

УДК 681.3.01.016:006:354

ОНТОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ДАННЫХ ОБ ИЗДЕЛИИ

П.С. Шильников

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет), Москва, Россия
Peter.Shilnikov@gmail.com*

Аннотация

Расширение применения компьютерной техники в информационном сопровождении жизненного цикла изделия приводит к возникновению и росту проблем, вызванных зависимостью компьютерных документов от средств интерпретации этих документов. В статье рассмотрено качество компьютерных данных об изделии (PDQ - Product Data Quality). Под качеством данных об изделии понимается отсутствие дефектов качества данных. Дефект качества данных - это существование таких особенностей компьютерной модели изделия, которые препятствуют последующей обработке модели. Под управлением качеством компьютерных данных понимается чередование транзакций обнаружения и устранения дефектов качества данных. Сформулированы основные задачи, решение которых будет способствовать повышению качества компьютерных данных конструкторской документации об изделии. Для повышения качества компьютерных данных об изделии необходимо определить влияние дефектов качества данных на выполнение последующей обработки компьютерных документов, взаимосвязь дефектов качества данных, последовательность транзакций управления качеством данных и возможность искажения модели изделия в результате устранения дефектов качества данных. Новым в статье является комплексный подход к задаче управления качеством компьютерных данных об изделии. При формулировании задач использовались публикации, результаты, полученные по итогам НИОКР, а также опыт многолетней эксплуатации и усовершенствования программных модулей проверки, исправления и импорта файлов в CAD-системы APM Studio.

Ключевые слова: *качество, компьютерные данные, качество данных об изделии, системы автоматизации проектирования, управление качеством данных.*

Цитирование: *Шильников, П.С. Онтологии управления качеством компьютерных данных об изделии / П.С. Шильников // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №2(24). - С. 216-226. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-2-216-226.*

Введение

Исследуемая проблема возникла в процессе выполнения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы [1], базируется на опыте многолетней эксплуатации и усовершенствования программных модулей проверки, исправления и импорта файлов в CAD-системы APM Studio [2], а также на результатах исследований [3, 4], включая стандарт [5].

Документы являются средствами, необходимыми на всех этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Можно ли считать документ моделью? Рассмотрим понятие «модель». Модель - это объект, дающий ответы на вопросы о другом, моделируемом объекте [6]. На различных этапах ЖЦИ используются многообразные модели изделия:

- рабочий чертёж или CAD-модель содержит данные об устройстве изделия и его свойствах;
- технологический процесс (в любой форме: в виде заполненных бумажных бланков, в виде записей в базе данных и т.д.) содержит сведения об изготовлении изделия;

- инструкция по эксплуатации (как в бумажной форме, так и в форме ИЭТР - интерактивных электронных технических руководств) содержит информацию об использовании изделия; и т.д.

Модель, имеющая уникальное обозначение и прошедшая некоторую последовательность согласований и утверждений, является документом. При документировании процессов ЖЦИ большое значение имеют утверждённые подлинники документов.

В настоящее время в процессах ЖЦИ возрастает роль компьютерной документации [7]. Особенностью компьютерного документа является то, что если бумажный документ доступен для непосредственной интерпретации человеком, интерпретация компьютерного документа требует аппаратных и программных компьютерных средств. При переходе на повсеместное применение компьютерных документов возникают три проблемы, требующие решения: интеграция компьютерных данных, обеспечение качества компьютерных данных и обеспечение долгосрочного хранения компьютерных данных. Поскольку все три проблемы имеют общий источник, проблемы взаимосвязаны [8]. Схематически такая связь показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Проблемы, вызванные зависимостью компьютерного документа от средств интерпретации

1 Качество данных об изделии (PDQ - Product Data Quality)

Под критерием качества данных понимается отсутствие соответствующего дефекта качества данных. Дефект качества компьютерных данных - это такое свойство компьютерного документа, которое затрудняет использование документа для последующей его обработки компьютерными средствами [8].

Компьютерный документ, имеющий неприемлемое качество содержащихся в нём данных, непригоден для полноценного последующего использования. Затраты на обеспечение качества данных компьютерного документа составляют около 20% всех затрат на создание документа [6]. Качество данных компьютерного документа может влиять на качество модели изделия и через него - на качество самого изделия, как это показано на рисунке 2. Возможно

и непосредственное влияние качества данных на качество изделия [9]. Следовательно, любое усовершенствование процессов управления качеством данных приводит к существенному сокращению затрат.

