

УДК 658.5

**СИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ  
И ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗДЕЛИЙ В СРЕДЕ РАСШИРЕННОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ**

А.А. Грибовский

Рассматриваются особенности взаимодействия внутри расширенного предприятия на протяжении жизненного цикла изделия. Описывается способ корректной передачи данных между участниками расширенного предприятия.

**Ключевые слова:** расширенное предприятие, интерфейсы трехмерных моделей, форматы передачи данных.

**Введение**

Современное развитие технологий изготовления новых изделий наглядно демонстрирует тенденцию к ускорению производства и сокращению сроков выхода продуктов на рынок, поэтому сейчас как никогда остро встает вопрос об организации структуры, поддерживающей такие темпы производства. В качестве одного из решений для быстрого реагирования на запросы рынка, а также объединения под общим проектом специализированных центров и отдельных производств, используется расширенное предприятие (РП), выстраивающее всю цепочку изготовления из отдельных производственных площадок и информационных структур.

**Учет внутренних связей при функционировании РП**

Под РП понимается совокупность всех организаций и частных лиц, принимающих участие в создании нового изделия. РП основывается на выявлении производителем комплектного оборудования (Original equipment manufacturer, OEM-предприятием) своих наиболее сильных сторон (так называемых стержневых компетенций) и ведении самостоятельных работ только в рамках этих компетенций. РП строится по образу и подобию обычных предприятий, что позволяет заказчикам не вникать в особенности структуры. Однако РП имеет значительно более динамичный характер по сравнению с традиционными предприятиями [1].

Это приводит к необходимости использования специальных средств для налаживания связей внутри предприятия, что, в свою очередь, требует реализовать передачу информации от этапа к этапу, используя унифицированный набор данных. При этом важно, в каком виде получаются данные и как они должны передаваться дальше. В результате при организации кооперации становятся критичными особенности связей с предыдущим и последующим этапами.

Моделирование будущего изделия включает в себя ряд процессов, имеющих большое значение в подготовке производства. Создание качественного изделия с минимальными затратами требует выполнять анализ конструкции либо после этапа проектирования, либо во время него. При этом возникает необходимость в наличии такого интерфейса моделирования, который, с одной стороны, позволит передавать данные с этапа на этап без потерь и, с другой стороны, упростит обработку и анализ моделей. Использование в качестве интерфейса передачи данных внутренних стандартов различных CAD/CAM систем сопряжено с рядом проблем. К таким проблемам следует отнести существенную ограниченность доступа к структуре стандартов. Безусловно, средства программирования, имеющиеся во многих системах трехмерного моделирования, позволяют проводить обработку внутренних атрибутов моделей, но они привязаны к конкретной платформе, поэтому их использование в среде РП сопряжено с рядом проблем.

В такой ситуации логично использовать другой тип трехмерных моделей, так называемые форматы-интерфейсы, разработанные для передачи данных от системы к системе. Форматы-интерфейсы, имеющие постоянную поддержку и обновления, позволяют на высоком уровне передавать информацию о модели с включением разных типов данных. Среди самых распространенных форматов следует выделить SAT/SAB (ACIS-ядро), STEP и IGES. При этом формат SAT/SAB передает в основном трехмерную геометрию с упором на обработку примитивов, а IGES и STEP являются форматами-контейнерами с широкими возможностями хранения данных. Сама трехмерная модель может состоять либо из примитивов, либо иметь представление в виде точек (аналогично ASCII или STL). Возможность SAT сохранять примитивы часто используется в системах измерения типа контрольно-измерительных машин. Развитие формата IGES на данный момент сильно ограничено, и его обошли стороной многие современные тенденции в трехмерной графике, но, несмотря на это, он все-таки часто используется для передачи геометрии со структурой низкой сложности. Стандарт STEP имеет в своем составе ряд специализированных форматов, объединенных унифицированной структурой, с использованием специализированного языка EXPRESS для записи широкого спектра различных данных [2].

### Определение стандарта взаимной интеграции подразделений РП

Для успешного использования определенного формата трехмерных моделей в целях улучшения коммуникации в среде РП ему необходимо обладать рядом характеристик. Во-первых, формат должен иметь открытую и свободно редактируемую структуру, что необходимо для внесения изменений, получения требуемых данных и организации доступа к информации, хранимой в модели. Во-вторых, формат должен поддерживать основные существующие классы трехмерных моделей. В-третьих, разработчики формата должны учитывать тенденции развития систем трехмерного моделирования и поддерживать новые разработки, что позволит сохранить актуальность формата на всех этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Также формат должен поддерживать обмен данными со стандартами CAD/CAM-систем и иметь расширяемую внутреннюю структуру для максимальной интеграции в ЖЦИ.

Наиболее полно этим требованиям соответствует стандарт STEP (STandard for Exchange of Product model data – Стандарт обмена данными модели изделия), который продолжает развиваться и уже имеет ряд ответвлений в соответствии со сферами применения. В основу проекта STEP положено утверждение о том, что информация об изделии используется на всех этапах жизненного цикла. Для обмена информацией возможны два варианта построения взаимодействий – непосредственный обмен между приложениями и обмен данными через «нейтральный» стандарт [3].

