

*Большаков Владимир Павлович,
Бочков Андрей Леонидович,
Лячек Юлий Теодосович*

УДК 004.925.84

ПРОБЛЕМЫ ОБМЕНА ГРАФИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ МЕЖДУ САД-СИСТЕМАМИ

Аннотация

Рассмотрены причины совместного использования нескольких САД-систем на производстве и в образовательных учреждениях. Приведены общие сведения по обмену графическими данными между САД-системами. Представлены результаты эксперимента по обмену данными в форматах ACIS, IGES, STEP между системами AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor и Creo Elements/Pro (Pro/Engineer) по моделям восьми деталей. Для создания моделей использовались практически полностью инструменты твердотельного моделирования.

Ключевые слова: САПР, САД-системы, геометрическая модель, твердотельное моделирование, обмен графическими данными, AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor и Creo Elements/Pro (Pro/Engineer).

1. ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в области автоматизированного проектирования конструкций произошел переход от двухмерного проектирования к трехмерному (3D) моделированию. Это связано с растущим интересом пользователей к этим технологиям из-за высокой наглядности этих моделей и широких возможностей их использования на всех этапах конструкторских, расчетных и технологических работ, а также с появлением на рынке, в том числе на рынке образовательных услуг, доступных и удобных САД-систем (Computer Aided Design System – система автоматизированного проектирования). Главной задачей, решаемой с помощью САД-систем, входящих в состав систем автоматизированного проектирова-

ния (САПР) для машиностроения, является создание геометрических моделей конструируемых изделий.

Геометрическая модель применительно к решению практических задач может быть определена как модель объекта-оригинала, отражающая его геометрию, форму, визуальную и определительную информацию [1]. Созданная 3D-модель используется для формирования чертежно-конструкторской и технологической документации, проектирования средств технологического оснащения, разработки программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Модель может быть передана в системы инженерного анализа (CAE-системы) для решения расчетных задач, а также оптимизационных задач синтеза конструируемого изделия. 3D-модель изделия создается, как правило, с использованием большого количества библиотек стандартизированных кон-

© Большаков В.П., Бочков А.Л.,
Лячек Ю.Т., 2013

структивных элементов и изделий, при этом для создания модели могут быть использованы графические данные из других САД-систем или результаты обмера изделия-прототипа на координатно-измерительном комплексе (рис. 1).

3D-моделирование разделяют на каркасное, поверхностное и твердотельное. Наибольшее распространение получило твердотельное моделирование, которое является единственным средством, обеспечивающим полное однозначное описание трехмерной геометрической формы.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕСКОЛЬКИХ САД-СИСТЕМ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБРАЗОВАНИИ

Большинству производителей в процессе проектирования изделий приходится использовать несколько различных пакетов САД-систем, независимо от того, нравится им это или нет. В [2] отмечается несколько причин совместного использования нескольких САД-систем:

– *растущая сложность проектируемых изделий* (современные изделия создаются в нескольких вариантах, включают разные уровни технологий, что требует различных инструментов разработки);

– *развитие глобального конструкторского аутсорсинга* (существует необходимость приспосабливаться к условиям партнеров по цепочке поставок, использующих

различные средства САД, для обеспечения совместной работы);

– *объединения и приобретения* (в условиях современного глобального рынка слияния и приобретения происходят чаще, чем раньше; интеграция требует эффективной ассимиляции имеющихся САД-систем для поддержания целостности данных).

В [2] выделяются три различных уровня сложности сред с использованием нескольких САД-систем. Верхний уровень (разнородное конструирование) предполагает использование компонентов, созданных в одной системе при контекстном конструировании в другой системе. При разнородном конструировании производителям удается избежать затрат, связанных с переходом от одной системы к другой и обучением персонала. Каждый конструктор продолжает работать в привычной для него среде. Очевидно, что в этих случаях успешное проектирование возможно при условии предоставления различным группам конструкторов точных данных в файлах необходимого формата.

В образовательных учреждениях (ОУ) Российской Федерации и стран ближнего зарубежья для машиностроения используется широкий набор САПР разных уровней.

Система КОМПАС-3D используется более чем в 1200 ОУ, SolidWorks – более чем в 350 ОУ, FLEX CAD 3D – более чем в 150 ОУ. В нескольких десятках ОУ используются

