Заключение

Каждый нейтральный *3D*-формат имеет свои достоинства, которые обеспечивают его преимущество в одной или нескольких из рассмотренных областей применения.

С другой стороны, в каждой области предпочтительным будет использование каких-то определенных форматов. Как бы то ни было, то, какие из свойств формата будут иметь наибольший весовой коэффициент, зависит от требований конкретной компании.

В отношении всех *3D*-форматов можно отметить один момент, который будет полезен всем пользователям: это усилия владельцев стандартизировать свои проприетарные форматы на международном уровне.

STEP и *PDF* уже стали стандартами, другие форматы находятся на стадии стандартизации. Это дает пользователям такое преимущество, как возможность выбора не зависящей от поставщика технологии, наиболее подходящей для своих задач.

Более подробную информацию можно найти на сайтах www.prostep.com и www.pdfgenerator3d.com, а вопросы направлять по адресу info@prostep.com. 