Внутренняя структура моделей, таким образом, представляется в виде набора элементов и ряда перекрестных ссылок, отражающих состав моделей и указывающих на взаимозависимость отдельных частей. В результате можно получить параметры каждого элемента за счет анализа его атрибутов и учета связей с другими элементами. Наличие такой «древовидной» структуры, с одной стороны, требует специализированных механизмов поиска характеристик элементов, а с другой стороны – дает возможность обрабатывать части моделей с учетом внутренних связей. Подобный подход позволяет создавать дополнительные ссылки на такие специализированные элементы, как аннотации или комментарии проектировщиков. Общий принцип такого взаимодействия представлен на примере характеристик цилиндрической поверхности (рис. 1).

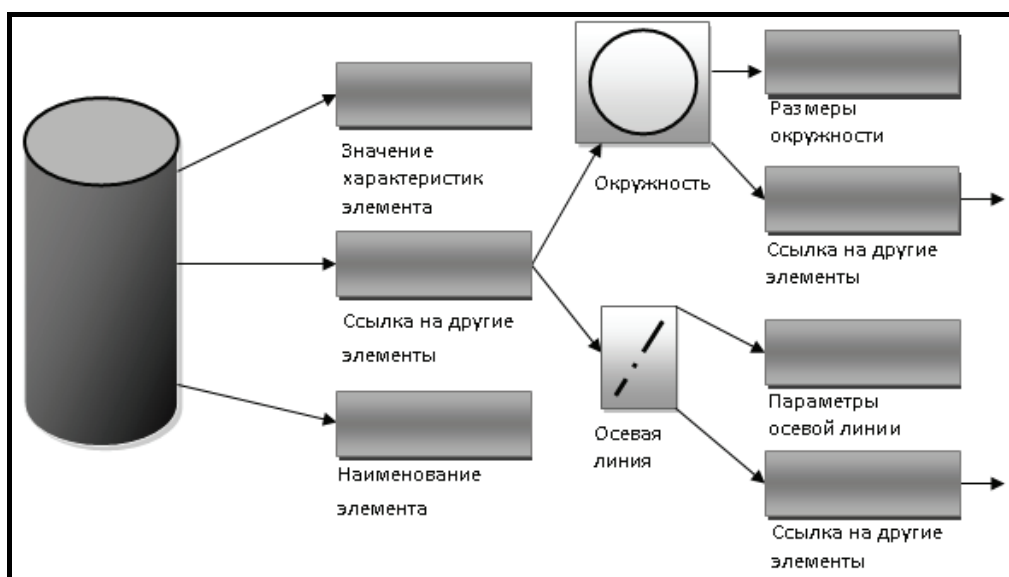


Рис. 1. Извлечение информации о цилиндрической поверхности на основе анализа характеристик и внутренних ссылок

### Использование внутренней структуры моделей на этапах ЖЦИ

ЖЦИ начинается с определения эксплуатационных требований и непосредственного проектирования изделия. При этом создаваемая конструкция должна отвечать также требованиям технологичности, которые подразумевают подбор наиболее эффективных принципов изготовления, в первую очередь учитывающих экономическую целесообразность. Процесс согласования конструкции, в котором участвует технолог и проектировщик, потребует тем больше времени, чем сложнее изделие и чем хуже взаимная коммуникация. Для ускорения данного процесса может использоваться подход на основе однотипных трехмерных моделей и анализа взаимного расположения элементов модели с последующим сравнением их с уже существующими деталями, имеющими отработанные техпроцессы. Таким образом, значительно автоматизируется работа технолога и упрощается передача данных проектировщику. В результате, для получения финальной конструкции требуется значительно меньше итераций и, как следствие, меньше временных затрат. Подобная схема взаимодействия обладает другим явным преимуществом, заключаю-

щимся в отсутствии необходимости оснащения рабочего места технолога специализированным программным обеспечением (ПО) и проведением обучения по работе с этим ПО. При этом модификация модели может производиться напрямую за счет средств работы с внутренним текстом формата. Таким образом, происходит значительная экономия ресурсов и снижаются требования, предъявляемые к специалисту для выполнения работ с моделью.

После утверждения конструкции начинается этап подготовки вариантов изготовления изделия и непосредственно конфигурирование РП. Для изготовления изделий в первую очередь имеет значение точность различных элементов. Также большую важность имеет описание конструктивно-технологических элементов (КТЭ), входящих в состав модели.

КТЭ – это группы примитивов (фаски, уступы, пазы и т.п.), которые выступают в роли основной структурной единицы изделия и обрабатываются при изготовлении, поэтому на их основе можно сформировать ориентировочные варианты производства. С учетом структуры форматов моделей группирование примитивов и формирование КТЭ может быть реализовано в автоматическом режиме. Таким образом, для каждого набора примитивов должно быть соответствующее описание, включающее:

- положение базового элемента группы в общей системе координат модели;
- состав примитивов КТЭ и их параметры;
- взаимное расположение примитивов относительно друг друга.