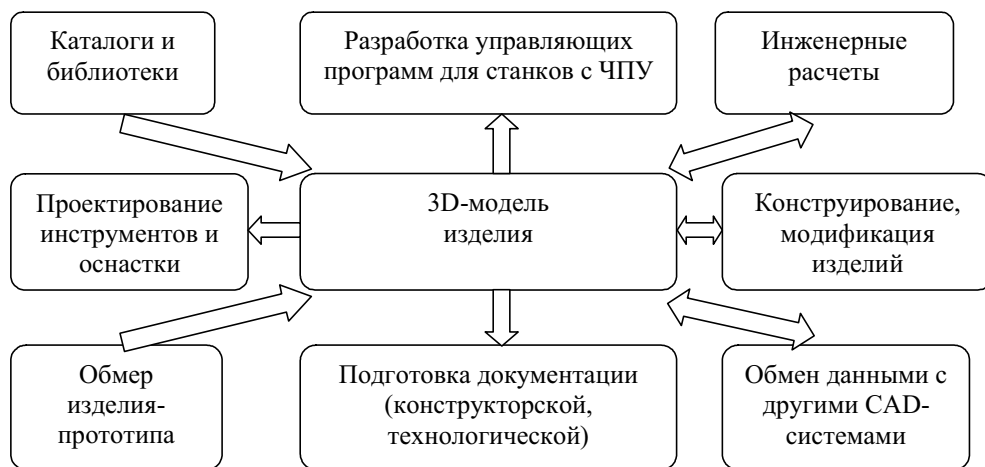


Рис. 1. 3D-модель – ядро автоматизированного проектирования изделий

системы ADEM, Cimatron, CATIA, Pro/ENGINEER. В небольшом числе ОУ используется система NX (UNIGRAPHICS) По данным представительства Autodesk в России ежегодно в 50000 ОУ обучаются работе с программными продуктами Autodesk, в частности, с системами Inventor и AutoCAD.

В большинстве технических университетов в учебном процессе используются несколько САПР по следующим причинам:

– *упрощение трудоустройства выпускников* (приобретенные умения работы в различных САПР дают преимущества на рынке труда);

– *заказы выпускающим кафедрам от предприятий* могут определять приоритетное использование в учебном процессе конкретных САПР;

– *традиции взаимодействия кафедр с распространителями конкретных САПР*. Конкуренция на рынке САПР заставила разработчиков в 90-е годы прошлого века начать продвигать в сферу образования некоммерческие учебные версии своих систем, искать различные способы внедрения в обучение своего легального прикладного программного обеспечения. Выбор кафедрами определенных САПР для использования в учебном процессе иногда проходил обоснованно [3], иногда нет. Как правило, кафедры остаются верными сделанному много лет назад выбору.

Освоение любой САПР, ориентированной на машиностроение, начинается со знакомства с САД-системой, при котором обучаемый на начальных этапах приобретает умения по практике геометрического моделирования и выполнения конструкторской документации по созданным 3D-моделям изделий.

Различные САД-системы, как правило, используются на разных кафедрах. В отдельных технических университетах делаются попытки по созданию с использованием PDM-систем графических баз данных учебного назначения. Однако неопределенность вопросов, связанных с обменом графическими данными между различными САД-системами, тормозит создание баз данных, объединяющих различные среды САД.

В последние годы в научно-производственных объединениях и на промышленных предприятиях заметна активность по внедрению лицензионных версий САПР. Возникла потребность обучения специалистов на курсах повышения квалификации. Практика авторов данной статьи проведения курсов по геометрическому моделированию и подготовке конструкторской документации в системах КОМПАС-3D, SolidWorks, Pro/ENGINEER указывает на повышения интереса слушателей курсов к вопросам обмена графическими данными между различными САД-системами, которые используются на их предприятиях.

3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОБМЕНУ ГРАФИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ МЕЖДУ САД-СИСТЕМАМИ

Для того чтобы экспортировать документ в другие системы, необходимо открыть соответствующий документ и выбрать **Файл / Сохранить как**. В поле **Тип файла** выбирается нужный тип, в поле **Имя файла** вводится имя файла. В случае необходимости для конвертирования выбираются нужные опции.

Для того чтобы открыть импортированный документ, нужно выбрать **Файл / Открыть** и указать нужный файл. В случае необходимости для чтения выбираются нужные опции.

Все форматы векторных графических файлов условно можно разделить на две группы:

- графические документы программ двумерной векторной графики;
- форматы для обмена 3D векторными изображениями.

В табл. 1 показаны наиболее распространенные методы преобразования данных для документов пяти САД-систем.

Остановимся на терминологии табл. 1.

ACIS – общее наименование для данных, с которыми работает лицензируемое (то есть доступное сторонним разработчикам) ядро системы геометрического моделирования ACIS. Ядро ACIS для своих программ в частности использует корпорация Autodesk

Табл. 1. Файлы обмена графическими данными САПР

| Система Тип файла | Компас-3D | | SolidWorks | | Autodesk Inventor | | Creo Elements/Pro | | AutoCAD | |
|----------------------------|-----------|----------|------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|---------|----------|
| | Им-порт | Экс-порт | Им-порт | Экс-порт | Им-порт | Экс-порт | Им-порт | Экс-порт | Им-порт | Экс-порт |
| ACIS (*.sat) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| DXF/DWG (*.dxf, *.dwg) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| IGES (*.igs,) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Parasolid (*.x_t, *.x_b,) | + | + | + | + | + | - | + | + | + | - |
| STEP AP203/214 (*.step) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | - |

(Inventor, Mechanical Desktop). В качестве форматов выводимых данных используются SAT и SAB.