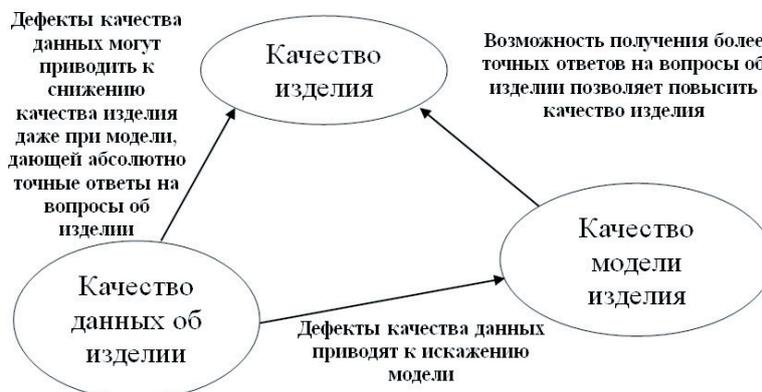


Рисунок 2 – Связь качества изделия, качества модели изделия и качества данных об изделии [9]

Если компьютерный документ утверждён, а тем более - защищён электронной подписью, изменение компьютерного документа с целью устранения дефектов качества данных, превращается в серьёзную проблему:

- в любом случае внесение изменений в компьютерный документ может привести к искажению содержания документа;
- защищённый документ может изменяться только уполномоченными участниками процесса.

Вследствие вышесказанного, качество данных компьютерного документа должно быть обеспечено до его утверждения.

Для различных предметных областей разработаны наборы критериев качества данных для содержащих данные об изделии компьютерных документов. Критерии качества данных приведены в документах VDA4955, ISO/PAS 26183 SASIG PDQ, ISO 10303-59 PDQS.

Рассмотрим дефекты качества данных для механических CAD-систем. Такие модели содержат данные о структуре изделия, геометрические и топологические данные, определяющие форму изделия, и др.

Процесс управления качеством данных представляет собой последовательность действий по обнаружению и устранению дефектов качества данных. Под управлением качеством данных об изделии (PDQM Product Data Quality Management) будем понимать согласованную совокупность работ:

- по проверке качества данных об изделии, $C = \{c_{ij}\}$;
- по устранению выявленных дефектов качества, $H = \{h_{ij}\}$;
- по регистрации выполненных действий, $R = \{r_{ij}\}$.

Здесь индекс i соответствует некоторому i -му критерию качества.

Тогда деятельность по управлению качеством данных можно представить как:

$$A_{PDQM} = \{C, H, R\} \text{ или } A_{PDQM} = \{c_i, h_j, r_k\}.$$

Опыт выполнения работ по управлению качеством электронных данных показывает высокую затратность и низкую надёжность процессов «лечения» (healing) CAD-моделей, т.е. устранения обнаруженных дефектов качества. В настоящее время существует большое число программных инструментов для обнаружения и устранения дефектов качества данных в CAD-моделях. Такие инструменты реализованы одним из нижеперечисленных способов:

- модули, входящие в штатную комплектацию CAD-систем, иногда эти модули автоматически запускаются при импорте сторонних моделей изделия в CAD-систему, в некото-

рых случаях эти же или другие модули могут быть запущены по требованию пользователя;

- дополнительные (optional) модули CAD-систем (Q-Checker для CATIA v5 и др.);
- независимые программные продукты (CADFix, CADDuctor, TransVidia и др.).

Часто работа этих программных инструментов выполняется автоматически, и пользователь не может влиять на их работу. Иногда у пользователя есть возможность управлять работой инструментов, задавая:

- набор выполняемых действий;
- допустимые значения свойств модели (например, наименьшие допустимые длины крошечных рёбер, наименьшие допустимые ширины узких граней, допустимые расстояния от точек, которые должны лежать на поверхностях, до поверхностей и т.д.);
- последовательность выполняемых действий.

2 Задачи организации процесса управления качеством данных

2.1 Определение значимости дефектов качества в зависимости от предполагаемого дальнейшего использования документа

Можно привести следующие примеры различной значимости дефектов.

