

На правах рукописи

Шильников Петр Станиславович

УДК 002.001;002:001.8

**ПОВЫШЕНИЕ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ ПРИКЛАДНОГО  
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ  
МЕТОДА ЧАСТИЧНЫХ СУЩНОСТЕЙ**

Специальность: 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель –  
доктор технических наук,  
профессор Горнев В.Ф.

Москва – 2006

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете  
им.Н.Э.Баумана

Научный руководитель - доктор технических наук,  
профессор В.Ф. Горнев

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук, профессор В.И.Галкин,
- кандидат технических наук Н.В.Ширяев

Ведущая организация:

ОАО «Научно-исследовательский центр Автоматизированных систем  
конструирования»

Защита состоится « 26 » октября 2006г. в 14.30 часов на заседании дис-  
сертационного совета в Московском государственном техническом университете  
им.Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государст-  
венного технического университета им. Н.Э. Баумана

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2006г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д.212.141.10

к.т.н., доцент



С.Р. Иванов.

Подп. к печати 18.09.06 Заказ 400

Объем 1 п.л., тир. 100 экз.  
Типография МГТУ им.Н.Э.Баумана

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Для современного производства характерна частая смена производимых изделий. В предельном случае должна возникнуть такая ситуация, когда товар производится только в том случае, если на него есть конкретный заказчик. Для достижения этого требуется индивидуализация производства. Индивидуализация производства входит в противоречие с производительностью, т. к. большая доля себестоимости изделия приходится на этапы конструкторской и технологической подготовки его производства. Средством разрешения этого противоречия является автоматизация, приводящая к возникновению Компьютеризированного интегрированного производства (КИП).

С ростом числа прикладных программных продуктов, решающих различные задачи на протяжении ЖЦИ, и с ростом числа предприятий, работающих с полной информационной поддержкой ЖЦИ, возрастает актуальность взаимодействия прикладных программных продуктов (далее – «приложений»). Способность приложений к взаимодействию называется интероперабельностью. Особую актуальность проблема интероперабельности получила в связи с возникновением в 90-е гг. концепции виртуального предприятия (ВП). В ВП входят независимые предприятия, и отсутствует возможность унификации используемого программного обеспечения административными мерами.

В работе рассматривается программный подход к повышению интероперабельности. В рамках программного подхода рассматривается задача повышения интероперабельности за счет повышения совместимости данных, что особое значение имеет при преобразовании данных.

Важность преобразования данных обусловлена тем, что процесс разработки является итерационным и требует постоянного интенсивного обмена данными между приложениями, используемыми для решения различных задач. Техническая и методическая сложность задачи преобразования данных видна, например, из статистики фирмы STEP Tools (Рис. 1).

В данной работе для повышения совместимости данных на концептуальном уровне предлагается метод «частичных сущностей», основанный на принципах исследования и на динамической классификации данных.

**Предмет исследования** Предметом исследования является процесс преобразования данных на всех этапах жизненного цикла изделия и пути сокращения потребных ресурсов за счет использования метода частичных сущностей.

Исследуется состояние проблемы обмена данными между разнородными программными системами, используемыми для информационного сопровождения полного жизненного цикла изделия.

**Цель исследования** Повышение эффективности КИП и ВП за счет повышения интероперабельности используемых приложений.

Для достижения этой цели в работе ставятся и решаются следующие научные и технические задачи:

**Научно-технические задачи**

Обосновать необходимость повышения интероперабельности КИП и ВП.

Обосновать и разработать метод повышения интероперабельности программного обеспечения на основе наследования и динамической классификации данных (метод частичных сущностей)

Разработать методику работы с данными на основе метода частичных сущностей.

Обосновать выбор программного обеспечения для реализации метода частичных сущностей.

Разработать программно-методическое обеспечение для работы с данными на основе метода частичных сущностей

Провести макетные испытания программного обеспечения.

Оценить эффективность применения метода частичных сущностей

**Методы исследования.** В качестве методологической основы работы использовались методология SADT, объектно-ориентированный подход (теория наследования), методы системного анализа и синтеза, методы дискретной математики (теории множеств).

**Научная новизна** выполненных исследований заключается в том, что для работы с данными впервые разработан, применен и проверен новый метод работы с данными с применением экземпляров частичных сущностей. Впервые принцип наследования применен для снижения требуемых компьютерных ресурсов.