DWG (Drawing Database) – один из основных форматов системы AutoCAD.

DXF (Data eXchange Format) – формат, много лет назад ставший де-факто стандартом для обмена чертежами между различными САД-системами. Поддерживается практически всеми программными продуктами САПР.

IGES (Initial Graphics Exchange Specification) – нейтральный формат обмена данными для САД-систем. Поддерживает традиционные инженерные чертежи и трехмерные модели.

Parasolid – ядро системы геометрического моделирования, в настоящее время используемое в таких САПР, как Unigraphics, SolidWorks, T-Flex и другие.

X_B – бинарный формат экспорта САПР, основанных на ядре Parasolid.

X_T – текстовый формат экспорта САПР, основанных на ядре Parasolid.

STEP – ISO-стандарт для компьютерного представления и обмена промышленными данными. Чаще всего STEP используется для обмена данными между САД, САМ, САЕ и PDM-системами.

Результаты обмена в форматах ACIS, IGES, STEP между системами AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks и Inventor по моделям сравнительно простых деталей представлены в [4]. Были отмечены ошибки (невозможность) конвертации при использовании ядра ACIS и некорректность выполнения ассоциативных чертежей по моделям, созданным с использованием кинематических формообразующих операций.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОБМЕНУ ДАННЫМИ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ

Обмен графическими данными проводился, в основном, по моделям 8 деталей, показанных на рис. 2. Использовались

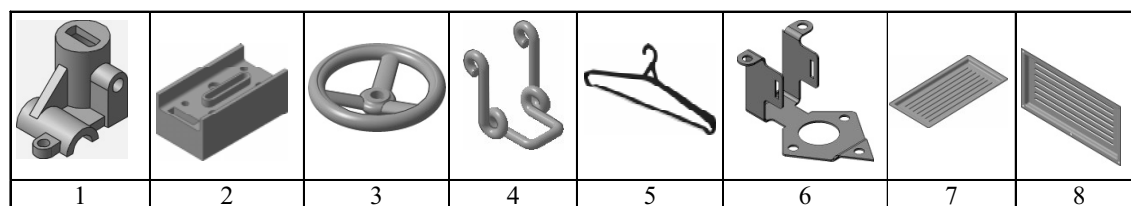


Рис. 2. Модели, используемые для обмена между системами

следующие версии программ: КОМПАС-3D v13, SolidWorks 2012, Inventor 2013, AutoCAD 2013, Creo Elements/Pro 5.0 (Pro/E).

Оценивались корректность визуализации модели после импорта данных и создание по модели ассоциативного чертежа.

Табл. 2 дает представление об итогах обмена, числами отмечены номера примечаний с краткими комментариями, представленными ниже.

1. Ошибка (невозможность) конвертации в формате ASIS возникала при экспорте данных из SolidWorks в КОМПАС-3D, из КОМПАС-3D в Pro/E.

2. Некорректность при экспорте данных из Inventor в КОМПАС-3D возникала при использовании всех четырех форматов. После экспорта в формате ACIS изображение принимает вид, показанный на рис 3 а. У

плечиков очевидна некорректность моделирования верхних краев. Изображение пружины (рис. 3 б) не требует комментариев.

3. После экспорта в формате STEP изображение плечиков принимает вид, показанный на рис. 3 в. Модель дополняется лишним элементом, заметна некорректность визуализации верхних краев.

4. Результат экспорта в формате X_T данных по модели листового кронштейна показан на рис. 3 г. Модель дополняется лишним фрагментом.

5. После экспорта в формате IGES изображения принимают вид, показанный на рис. 4. Некоторые изображения дополнялись показанными малоинформативными Деревьями моделей. Изображения пружины не требуют комментариев.

