

ОБМЕН ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ МОДЕЛЯМИ МЕЖДУ CAD-СИСТЕМАМИ

Развитие современных предприятий, создающих высокотехнологичную наукоемкую продукцию, сопряжено с широким применением технологий информационной поддержки жизненного цикла выпускаемых ими изделий (ИПИ-технологии или PLM). Эти технологии предполагают наличие и совместное использование на разных этапах CAD-систем.

В российских проектно-конструкторских организациях применяются CAD-системы от многих иностранных вендоров (разработчиков): Intergraph, Dassault Systemes, Siemens PLM Software, Autodesk, Bentley Systems, а также PTC, SolidWorks Russia и др. Значительную долю российского рынка CAD-систем занимают программные продукты от разработчиков России и стран СНГ ("Топ Системы", CSoft Development, АСКОН, "Нанософт", "Интермех" и др.). Говоря о CAD-системе одного разработчика, можно привести пример компании Autodesk, которая для реализации своей стратегии цифрового прототипа изделия (ЦПИ), укладывающейся в идеологию ИПИ, предлагает под каждый этап разработки набор своих программных продуктов для:

- подготовки двумерных чертежей, с предоставлением инструментов и шаблонов для создания концептуальных эскизов, спецификаций продуктов, информационной графики — Autodesk AutoSketch;
- промышленного дизайна, динамического моделирования трехмерных поверхностей, построения эскизов и визуализации — продукты Alias;
- автоматизированного проектирования — среда AutoCAD и Autodesk Inventor Professional;

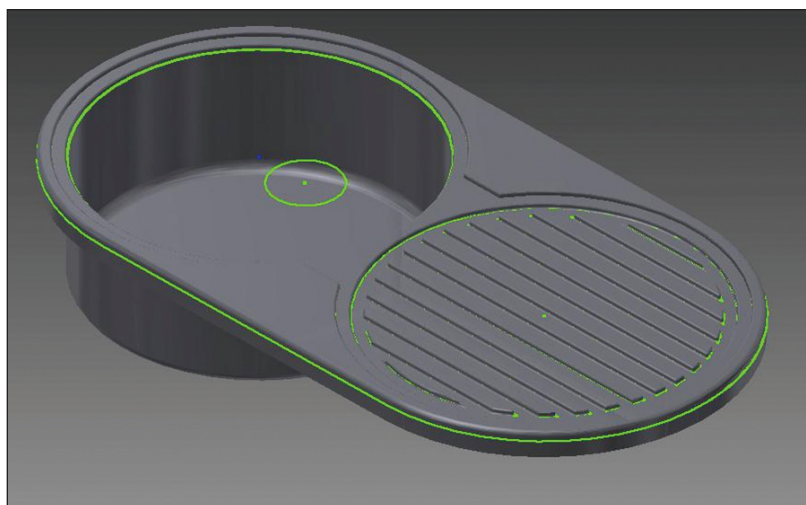


Рис. 1. Модель кухонной мойки

- реализации элементов инженерного анализа — AutoCAD Inventor Simulation;
- трехмерной анимации, моделирования, построения имитаций и визуальных эффектов, рендеринга, композитинга и отслеживания движения — Autodesk 3ds Max и Autodesk Maya;
- создания высококачественных трехмерных визуализаций (главным образом в сфере промышленного дизайна) — Autodesk VRED;
- получения на основе проектных трехмерных данных точных и реалистичных изображений с целью эффективного обмена идеями между специалистами — Autodesk Showcase и др.

В ранее опубликованных статьях приводились примеры использования программных продуктов Autodesk при создании ЦПИ [1-3].

Одним из основных связующих звеньев на этапах информационной под-

держки является геометрическая модель (ГМ).

В своей деятельности предприятия пользуются CAD-системами различных вендоров и версиями разных лет выпуска. Понятно, что если геометрические модели (ГМ) среды одного разработчика могут обмениваться относительно беспроблемно, то обмен ГМ в среды разных производителей обычно проблематичен. Конечно, обычно в основные программные продукты включены механизмы трансляции и сохранения ГМ в наиболее распространенных или в так называемых "нейтральных" 3D-форматах: .step, .3d xml, .jt, .3d pdf, .iges и др. Тем не менее, опыт показывает, что реализовать это в полной мере практически не представляется возможным.