- Наличие разрывов второй производной (кривизны) в геометрических моделях нежелательно для фрагментов изделий, взаимодействующих с потоками жидкости и газа (трубопроводы, внешние обводы воздушных и водных транспортных средств и т.д.) и изделий, подвергающихся скоростной обработке резанием. В геометрических моделях, используемых для построения конечно-элементной модели, этот критерий несущественен.
- Наличие в геометрической модели «крошечных» рёбер приводит к искажению конечно-элементной модели, как это показано на рисунке 3, и к созданию неэффективных траекторий режущего инструмента. При изготовлении изделия посредством аддитивных технологий, когда форма детали аппроксимируется большим числом мелких элементов, данный дефект несущественен.

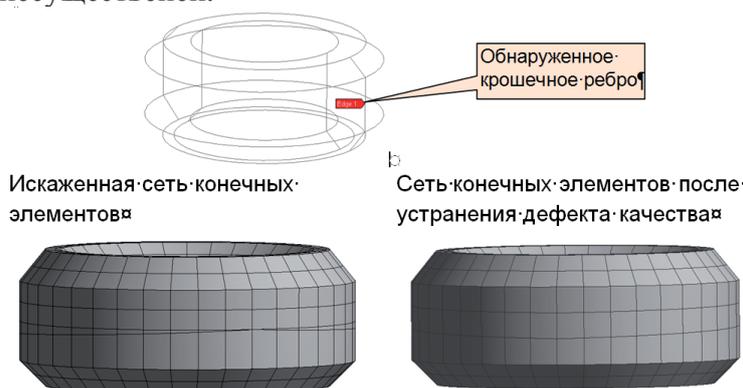


Рисунок 3 - Влияние наличия крошечного ребра на конечно-элементную модель

Создание методик, однозначно, точно и полно определяющих значимость всех дефектов качества данных, имеет огромную практическую значимость, т.к., с одной стороны, позволит не тратить ресурсы на обнаружение и устранение несущественных дефектов качества данных, и, с другой стороны, не даст пропустить обнаружение и устранение таких дефектов качества, наличие которых может вызвать серьёзные трудности при выполнении работ.

Из вышеприведённых примеров становится очевидным, что определение «значимости» или «критичности» дефектов качества данных CAD-модели имеет смысл только в том слу-

чае, если учитывается то, для решения каких задач будет в последующем использоваться CAD-модель.

Решение задачи требует классификации дефектов качества данных с построением *онтологий*. За основу могут быть взяты система кодирования критериев качества из ISO/PAS 26183 SASIG PDQ (построенная на принципах фасетной классификации Ранганатана) [5] и концептуальные схемы данных из ISO 10303-59 PDQS. Также должна быть построена онтология задач. По результатам сопоставления этих онтологий могут быть созданы методики. Очевидно, сопоставление разнородных онтологий станет нелегкой задачей.

2.2 Определение взаимосвязей дефектов качества

По этому вопросу можно привести некоторые соображения, сделанные на основе «здравого смысла». Взаимосвязи дефектов качества можно рассматривать в статическом и динамическом аспектах.

В статическом аспекте можно привести следующие примеры: наличие крошечных рёбер, крошечных и узких граней взаимосвязаны. Крошечная грань всегда имеет контур, состоящий из крошечных рёбер. Некоторые узкие грани являются крошечными гранями, это зависит от соотношения допустимых значений, применяемых при обнаружении этих дефектов качества данных. Часто узкие грани имеют в контурах крошечные рёбра.

В динамическом аспекте необходимо учитывать то, что устранение некоторых дефектов качества данных может привести как к исчезновению некоторых других дефектов качества данных (например, удаление крошечной грани повлечет удаление крошечных рёбер, образующих контур удалённой крошечной грани), так и к появлению новых дефектов качества данных (например, удаление крошечного ребра связано с заменой крошечного ребра одной вершиной, при этом велика вероятность того, что новая вершина будет находиться на неприемлемом расстоянии от смежных рёбер и граней).

2.3 Определение последовательности действий по обнаружению и устранению дефектов качества данных

В общем случае эта последовательность может быть итерационной. Исходными данными здесь должны служить выявленные в динамическом аспекте взаимосвязи дефектов качества.

Прежде всего, последовательность выполняемых действий имеет смысл в том случае, если управление качеством данных включает не только обнаружение дефектов качества данных, но и устранение обнаруженных дефектов. Также можно упорядочить выполняемые проверки по степени значимости дефектов качества. В этом случае при обнаружении критических («фатальных») дефектов качества данных дальнейшие проверки не имеют смысла, и их можно прекратить.