6. Ошибки при экспорте из Pro/E в КОМ-

Табл. 2. Результаты обмена данными по деталям между системами

| Экспорт | | Импорт, последующее создание чертежа (№ примечания) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|---|------|------|-----|------------|------|------|-----|-------------------|------|------|-----|-------------------|------|------|-----|---------|------|------|-----|----|----|
| | | Компас-3D | | | | SolidWorks | | | | Autodesk Inventor | | | | Creo Elements/Pro | | | | AutoCAD | | | | | |
| | | ACIS | IGES | STEP | X_T | ACIS | IGES | STEP | X_T | ACIS | IGES | STEP | X_T | ACIS | IGES | STEP | X_T | ACIS | IGES | STEP | X_T | | |
| Компас-3D | ACIS | | | | | 8 | | | | 12 | | | | 1 | | | | | | | | + | |
| | IGES | | | | | | 7 | | | | 13 | | | | 15 | | | | | | | 19 | |
| | STEP | | | | | | | 7 | | | | 14 | | | | 16 | | | | | | + | |
| | X_T | | | | | | | | 8 | | | | 12 | | | | | | | | + | + | |
| SolidWorks | ACIS | 1 | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | + | | |
| | IGES | | + | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | + | |
| | STEP | | | | + | | | | | | | | | | | + | | | | | | + | |
| | X_T | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | + | | + | |
| Autodesk Inventor | ACIS | 2 | | | | 9 | | | | | | | | | | | | 17 | | | | + | |
| | IGES | | 5 | | | | 10 | | | | | | | | | | | | 17 | | | | + |
| | STEP | | | | 3 | | | | 11 | | | | | | | | | | | + | | | + |
| | X_T | | | | | 4 | | | | + | | | | | | | | | | | 17 | 18 | + |
| Creo Elements/Pro | ACIS | + | | | | + | | | | | | | 22 | | | | | | | | | | + |
| | IGES | | + | | | | + | | | | | | | 22 | | | | | | | | | 20 |
| | STEP | | | | 6 | | | | + | | | | | | | 22 | | | | | | | + |
| | X_T | | | | | | | | | + | | | | | | | 22 | | | | | | + |

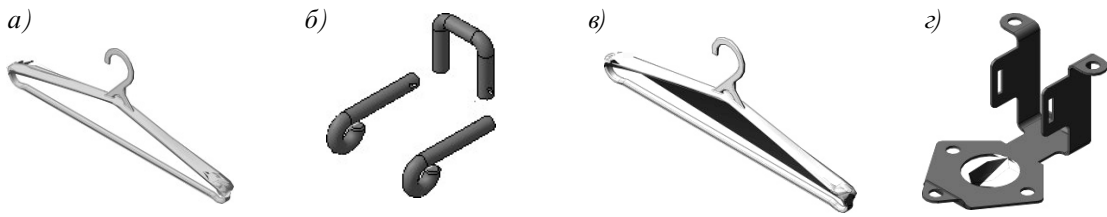


Рис. 3. Результат экспорта из Inventor в КОМПАС-3D в формате: а, б – SAT; в – STEP; г – X_T

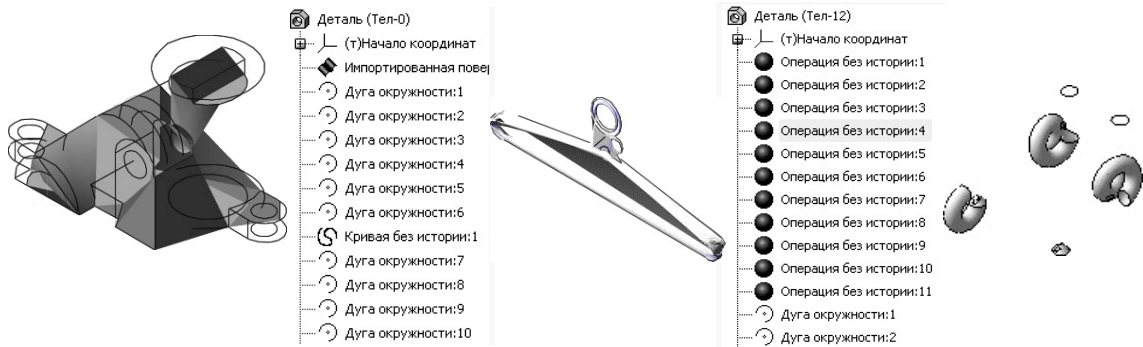


Рис. 4. Результаты экспорта из Inventor в КОМПАС-3D в формате: IGES

ПАС-3D данных отмечены для одной модели при использовании формата STEP. Ошибки присутствуют в нижней части модели литого кронштейна (рис. 5 а).

7. После экспорта данных из КОМПАС-3D в SolidWorks ошибки в форматах IGES (рис. 5 б), STEP (рис. 5 в) были отмечено для модели плечиков – нестыковка «ушка» с остальной частью модели.

8. При экспорте модели плечиков из КОМПАС в SolidWorks в формате X_T и SAT были ошибки, не позволяющие открыть файл.

9. Ошибки при экспорте из Inventor в SolidWorks отмечены по двум моделям в трех форматах. Результат экспорта в формате SAT данных по модели пружины показан на рис. 6 а.

10. Ошибки при экспорте данных из Inventor в SolidWorks по модели плечиков в формате IGES показаны на рис. 6 б.

11. Ошибки при экспорте из Inventor в SolidWorks в формате STEP, показаны на рис. 6 в – нет почти половины модели.