Авторами проведена оценка информационного обмена между рядом CAD-систем. В качестве объекта исследования выбрана модель кухонной мойки (рис. 1).

Для импорта могут быть использованы следующие форматы разных вендоров:

SolidWorks — .dwg, .dxf, .sat, .igs, .stp, .wrl, .x_t, .stl, .prt, .prt.1, .prt.2, .x_b;

КОМПАС 3D — .dwg, .dxf, .sat, .igs, .stp, .x_t, .x_b;

Inventor Professional 2012 — .dwg, .dxf, .sat, .igs, .stp, .wrl, .x_t, .x_b, .prt.1, .prt.2;

Creo Elements Pro — .sat, .igs, .stp, .wrl, .x_t, .x_b, .stl, .prt, .neu, .vda;

SIEMENS UGS NX7 — .dwg, .dxf, .igs, .stp, .x_t, .x_b, .stl, .prt.1, .prt.2.

При их оценке основными критериями служили:

- точность геометрической модели;
- сохранение дерева построения;
- твердость, а не каркасность модели;
- возможность модификации;
- возможность сохранения модификаций;
- характеристики детали (материал, плотность, масса, площадь, объем и центр масс).

Не рассматривались форматы, которые не открылись в CAD, а также не сумев-

шие сохранить геометрию. Таким образом, были исследованы форматы .igs, .stp, .x_b и .x_t.

Поскольку свойства материала и дерево построения не удалось передать ни в одном из исследованных форматов, то баллом "1" отметим факт передачи каждого параметра, частичной передачи — баллом 0,5, в случае полного отсутствия передачи присвоим балл "0". В табл. 1-6 приведены результаты исследования показателей экспорта/импорта форматов.

Таблица 1. Показатели экспорта/импорта в САПР с использованием формата .igs

.igs	Импортёр						
	САПР	SolidWorks	КОМПАС	Inventor	Creo	NX7	Итог
Экспортёр	SolidWorks	-	1	0	1	1	3
	КОМПАС	1	-	1	1	1	4
	Inventor	1	1	-	1	1	4
	Creo	1	1	0	-	1	3
	NX7	0	1	-	1	-	2
	Итог	3	4	1	4	4	-

Таблица 2. Показатели экспорта/импорта в САПР с использованием формата .stp

.stp	Импортёр						
	САПР	SolidWorks	КОМПАС	Inventor	Creo	NX7	Итог
Экспортёр	SolidWorks	-	1	0	1	1	3
	КОМПАС	1	-	1	1	0	3
	Inventor	1	1	-	0	0	2
	Creo	1	1	1	-	1	4
	NX7	1	1	1	1	-	4
	Итог	4	4	3	3	2	-

Таблица 3. Показатели экспорта/импорта в САПР с использованием формата .x_b

.x_b	Импортёр						
	САПР	SolidWorks	КОМПАС	Inventor	Creo	NX7	Итог
Экспортёр	SolidWorks	-	1	1	1	1	4
	КОМПАС	0	-	1	1	1	3
	Inventor	1	1	-	1	1	4
	Creo	0	0	0	-	0	0
	NX7	0	0	0	0	-	0
	Итог	1	2	2	3	3	-

Таблица 4. Показатели экспорта/импорта в САПР с использованием формата .x_t

.x_t	Импортёр						
	САПР	SolidWorks	КОМПАС	Inventor	Creo	NX7	Итог
Экспортёр	SolidWorks	-	1	1	1	1	4
	КОМПАС	0	-	1	1	1	3
	Inventor	0	1	-	0	0	1
	Creo	0	1	1	-	0	2
	NX7	0	0	0	0	-	0
	Итог	0	3	3	2	2	-

Таблица 5. Обобщенные показатели экспорта/импорта в САПР с использованием форматов .igs, .stp, .x_b и .x_t

Формат	Количество баллов при экспорте/импорте
.igs	16
.stp	16
x_b	11
x_t	10

Анализ таблицы 5 показывает, что наивысшими (одинаковыми) показателями обмена обладают форматы .igs и .stp. Не вдаваясь в подробности такого обмена, следует отметить, что до сих пор не существует научно обоснованной комплексной методики, по которой можно было бы количественно оценивать степень полноты подобной передачи, а соответственно — прогнозировать объем работы по "ручной" доводке информационных моделей.