**Практическая значимость.** Научные результаты работы явились основой создания систем преобразования данных, представленных в формате ISO 10303 STEP. Результаты диссертационной работы нашли применение при разработке конверторов данных в формат ISO 10303 STEP в системах T-Flex, Lotsia PDM, APM Studio и Кредо.

Основные результаты работы применяются при чтении лекций, выполнении курсовых и дипломных проектов по дисциплинам «Проектирование компьютеризированного интегрированного производства» в Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана.

**Апробация.** Основные положения и результаты работы докладывались:

На конференции CAD/CAM/CAE/PDM-2001 в Институте проблем управления им. В. А. Трапезникова.

**Публикации.** Основные положения диссертации изложены в 8 печатных работах.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений. Общий объем работы 188 с. сквозной нумерации, включая 75 рис., 18 табл. и список использованных источников из 57 наименований.

**Глава 1** содержит обзор состояния проблемы преобразования данных и постановку задачи обеспечения преобразования данных между смежными предметными областями с учетом требования минимизации требуемых компьютерных ресурсов.

**Главы 2-4** составляют основную часть работы и содержат:

- описание методов и алгоритмов преобразования данных между смежными предметными областями, (глава 2), обоснование применения метода частичных сущностей, основанного на динамической классификации данных с учетом отношений наследования;
- изложение принципов и результатов разработки механизмов реализации метода частичных сущностей в составе библиотек стандартного интерфейса доступа к данным (глава 3);
- описание проведенных экспериментальных работ по преобразованию данных с применением программной реализации метода частичных сущностей и анализ результатов работ (глава 4).

**Глава 5** посвящена рассмотрению возможностей использования методов и инструментальных средств, описанных в главах 2-4. Материалы этой главы иллюстрируют возможности применения метода частичных сущностей в системах компьютерного моделирования и преобразования данных и позволяют на основе рассмотрения выполненных разработок сделать общие выводы относительно таких возможностей.

**В приложения** вынесены функциональные модели проектирования сложных наукоемких изделий, списки существующих форматов представления и обмена данными, акты реализации результатов научных исследований.

**На защиту выносятся:**

Метод частичных сущностей, основанный на принципе динамической классификации данных.

Методики программной реализации метода в среде библиотек функций стандартного интерфейса доступа к данным.

## **СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во Введении** показана актуальность темы диссертации, дан анализ исследуемой проблемы, определены цель и задачи исследований, охарактеризована научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведен краткий обзор структуры и содержания диссертации, выделены ос-

новые положения, выносимые на защиту.

В первой главе работы дан критический анализ состояния работ в области систем поддержки жизненного цикла изделия.

В главе дается обзор состояния проблемы преобразования данных, используемых для информационного сопровождения жизненного цикла изделия в условиях виртуального предприятия. Анализируются существующие унифицированные форматы представления и обмена данными.

В главе даны определения основных используемых понятий: *интероперабельность*, *сущность* – класс информации, предназначенный для отображения объектов, имеющих одинаковый набор свойств, *классификация данных* – связь информационного объекта с его определением, *динамическая классификация данных* – вид классификации данных, при которой информационный объект в течение своей жизни может менять определение.

Интероперабельность может обеспечиваться применительно к алгоритмам (технологии OLE, CORBA и т.д.) и применительно к данным (использование

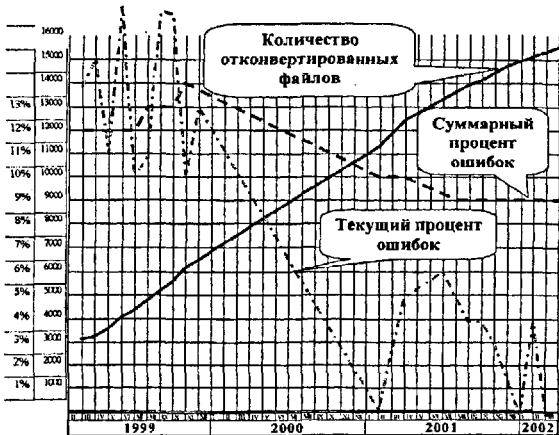


Рис. 1. Статистика конвертации файлов (по данным службы трансляции STEP Tools, Inc за 1999-2002 г.г.)

унифицированных форматов обмена и представления данных). В данной работе рассматривается интероперабельность применительно к данным, т.е. интеграция (объединение) данных. Из всех возможных направлений основное внимание в работе уделено повышению интероперабельности за счет разделения данных на совпадающую (совместимую) и несовпадающую части и увеличения совпадающей части.