2.4 Создание компьютерной поддержки процесса управления качеством данных

В настоящее время процедура управления качеством данных осуществляется следующим образом: проверяемая CAD-модель импортируется в систему проверки (модуль CAD-системы или независимый программный продукт), после чего выполняется проверка и создается отчёт об обнаруженных дефектах качества данных. В некоторых случаях для дефекта качества данных указывается обозначение (идентификатор) фрагмента модели, в котором обнаружен дефект качества данных (например, при импорте обменного файла STEP в NX в протоколе импорта содержатся номера записей в обменном файле). Отметим, что:

- во всех известных случаях, кроме постпроцессора STEP CAD-системы APM Studio, проверяется не исходная CAD-модель, а модель, полученная в результате импорта

исходной модели в систему проверки; при импорте возможны искажения исходной модели и (или) появление новых дефектов качества;

- отчёт об обнаруженных дефектах качества данных создаётся в виде текстового файла, предназначенного для чтения человеком, а не для программной обработки;
- в некоторых системах пользователь может видеть обнаруженные дефекты качества данных на экране.

В последние годы возникли следующие предпосылки:

- в проекте долгосрочного хранения компьютерных данных об изделии LOTAR International устанавливается, что данные должны сохраняться в формате ISO 10303 STEP;
- в одном из основных Прикладных протоколов STEP, которые будут использоваться в проекте LOTAR International, Протоколе ISO 10303-242, появилась возможность представлять данные об обнаруженных дефектах качества непосредственно в CAD-модели. На рисунке 4 показан пример представления такого дефекта.



Рисунок 4 – Представление обнаруженного дефекта качества данных на основе онтологии ISO 10303-242 [8]

Первая из предпосылок приводит к тому, что если утверждённым компьютерным документом (подлинником или «источником мастер-данных») является файл в формате ISO 10303 STEP, то и дефекты качества данных разумнее обнаруживать в файле STEP, а не в его отображении, полученном в результате импорта в систему проверки. Тем более, что в файле, соответствующем Протоколу ISO 10303-242, можно хранить не только модель изделия, но и результаты проверки качества данных модели.

Перспективным является хранение информации не только об обнаруженном дефекте качества, но и о выполненных процедурах исправления дефекта [10].

Следует учитывать, что:

- устранение дефектов качества может привести как к появлению новых дефектов качества, иногда - более серьёзных, так и к искажению модели;

- новые дефекты качества данных и искажения модели могут возникнуть не непосредственно при устранении дефекта качества данных, а в ходе последующей обработки модели.

Полезной была бы возможность вернуться к предыдущему состоянию модели (то, что аналогично «откату» в базах данных). Для реализации данной возможности требуется доработка Протокола ISO 10303-242.

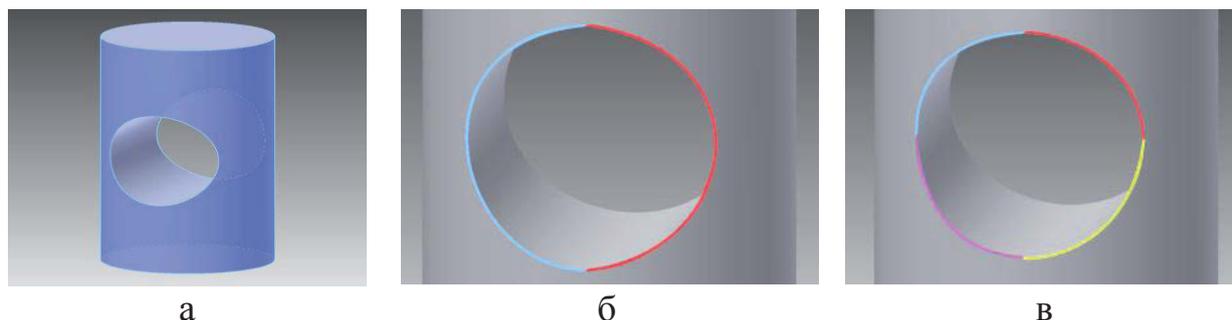
2.5 Разработка методики проверки искажения CAD-моделей

Качество модели изделия, т.е. её полнота, точность и достоверность, и качество данных об изделии взаимосвязаны. Требуется исследование этой взаимосвязи.