Авторами предложен новый подход к интегрированной оценке передачи и восстановлению геометрической модели в САПР на основании аппарата информационной метрики в качестве показателя количественной оценки.

При накоплении достаточного количества данных в метрическом базисе предприятия могут быть введены коэффициенты корректировки метрики в соответствии с мощностью вычислительной техники, опытом персонала, используемыми технологиями и т.д.

Для оценки технико-экономических показателей процесса передачи и восстановления ГМ определяется информационная метрика объема потерь данных на основании следующей методики:

- геометрические модели, предназначенные для оценки, распределяются по классам (сложности, уникальности и т.п.);
- определяется вектор параметров, присущих каждому классу;
- рассчитывается абсолютный объем каждого параметра по всему классу на основании данных файлов формата STEP или IGES;
- рассчитывается относительный объем потерь данных вектора параметров при передаче ГМ из одной CAD-системы в другую;
- производится расчет информационной метрики передачи и восстановления ГМ.

В результате проведенного исследования получен математический аппарат для расчета информационной метрики передачи и восстановления ГМ из одной

CAD-системы в другую. В нем учитываются особенности структуры графа параметров геометрических моделей, мнения экспертов относительно этих параметров, а также коэффициенты их искажения, полученные на основе экспериментальных данных технологического процесса передачи ГМ. Этот математический аппарат можно использовать для автоматизации расчетов весовых коэффициентов, отражающих точки зрения экспертов, и, соответственно, весового коэффициента.

После передачи ГМ из одной CAD-системы в другую следует их восстановить. Для расчета трудоемкости восстановления геометрических моделей между конкретными программными средами необходимо получить коэффициент искажения какого-либо параметра ГМ путем исследования технологического процесса передачи ГМ.

Для демонстрации работы механизма предложенной методики построим геометрическую модель сборки "Вал-Ручка" в Autodesk Inventor Professional 2013 и передадим ее в SolidWorks 2013.

Построение геометрической модели "Вал" производим с использованием стандартного программного интерфейса на основании принципа корректных построений. Открываем новый файл, в котором создаем 2D-эскиз окружностей на выбранной плоскости, проставляем на эскизе размеры таким образом, чтобы эскиз был полностью определен. Используя метод "выдавливания", получаем твердотельную модель цилиндров (рис. 2).

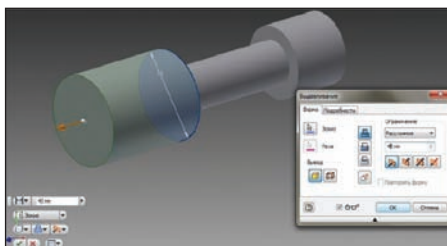


Рис. 2. Твердотельная геометрическая модель, полученная путем выдавливания окружностей

Строим сопряжения: на малом цилиндре — 1 мм, на среднем и большом — по 0,2 мм (рис. 3).

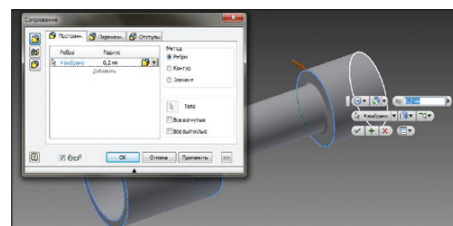


Рис. 3. Построение сопряжений на геометрической модели

Для получения отверстий строим дополнительную плоскость, на которой создаем окружность нужного радиуса. Способом "выдавливания" получаем отверстие. С помощью команды *Массив* назначаем круговой массив относительно большого цилиндра (рис. 4).

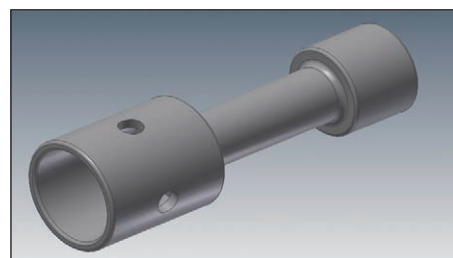


Рис. 4. Геометрическая модель "Вал", созданная в Autodesk Inventor Professional 2013

Чтобы осуществить оценку передачи на основании данной модели, создадим сборочную модель и назовем необходимые параметры. Для этого создаем "Ручку вала". Соединяем "Вал" и "Ручку" в сборку путем наложения осевой зависимости (рис. 5).