12. После экспорта данных из КОМПАС-3D в Inventor большинство ошибок было

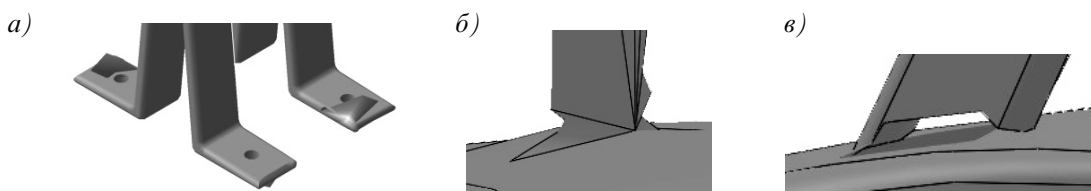


Рис. 5. Результаты экспорта: а – из Pro/E в КОМПАС-3D; б, в – из КОМПАС-3D в SolidWorks

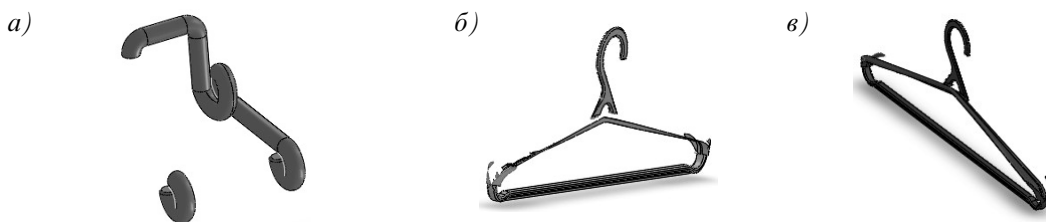


Рис. 6. Результаты экспорта из Inventor в SolidWorks в форматах: а – SAT; б – IGES; в – STEP

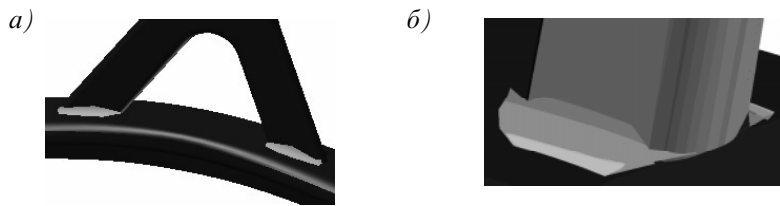


Рис. 7. Результаты экспорта из КОМПАС-3D в Inventor в формате: а – IGES; б – STEP

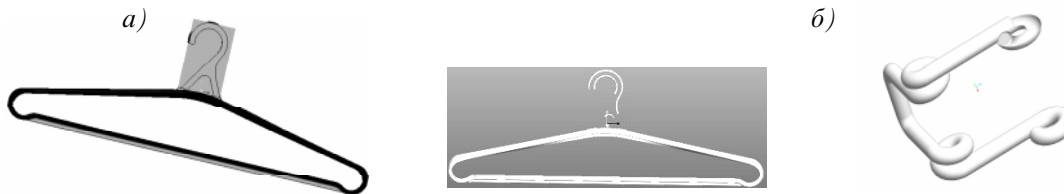


Рис. 8. Результаты экспорта из КОМПАС-3D в Pro/E в формате: а – IGES; б – STEP

отмечено для модели плечиков. При использовании форматов SAT и X_T файлы не открывались.

13. На рис. 7 а видна нестыковка «ушка» – верхней части плечиков с их остальной частью в случае использования формата IGES.

14. После экспорта данных из КОМПАС-3D в Inventor в формате STEP изображение принимает вид, показанный на рис. 7 б. Также очевидна нестыковка «ушка» – верхней части плечиков с их остальной частью.

15. Некорректность при экспорте данных из КОМПАС-3D в Pro/E возникала при использовании двух форматов. На рис. 8 а видно, что верхнее ушко плечиков дополняется лишним фрагментом при использовании формата IGES.

16. После экспорта в формате STEP изображения принимают вид, показанный на рис. 8 б. Верхнее ушко плечиков не стыкуется с нижней частью модели. У пружины отсутствует часть поверхности крайнего верхнего витка.

17. Три очевидные ошибки при экспорте из Inventor в Pro/E возникли при обмене данными по модели пружины в трех форматах (рис. 9 а, б, в).

18. Четвертая ошибка при экспорте из Inventor в Pro/E возникла при обмене данными по модели маховика в формате X_T (рис. 9 г). Следует заметить, что при экспорте из Inventor в Pro/E ошибки при обмене данными по модели плечики не возникали.

19. Ошибки при экспорте из КОМПАС-3D в AutoCAD данных в формате IGES, привели к появлению цилиндров на сгибах, а в одной половине детали нет сквозных отверстий (рис. 10 а, б, в).

20. Ошибки при экспорте из Pro/E в AutoCAD в формате IGES представлены на рис. 10 г, д, е.

21. Ошибка при экспорте из Pro/E в SolidWorks в формате X_T представлена на рис. 11.