Искажения CAD-модели, ведущие к понижению её достоверности, и, следовательно, к снижению качества модели, могут возникать как в результате конвертации (преобразования) модели, так и в результате устранения дефектов качества данных модели.

2.5.1 Искажение в результате конвертации

На рисунке 5 показано изменение модели простейшего изделия в результате передачи модели из одной CAD-системы в другую CAD-систему. Единственный неаналитический элемент в рассматриваемом случае - кромка отверстия в цилиндре, получаемая в результате пересечения двух цилиндров. В общем случае (когда радиусы цилиндров не равны) линия пересечения двух цилиндров является кривой четвёртого порядка. Из рисунка 5 видно, что в одной из систем контур отверстия состоит из двух рёбер, в другой - из четырёх рёбер.



а) – общий вид модели, б) – контур грани в исходной CAD-системе состоит из двух рёбер, в) – контур грани после импорта в принимающую CAD-систему состоит из четырёх рёбер

Рисунок 5 – Представление линии пересечения двух цилиндров в различных CAD-системах



Рисунок 6 – Расстояния между соответствующими точками (мм) на линиях пересечения двух цилиндров в различных CAD-системах (параметр кривой t)

На рисунке 6 показаны различия положений (абсолютные) соответствующих точек на кривой в двух моделях изделия в различных CAD-системах. При равных значениях параметра t отличия в положениях точек на кривой пересечения в разных моделях составляют до 0.1 мм (менее 1% от габаритных размеров).

2.5.2 Искажение в результате устранения дефекта качества данных

На рисунке 7 показана модель изделия, содержащая дефект качества. При загрузке модели не удаётся построить одну из граней. В протоколе импорта появляется запись: «!Ошибка – Сбой CRTОВУ – Код ошибки: 15116 – Не-манифолд вершина #207» и подобные записи ещё о трёх вершинах. В компьютерной геометрии понятие «манифолд» имеет формальное определение [11]. К не-манифолд элементам относятся такие элементы, как стенки нулевой толщины, отверстия нулевого диаметра, самопересекающиеся кривые и поверхности, контуры кривых, касающиеся в одной точке или пересекающиеся. С математической точки зрения такие элементы вызывают трудности при их обработке штатными алгоритмами. С практической точки зрения такие элементы не могут существовать в вещественных объектах, в данном случае в детали, изготовленной по CAD-модели. На рисунке 8 показаны не-манифолд вершины, вызвавшие проблемы при построении изображения модели.

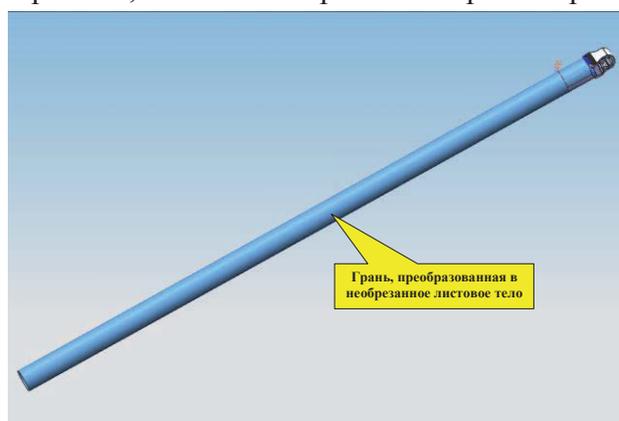


Рисунок 7 - Модель изделия, содержащая дефект качества

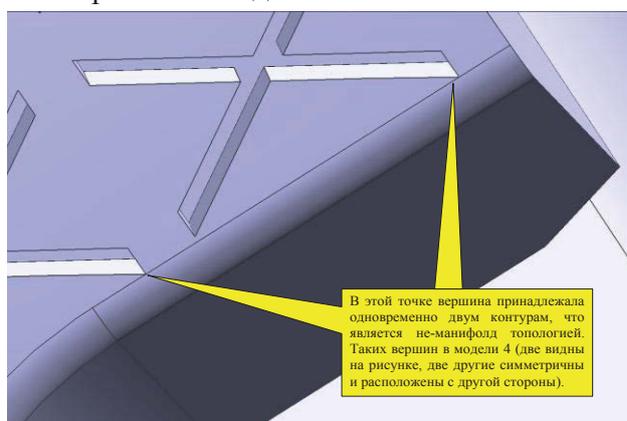


Рисунок 8 - Не-манифолд вершины

При исправлении твердотельной модели штатным модулем обнаружения и устранения дефектов качества, автоматически запускаемым при импорте сторонних моделей в одну из CAD-систем, обнаруженная проблема устраняется за счёт того, что пересекающийся внутренний контур отдаляется от внешнего контура (см. рисунок 9). В этом примере попытка повышения качества данных об изделии приводит к снижению качества модели изделия.