С помощью функции *Создать параметрическую деталь* назначаем параметр для кругового массива отверстий "кол=4". Присваиваем детали материал *Сталь, нержавеющая, аустенитная* из библиотеки компонентов Inventor. Аналогичным образом присваиваем другие параметры (рис. 6). Сохраним полученную модель рядом с файлом формирования передающего файла. Экспортируем деталь в формат STEP (рис. 7).

Теперь импортируем геометрическую модель в SolidWorks 2013. В процессе импорта детали выполняем диагностику модели, предлагаемую программой. После диагностики и распознавания программой элементов открывается импортируемая геометрическая модель (рис. 8).

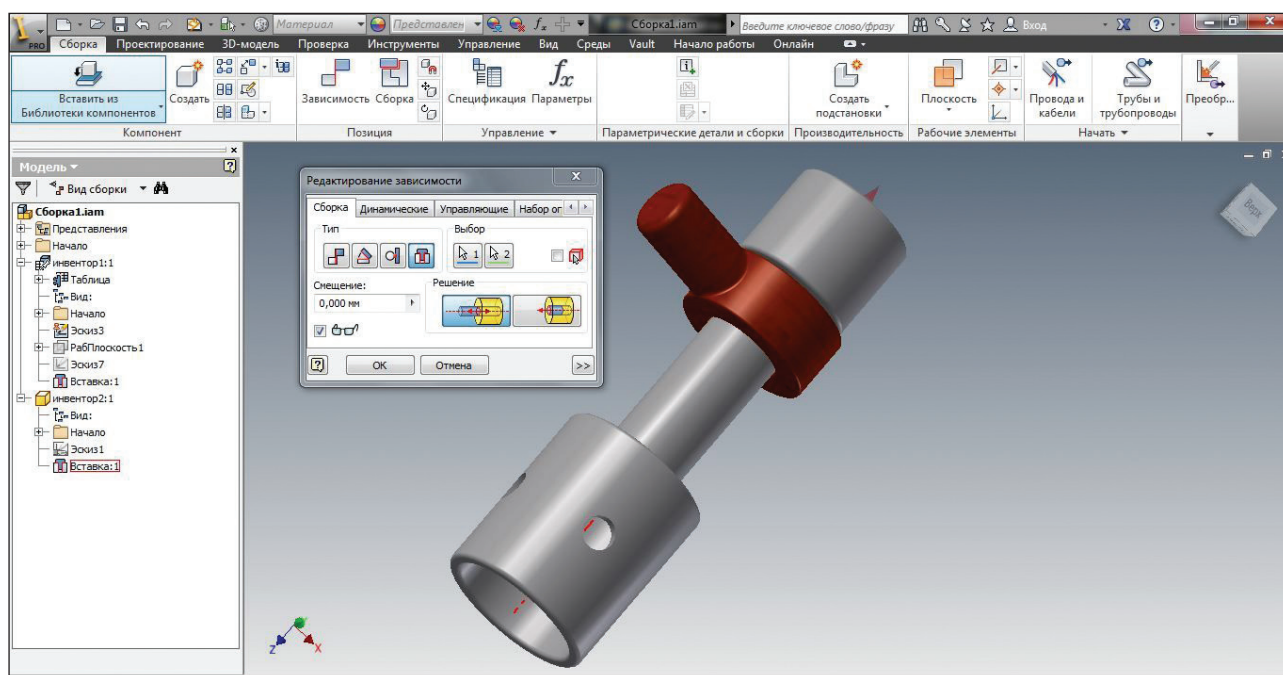


Рис. 5. Геометрическая модель сборки, созданная в Autodesk Inventor Professional 2013