22. При экспорте только модели плечиков из Pro/E в Inventor во всех форматах вер-

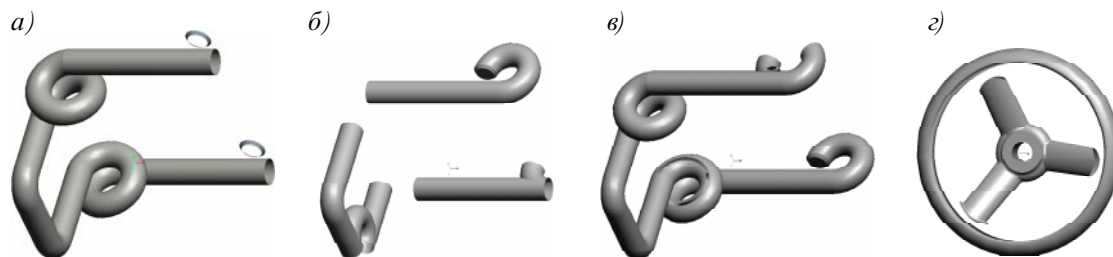


Рис. 9. Результат импорта из Inventor в Pro/E в формате: а – SAT; б – IGES; в, г – X_T

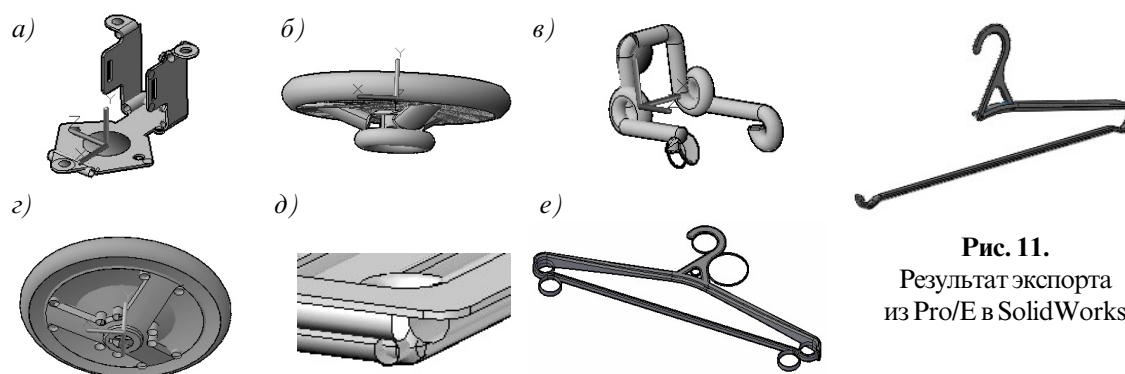


Рис. 10. Результат экспорта в AutoCAD:
а, б, в – из КОМПАС-3D; г, д, е – из Pro/E

Рис. 11.
Результат экспорта
из Pro/E в SolidWorks

хняя профильная часть создается как поверхность, поэтому крючок и нижняя часть с ней не состыкованы.

Результаты эксперимента показывают, что при обмене данными по сравнительно простым деталям ошибок практически не возникает. Это обстоятельство позволило создавать модели сборочных единиц в системах SolidWorks и Inventor 2013, выполняя импорт данных по установочным изделиям из системы КОМПАС-3D [5].

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОБМЕНУ ДАННЫМИ ПО ЧЕРТЕЖАМ ДЕТАЛЕЙ

Для получения результатов по обмену данными по чертежам был выбран фрагмент чертежа рупора [4].

При тестировании корректности обмена был выбран порядок, предусматривающий, в частности, создание чертежа для экспорта в определенном формате с последующим импортом этого чертежа в «родную» систему другой версии. Табл. 3. иллюстрирует результаты обмена данными по чертежам. По приведенным фрагментам можно судить о проблемах, возникающих при конвертации.

Ниже перечислены основные неточности для представленных в табл.3 фрагментов

1. Размер фаски, угловой размер, размещение текста и знаков в прямоугольных рамках.
2. Размер фаски, угловой размер, обозначение базы, размеры с предельными отклонениями.

3. Угловые размеры не привязаны к геометрии, выдает ошибку.

4. Все обозначения отрисованы основными линиями; ко многим линейным размерам добавлены нулевые допуски.

5. Специальные знаки в прямоугольных рамках (торцевое биение).

- 6, 7. Фрагменты не требуют комментариев.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам эксперимента можно предложить метод ускоренного формирования умений по 3D-моделированию в «новой» для обучаемого системе. В новой системе открывается импортируемый файл, при этом дерево модели не содержит истории ее создания. Обучаемому предоставляется возможность использовать все данные модели-эталона для создания копии средствами осваиваемой системы.