Проверка искажения модели геометрической формы изделия осуществляется сравнением модели с некоторой мастер-моделью (эталонной моделью). Мастер-моделями могут быть (в порядке возрастания полноты С):

1) *Поверочные геометрические свойства* (GVP - Geometric Validation Properties) - центр масс, площадь поверхности и объём изделия. Набор этих свойств может рассматриваться как одна из моделей изделия. Такая модель не даёт ответов на вопросы о геометрической форме изделия. Тем не менее, на ограниченный набор вопросов модель даёт ответы. Сравнение поверочных геометрических свойств с эталонными значениями позволяет сделать вывод о степени искажения модели геометрической формы изделия. Следует учитывать, что в общем случае для вычисления поверочных геометрических свойств используются численные алгоритмы, работающие с некоторой погрешностью, и для достаточно крупных изделий даже при очевидном искажении формы отклонения значений свойств могут быть сопоставимы с погрешностью численного алгоритма. Онтологии конструкторских протоколов STEP позволяют передавать с моделью поверочные геометрические свойства. Совпадение значений поверочных геометрических свойств является необходимым, но не достаточным условием отсутствия искажений геометрической модели. Пре- и

постпроцессоры STEP CAD-систем NX и CATIA v5 обеспечивают экспорт и импорт поверочных геометрических свойств.

2) *Облако точек* (Point Cloud) - некоторые характерные точки модели, которые должны принадлежать рёбрам или граням. Облако точек также может рассматриваться как одна из

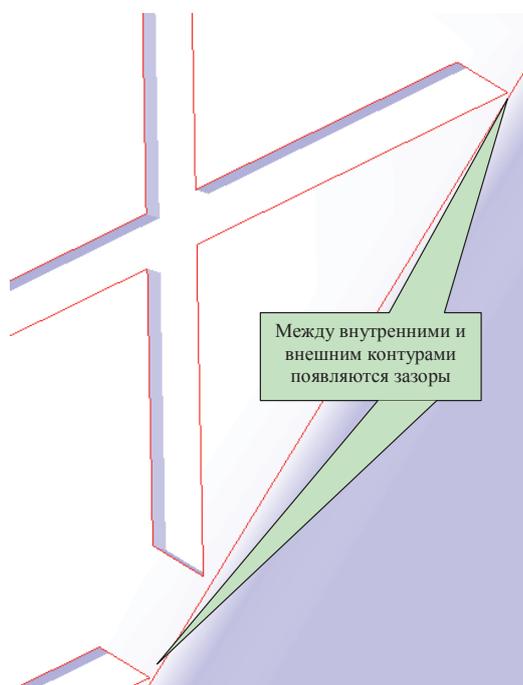


Рисунок 9 - Модель после исправления (устранения обнаруженного дефекта качества данных)

моделей изделий, обеспечивающая ограниченный набор ответов на вопросы о геометрической форме изделия. Онтологии, позволяющие представлять облака точек, также имеются в конструкторских протоколах STEP. Проверка посредством облака обеспечивает более достоверное свидетельство отсутствия искажения модели. Надёжность такой проверки зависит от того, насколько верно подобрано множество поверочных точек.

3) *Полная геометрическая модель формы*, рассматриваемая в качестве эталонной. Проверка может выполняться, например, совмещением двух моделей формы или выполнением булевых операций над моделями. При этом следует учитывать то, что, по крайней мере, одна из моделей прошла процесс конвертации и могла быть искажена в ходе этого процесса. Онтологии поверочных геометрических свойств и облака точек просты, и вероятность искажения построенных по этим онтологиям моделей мала. В случае сравнения полных моделей имеются две модели, имеющие равную сложность и в равной мере подверженные искажениям.

Каждый из способов поиска искажений, основанный на мастер-моделях определённой разновидности, имеет свои достоинства и недостатки. В практической деятельности разумно применять сочетание этих способов.