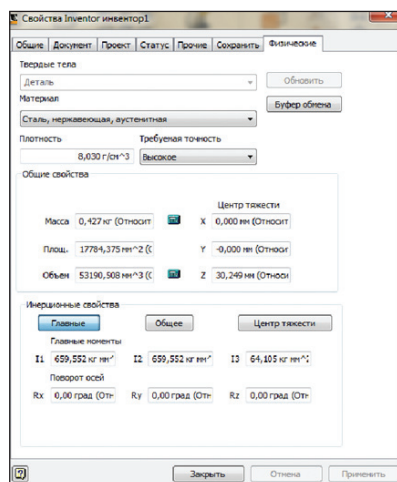


Рис. 6. Параметры геометрической модели

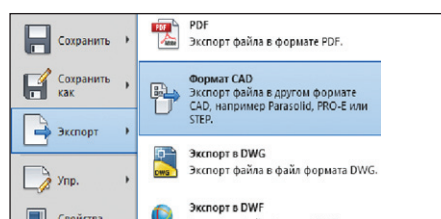


Рис. 7. Экспорт геометрической модели в формат STEP

Программа SolidWorks, выполняя диагностику детали, определила ее как элемент вращения. После передачи модель открылась как твердое тело, что является подтверждением сохранения типа моделирования. Размеры детали сохранились, но наложение зависимостей и эскизы — нет. Следовательно, размерная параметриза-

ция импортирована не полностью. Поскольку эскиз полностью заново создан программой SolidWorks, геометрическая параметризация не сохранилась.

Геометрическая модель "Сборочная единица" после импорта приобрела вид, приведенный на рис. 9.

Зависимости пропали, следовательно, точность соединений не сохранилась. Параметр *Дерево создания* (как и *Иерархическая параметризация*) сохранился частично, поскольку модель была создана в процессе диагностики.

Проведенный по рекомендуемой методике расчет относительного объема потерь данных параметров ГМ при передаче из системы Autodesk Inventor Professional 2013 в SolidWorks 2013 показал, что при использовании формата IGES значение объема потерь составил

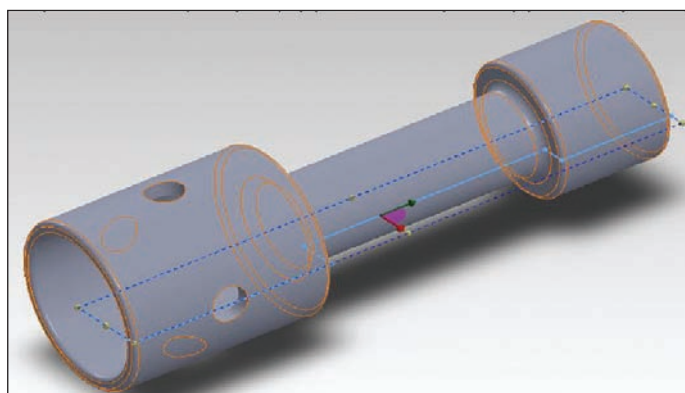


Рис. 8. Оценка передачи параметров детали "Вал" в SolidWorks 2013 после импорта из Autodesk Inventor Professional 2013

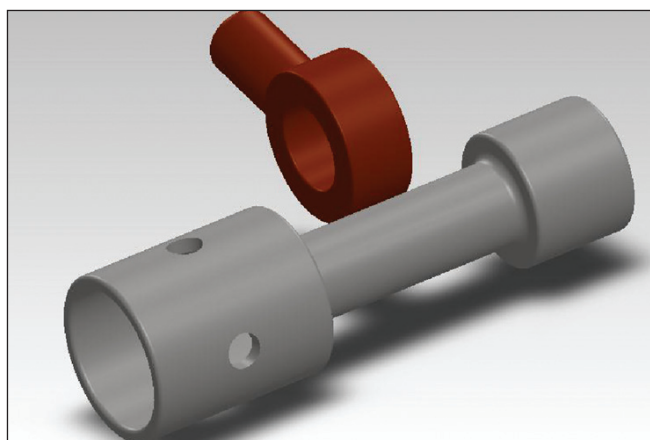


Рис. 9. Вид сборки в SolidWorks 2013 после импорта из Autodesk Inventor Professional 2013



0,383, а при использовании формата STEP – 0,364.