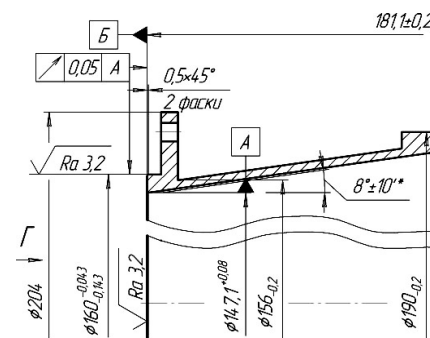
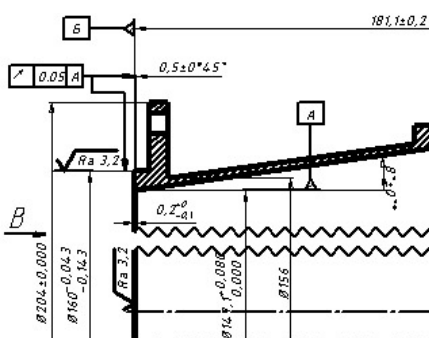
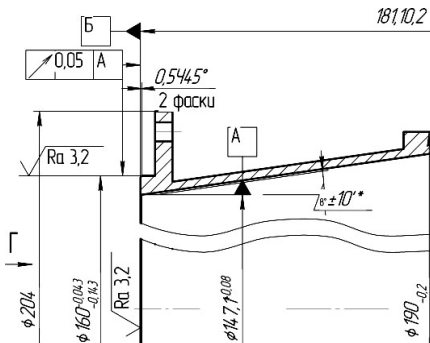
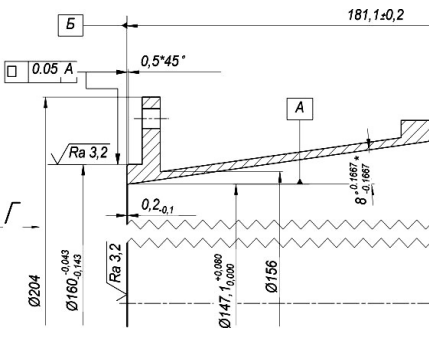
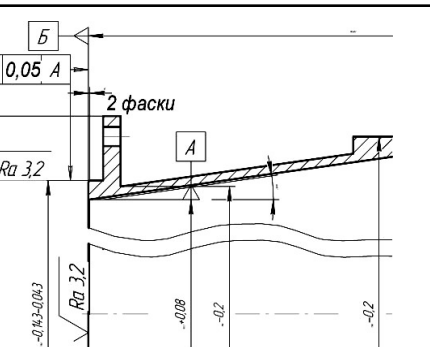
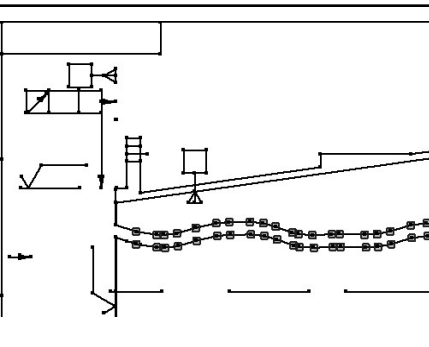
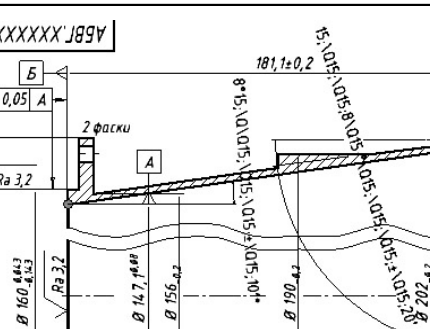
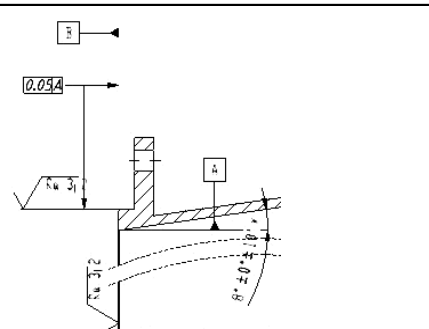
Анализ передачи данных между системами показывает, что:

1. Самая корректная конвертация файлов моделей из системы SolidWorks. Файлы, экспортируемые в разные форматы, открываются практически без ошибок во всех анализируемых САД-системах.

2. При экспорте файлов 3D-моделей из Creo Elements/Pro в системы более низкого уровня было отмечено незначительное число ошибок.

3. Максимальное число проблем возникло при импорте из формата SAT.