Также при анализе существующих изделий и их КТЭ может быть создана определенная классификация, которая позволит добавить в описание группы примитивов соответствующий код, однозначно характеризующий возможные средства обработки данной группы. В результате, используя КТЭ и базу уже существующих проектов, можно подготовить набор возможных вариантов изготовления, т.е. сделать вариативные планы изготовления. Далее, используя перечень доступных ресурсов, конфигурируется один или несколько вариантов РП. Непосредственное конфигурирование РП производится при сравнении вариантов в соответствии с критериями оптимизации.

После определения состава исполнителей начинается распределение информации. Сначала модели передаются на этапы и загружаются в соответствующее ПО. При необходимости может быть организовано конвертирование во внутренний формат определенной системы трехмерного моделирования за счет внутрисистемных обработчиков. Сам процесс изготовления слабо зависит от внешней коммуникации, поэтому его рассмотрение оставим за рамками работы.

После получения изделия проводится контроль, включающий обмер на современном измерительном оборудовании, которое обычно работает с данными трехмерных моделей. При этом зачастую для составления плана контроля используются средства распознавания элементов конструкции в автоматическом режиме (рис. 2). Однако операторам измерительного оборудования приходится вводить все параметры для контроля, включая точность элементов и отклонения формы, вручную. Учет особенностей структуры модели в сочетании со средствами программирования соответствующего измерительного устройства позволяет получать необходимые параметры в автоматическом режиме.

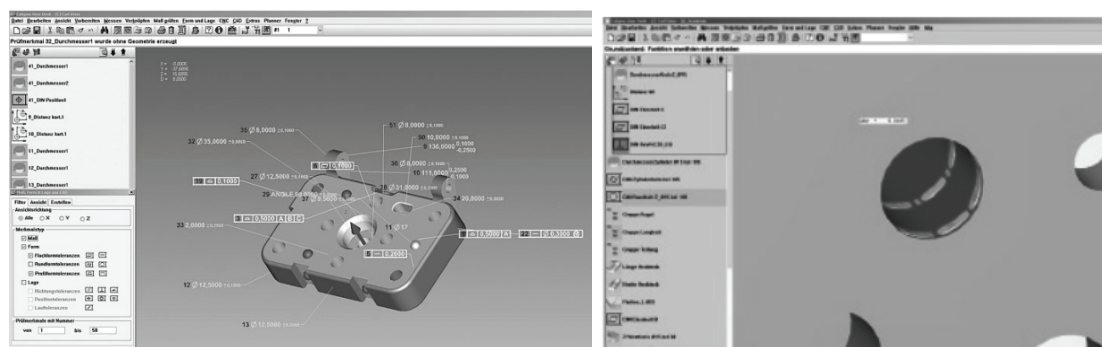


Рис. 2. Автоматическое распознавание и добавление элементов модели в план контроля на примере системы управления измерительного оборудования

### **Заключение**

При создании изделий в рамках отдельно взятого предприятия вопросы взаимной коммуникации возникают в менее значительном масштабе по сравнению с РП, что позволяет считать подобные структуры самодостаточными с точки зрения описанных в работе вопросов. С другой стороны, динамический характер РП не позволяет наладить прочные связи, свойственные традиционным предприятиям, а также выдвигает специальные требования к средствам взаимодействия между отдельными участниками. В работе рассмотрена реализация совместной деятельности на основе применения унифицированного формата трехмерных моделей. Использование такого подхода позволяет оптимизировать процесс организации РП и получить ряд преимуществ перед традиционными подходами:

- упрощается коммуникация между этапами ЖЦИ;
- снижаются требования к специалистам, организующим РП;
- сокращается длительность большинства этапов и ускоряется выход продукта на рынок;
- существенно упрощается анализ структуры моделей и выявления КТЭ;
- обеспечивается непротиворечивость передачи данных из системы в систему;
- предоставляются широкие возможности для внедрения трехмерных моделей на специализированных этапах ЖЦИ.

Описанная схема использования унифицированных типов трехмерных моделей может применяться как для РП, так и для предприятий, имеющих гибкую структуру создаваемых проектов и требующих тесной интеграции между отделами, использующими различные программные средства.

#### Литература

1. Konsynski Benn. Strategic Control in the Extended Enterprise // European Journal of Information Systems. – February, 2007. – V. 16. – 71 p.
2. Douglas A. Schenck and Peter R. Wilson. Information Modeling the EXPRESS Way. – Oxford University Press, 1993. – 416 p.
3. ГОСТ Р ИСО 10303-1-99. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы. – Введ. 01.07.2000. – М.: Госстандарт России, 2000. – 16 с.

*Грибовский Андрей Александрович* – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, griandrey@yandex.ru