Общее направление исследований обуславливает то, что рассматриваться должны искажения модели в результате устранения дефектов качества. Одна из задач, требующих решения - разделение искажений модели в результате конвертации от искажений в результате устранения дефектов качества.

Заключение

На основе опыта практической работы сформулированы задачи, решение которых позволит повысить результативность процесса обеспечения качества данных об изделии и снижение затрат, связанных с этим процессом. Отдельные положения содержатся в [12]. На основе существующих знаний могут быть созданы практические рекомендации.

Задача проверки искажения формы CAD-моделей может быть решена с помощью уже существующих на рынке программных продуктов. Необходимы практические рекомендации по внедрению такой проверки в процессы деловой деятельности [10]. В настоящее время отсутствуют нормативные документы и программные продукты, обеспечивающие решение задачи записи протокола процедуры «лечения» CAD-модели формы изделия.

Онтологии, содержащиеся в прикладных протоколах стандарта ISO 10303 STEP, могут служить инструментом, используемым при решении упомянутых задач. Перспективным

представляется освоение функциональных возможностей прикладного протокола AP242 STEP, которые предназначены для управления качеством данных об изделии.

Список источников

- [1] *Погосян, М.А.* Повышение эффективности контроля качества геометрических данных электронных моделей изделий / М.А. Погосян, В.А. Злыгарев, Д.Ю. Стрелец, В.Н. Юрин, Б.В. Яценко // Технологические системы №3 (52) 2010. С. 20-22.
- [2] *Прокопов, В.С.* APM Structure3D — новые возможности прочностного анализа / В.С. Прокопов, В.В. Шелофаст // САПР и графика, №11 2004. - С. 70-72.
- [3] *Марка, Д.А.* Методология структурного анализа и проектирования SADT. / Д.А. Марка, К. МакГоуэн // М: Эксмо-Пресс, 1999 – 243 с.
- [4] *Суханова, А.* "Отдавая должное инвестициям, технологиям и партнерам по внедрению PLM, мы осознавали, что главное условие успеха – увлеченность наших сотрудников" Интервью И.Ф. Гумерова, А.В. Пуртова и В.А. Авдеева / А. Суханова, Ю. Суханов // CAD/CAM/CAE Observer, № 1(85) 2014 С. 8-28.
- [5] ISO/PAS 26183:2006. SASIG Product data quality guidelines for the global automotive industry.
- [6] *Thomas C. Redman.* Data Quality: The Field Guide. Digital Press, 2001 – 241 p.
- [7] *Колчин, А.Ф.* Управление жизненным циклом продукции / А.Ф. Колчин, М.В. Овсянников, А.Ф. Стрекалов, С.В. Сумароков // - М.: Анахарсис, 2002. - 304 с.
- [8] *Ренев, С.А.* Треугольник ДеЛаПорта-Шильникова: Проблемы и решение / С.А. Ренев, Е.Л. Столярова, П.С. Шильников // САПР и графика, №1 2016. - С. 26-31.
- [9] *Ренев, С.А.* Шерстяной треугольник качества / С.А. Ренев, Е.Л. Столярова, П.С. Шильников // САПР и графика, №7 2015. - С. 72-74.
- [10] *Shilnikov, P.* The ontology of healing of product shape data for ISO 10303 STEP. Proceedings of the 5th International Workshop on System & Concurrent Engineering for Space Applications (SECESA). Lisbon, Portugal, 2012. - http://www.congrexprojects.com/docs/12c12_docs/0935-shilnikov.pdf?sfvrsn=2.
- [11] *Шильников, П.С.* Представление данных КИП / П.С. Шильников. - 150 с. - http://www.plm-consulting.ru/pdf/cip_data_2009-11-01.pdf.
- [12] *Колчин, А.Ф.* Представление модели знаний специалиста на основе онтологического подхода / А.Ф. Колчин, Н.В. Елисеева // Автоматизация. Современные технологии, №4, 2009. - С. 36-38.