Табл. 3. Результаты обмена данными по чертежам между системами

| | |
|--|--|
| <p>0. «Эталон» для сравнения</p> | <p>4. Результат экспорта из Inventor в SolidWorks и AutoCAD в формате DWG</p> |
|  <p>Technical drawing showing a cross-section of a mechanical part. Dimensions include a total length of 181.1±0.2, a diameter of 204, and various radii (Ra 3.2). Annotations include surface finish symbols (0.05 A), chamfers (0.5x45°), and fillets (2 фаски). The part features a curved bottom surface with a radius of 190.0±0.2 and a chamfered end with a diameter of 160.0±0.043.</p> |  <p>Technical drawing showing the part after export from Inventor to SolidWorks and AutoCAD. The drawing includes additional dimensions such as 0.2±0.1 and 0.156, and a chamfered end with a diameter of 160.0±0.043. The overall length remains 181.1±0.2.</p> |
| <p>1. Результат экспорта из КОМПАС V13 в форматах DWG, DXF в КОМПАС V13 Home</p> | <p>5. Результат экспорта из Inventor в КОМПАС в формате DWG</p> |
|  <p>Technical drawing showing the part after export from Kompas V13 to DWG/DXF. The drawing is a clean representation of the original part with dimensions and annotations.</p> |  <p>Technical drawing showing the part after export from Inventor to Kompas. The drawing includes additional dimensions such as 0.2±0.1 and 0.156, and a chamfered end with a diameter of 160.0±0.043. The overall length remains 181.1±0.2.</p> |
| <p>2. Результат экспорта из КОМПАС V13 в формате IGES в КОМПАС V13 Home</p> | <p>6. Результат экспорта из КОМПАС в формате IGES в Inventor</p> |
|  <p>Technical drawing showing the part after export from Kompas V13 to IGES. The drawing is a clean representation of the original part with dimensions and annotations.</p> |  <p>Technical drawing showing the part after export from Kompas to Inventor. The drawing is a clean representation of the original part with dimensions and annotations.</p> |
| <p>3. Результат экспорта из КОМПАС V13 в формате DWG, DXF в Inventor</p> | <p>7. Результат экспорта из SolidWorks в Inventor в формате DWG</p> |
|  <p>Technical drawing showing the part after export from Kompas V13 to Inventor. The drawing includes additional dimensions such as 15.1±0.15, 10.5±0.05, and 10.15±0.05. The overall length remains 181.1±0.2.</p> |  <p>Technical drawing showing the part after export from SolidWorks to Inventor. The drawing includes additional dimensions such as 0.05 A and 0.2±0.1. The overall length remains 181.1±0.2.</p> |

4. Очень часто при импорте из форматов SAT и STEP, особенно из системы КОМПАС-3D, модели из твердотельных преобразовывались в поверхностные.

5. Относительно плохая передача файлов моделей между САД-системами среднего уровня отмечена по моделям, при создании которых использовалась кинематическая операция (дет. 4, 5 на рис. 2) и операция по сечениям (дет. 3 на рис. 2).

6. Для минимизации ошибок при обмене данными по моделям, для создания которых использовалось несколько тел (дет. 3 на рис. 2), процедуре экспорта должна предшествовать операция объединения этих тел.

7. Импорт данных (без истории) по моделям, для создания которых использовался функционал листового моделирования (дет. 6 на рис. 2), не позволял добавить в импортируемой системе операции, например, по замыканию углов, выполнение которых невозможно в системе, откуда осуществлялся экспорт.

8. Заметна положительная динамика в совершенствовании соответствующих утилит обмена данными по чертежам, по сравнению с результатами, приведенными в [4]. Однако для рекомендаций использования на практике обмена данными по рабочим чертежам с множеством технологических обозначений время еще не пришло.

Литература

1. Большаков В. П., Тозик В. Т., Чагина А. В. Инженерная и компьютерная графика. СПб.: БХВ-Петербург, 2013.
2. Оптимальные методы проектирования в среде с использованием нескольких САД-систем / http://pro_techologies.ru/file/PTC-5826_MultuCAD_BP_W... (Дата обращения 28.04.2013).
3. Прокофьев Г. И. Какая САПР нужна вузу? // Современные технологии обучения. Сб. научн.-метод. трудов. Вып. 3. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 1997. С. 84–89.
4. Большаков В. П., Бочков А. Л., Сергеев А. А. 3-D моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex: Учебный курс (+DVD). СПб.: Питер, 2011.
5. Большаков В. П., Бочков А. Л. Основы 3-D моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor. СПб.: Питер, 2013.

Abstract

This article discovers reasons of cooperative usage of several CAD-systems in manufacturing firms and educational institutions. Common information is given about graphic data interchange between CAD-systems. It also contains results of the experiment in interchange of graphic data of 8 detail models between AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor и Creo Elements/Pro (Pro/Engineer) in formats ACIS, IGES, STEP. All models were created via instruments of solid-state modeling.

Keywords: CAD, CAD-systems, AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, Creo Elements/Pro (Pro/Engineer), geometrical model, solid-state modeling, graphic data interchange.

*Большаков Владимир Павлович,
кандидат технических наук,
доцент СПбГЭТУ,
v_p_b_@mail.ru,*

*Бочков Андрей Леонидович,
доцент СПбГУСЭ,
a.l.bochkov@gmail.com,*

*Лячек Юлий Теодосович,
кандидат технических наук,
профессор СПбГЭТУ,
utlyachek@mail.ru.*



Наши авторы, 2013.
Our authors, 2013.