Таким образом, восстанавливать геометрическую модель, подобную использованной в приведенном примере, которая

была передана из системы Autodesk Inventor Professional 2013 в SolidWorks 2013 в формате IGES, более трудозатратно (почти на 5%) и при выборе способа формирования передающего файла

между форматами IGES и STEP более предпочтителен формат STEP.

При численном сравнении затрат на передачу и восстановление ГМ вручную или с применением передающего файла оказалось, что использование обоих форматов (IGES или STEP) оправдано, поскольку трудозатраты снижаются примерно в три раза.

Таблица 6. Коэффициенты передачи параметров ГМ из Autodesk Inventor Professional 2013 в SolidWorks 2013 в форматах IGES и STEP

Параметры ГМ	Коэффициенты передачи параметров ГМ в формате	
	STEP	IGES
Геометрия		
Сборка		
1.1.1 Точность соединений	0	
1.1.2 Дерево создания (иерархическая параметризация)	0,5	
1.1.3 Адаптивность	1	
1.1.4 Сборочные зависимости	0	
1.1.5 Дополнительные построения	0	
1.1.6 Построение чертежей	1	
1.1.7 Ассоциативность	1	
1.2 Деталь		
1.2.1 Точность геометрии		
1.2.1.1 Точность узлов	1	
1.2.1.2 Точность ребер	1	
1.2.1.3 Точность поверхностей	1	
1.2.1.4 Точность объемов	1	
1.2.1.5 Тип моделирования	1	
1.2.1.6 Граничные представления	1	
1.2.1.7 Пересечения	1	
1.2.2 Параметризация		
1.2.2.1 Табличная	0	
1.2.2.2 Геометрическая	0	
1.2.2.3 Иерархическая	0,5	
1.2.2.4 Размерная	0,5	
1.2.3 Эскизы	0	
1.2.4 Ассоциативность	1	
1.2.5 Адаптивность	1	
1.2.6 Построение чертежей	1	
1.2.7 Массивы, отражения	0	
Атрибутивная информация		
2.1 Материал	0	
2.2 Масса	0	
2.3 Плотность	0	
2.4 Площадь	1	
2.5 Объем	1	
2.6 Центр масс	1	
2.7 Спецификация	0,5	
2.8 Дополнительные параметры	0	
Параметры файла		
3.1 Использование кириллицы в имени	1	
3.2 Размер файла	0,5	

Литература

1. Райкин Л.И., Райкин И.Л., Сидорук Р.М., Кабанова Т.Ю. Создание цифровых прототипов с помощью технологий Autodesk. Часть 1. Этап концептуального дизайна. CAD/CAM/CAE Observer, № 1/2010, с. 28-34.
2. Райкин Л.И., Райкин И.Л., Сидорук Р.М., Кабанова Т.Ю. Создание цифровых прототипов с помощью технологий Autodesk. Часть 2. Этап конструирования. CAD/CAM/CAE Observer, № 2/2010, с. 24-30.
3. Райкин Л.И., Райкин И.Л., Кишечникова А.В. Моделирование тюнинга автомобиля в технологиях Autodesk. CADmaster, №6/2011, с. 56-58.

*Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева,
кафедра графических
информационных систем*

*Александр Филинских,
старший преподаватель*

*Леонид Райкин,
к.т.н., доцент,
координатор образовательных программ
Autodesk в НГТУ,
заведующий лабораторией ИПИ-
технологий*

*Игорь Мерзляков,
заведующий кафедрой, к.т.н., доцент,
руководитель ОНЦ Autodesk в НГТУ,
координатор образовательных программ
Autodesk в НГТУ*

*Игорь Райкин,
к.т.н., доцент*

Программные комплексы Autodesk

Выберите подходящий для ваших задач программный комплекс

Программные комплексы Autodesk обеспечивают полную реализацию рабочего процесса для конкретных задач – проектирования зданий, разработки промышленных изделий, создания виртуальной реальности и т.п. В рамках единого, удобного и экономически выгодного решения пользователи получают продукты и облачные службы Autodesk для проектирования и визуализации, обладающие богатой функциональностью и высоким уровнем совместимости.



AUTODESK® PRODUCT DESIGN SUITE 2014

Программный комплекс для промышленного дизайна, 3D-проектирования, визуализации и выполнения расчетов на всех стадиях разработки продукции.