ONTOLOGIES OF PRODUCT DATA QUALITY MANAGEMENT

P.S. Shilnikov

*Bauman Moscow State Technical University (National Research University of Technology), Moscow, Russia
Peter.Shilnikov@gmail.com*

Abstract

While expanding of computer usage for Product Life-cycle information support, several challenges, caused by dependence of computer documents upon interpretation means, are arising. Product data quality (PDQ) challenge is discussed in this article. Absence of data quality defects is assumed as product data quality. Data quality defect, in turn, is existence of some computer product model features, impeding downstream handling of product model. Product data quality management is assumed as interleaved transactions for detection and healing of data quality defects. The principal tasks that facilitate improvement of product design documents' quality were outlined. Computer product data quality is considered as one of aspects of quality of product design documents represented in computer form. The following tasks have to be solved for data quality improvement: detect influence of data quality defects on downstream handling of computer documents, detect interrelationship of data quality defects, set sequence of product data quality transactions, detect product shape model deviation arisen due to model healing. The new integrated approach to product data quality issues is implemented. Free accessible materials and also results of R&D [1] and experience of multy-year exploitation and permanent improvement of APM Studio modules for quality check, healing and import of CAD models [2] were considered while outlining of principal tasks mentioned in this article.

Keywords: quality, computer data, product data quality, data quality management, computer aided design.

Citation: Shilnikov PS. Ontologies of product data quality management. *Ontology of designing*, 2017; 7(2): 216-226. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-2-216-226.

References

- [1] **Pogosyan MA, Zlygarev VA, Strelets DY, Yurin VN, Yatshenko BV.** Increasing the effectiveness of quality check of geometric data of electronic products models [In Russian]. *Technological systems* №3 (52) 2010. P. 20-22.
- [2] **Prokopov VS, Shelofast VV.** Automated workstation Structure3D — new strength analysis capabilities [In Russian]. - M: CAD & Graphics, №11. 2004. - p.70-72.
- [3] **Marca DA, McGowan C.** SADT: structured analysis and design technique. McGraw-Hill Book Co., Inc.: New York, NY. 1988.
- [4] **Sukhanova A., Sukhanov Y.** "Paying tribute to investments, technologies and partners for the implementation of PLM, we realized that the main condition for success is the enthusiasm of our employees" Interview with I.F. Gumerov, A.V. Purtoev and V.A. Avdeev (OJSC KAMAZ) [In Russian]. *CAD/CAM/CAE Observer*, № 1(85) 2014. - P.8-28.
- [5] ISO/PAS 26183:2006. SASIG Product data quality guidelines for the global automotive industry.
- [6] **Thomas C. Redman.** Data Quality: The Field Guide. Digital Press, 2001 – 241 p.
- [7] **Kolchin AF, Ovsyannikov MV, Strekalov AF, Sumarokov SV.** Product Life Cycle Management. [In Russian] - M.: Anakharsis, 2002. 304 p.
- [8] **Reney S, Stolyarova C, Shilnikov P.** The Triangle of DeLaPorte-Shilnikov: Challenges and Solution [In Russian]. *CAD & Graphics*, №1 2016 г. p. 26-31.
- [9] **Reney S, Stolyarova C, Shilnikov P.** Woolen Triangle Quality [In Russian]. *CAD & Graphics*, №7, 2015, p.72-74.
- [10] **Shilnikov P.** The ontology of healing of product shape data for ISO 10303 STEP. Proceedings of the 5th International Workshop on System & Concurrent Engineering for Space Applications (SECESA). Lisbon, Portugal, 2012. - http://www.congrexprojects.com/docs/12c12_docs/0935-shilnikov.pdf?sfvrsn=2.
- [11] **Shilnikov P** Representation of CIM data [In Russian]. - http://www.plm-consulting.ru/pdf/cip_data_2009-11-01.pdf.
- [12] **Kolchin AF, Eliseeva NV.** Specialist knowledge model presentation on the basis of ontological approach [In Russian]. *Automation. Modern Technology*, №4, 2009, p.36-38.

Сведения об авторе



Шильников Петр Станиславович, 1956 г. рождения. Окончил Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана в 1979 г., к.т.н. (2006). Доцент кафедры компьютерных систем автоматизации производства Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета). Специализируется по обмену данными между CAD-системами с применением формата ISO 10303 STEP и по качеству данных об изделии. В списке научных трудов около 50 работ в области автоматизации проектирования.

Peter Stanislavovich Shilnikov (b.1956) graduated from the Moscow Higher Technical School named after N.E. Bauman (Moscow) in 1979, PhD (2006). He is Associate Professor at Bauman Moscow State Technical University (Department of computer integrated manufacturing).

His activity is focused on inter-CAD data exchange, primarily with ISO 10303 STEP format and on product data quality. He is co-author of about 50 scientific articles and abstracts in the field of CAD.