В работе рассматривается совместимость данных на концептуальном уровне (совместимость концептуальных схем данных). Именно на концептуальном уровне требуется согласование многих сотен понятий. Уровень интероперабельности как коэффициент совместимости может быть количественно оценен по формуле.

$$C_k = \frac{\sum D(K_{con})}{\sum D(K_{con}) + \sum D(K_{conf})}$$

Согласно этой формуле, коэффициент совместимости – это отношение объема данных, определяемых по совпадающей части концептуальных схем к общему объему данных.

Обмен данными между разнородными системами всегда связан с потерями и искажениями данных, практически добиться 100% трансляции данных не удастся (см. Рис. 1).

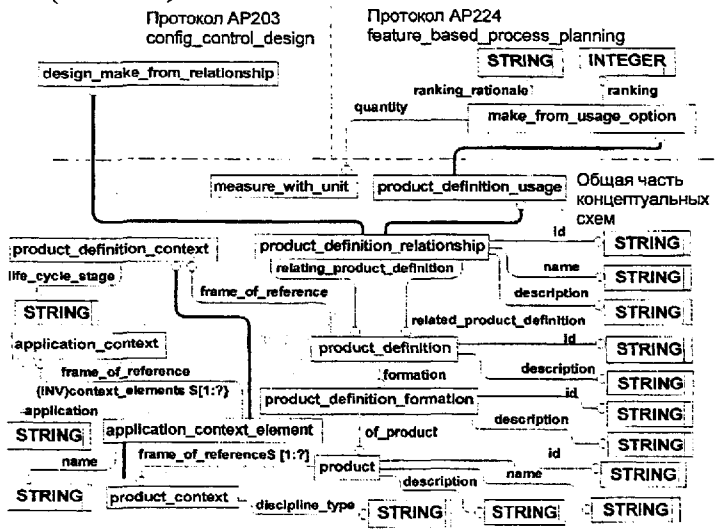


Рис. 2. Два варианта представления одного факта в Протоколах Применения AP203 и AP224 STEP

Стандартизация концептуальных схем данных (обеспечиваемая внедрением стандарта ISO 10303 STEP) способствует полному или частичному устранению неоднородности моделей данных, вызванной тем, что для разных задач используются прикладные программные системы, создававшиеся независимыми разработчиками, оставляя при этом неоднородность используемых концептуальных схем данных, вызванную тем, что для разных задач требуются различные аспекты Единой Модели. Для устранения неоднородности концептуальных схем в стандарте STEP предусмотрена специальная методика разработки Протоколов Применения.

Практически добиться полной интероперабельности Протоколов Приме-

нения не удастся. Различные Протоколы Применения разрабатываются различными коллективами и отражают различные аспекты изделия с точки зрения различных предметных областей. Например, на рис. 2 показано, как один и тот же факт – связь изделия с заготовкой в разных концептуальных схемах выражается с помощью различных понятий.

Существующий вариант стандарта STEP не обеспечивает полной однородности используемых концептуальных схем данных, что затрудняет обмен данными между прикладными программными системами, обеспечивающими автоматизацию решения задач, относящихся к смежным предметным областям. Ведутся работы по повышению степени интероперабельности концептуальных схем данных.

Подход	Разработчик	Учет особенностей предметной области	Требования к вычислительным ресурсам	Необходимость разработки ПО	Примечание
Модульная организация	PDES	Нет	Сокращение	Не требуется	
Общий язык преобразования	STEP Tools, Inc Хардик	Да	Зависит от реализации	Разработка программной реализации	ISO 10303-14 EXPRESS-X
Ограниченный набор простейших сущностей	PDT Solutions Фоулер, Вест	Да	Значительный рост	Разработка концепции Разработка программной реализации	ISO 18876 PIDEAS
Применение частичных сущностей	МГТУ им. И. Э. Баумана	Да	Сокращение	Частичная доработка программной реализации	

В работе предлагается для повышения интероперабельности использовать основанный на принципах наследования и на динамической классификации данных метод частичных сущностей.

Во второй главе рассмотрены теоретические аспекты задачи преобразования данных. В качестве теоретической основы используется концепция смысла Фреге («треугольник Фреге»), в интерпретации, предложенной специалистом по семиотическим моделям профессором Юрием Роландовичем Валькманом.

В процессе конструкторско-технологической подготовки производства изделия чередуются переходы, связанные с изменением формы (трансформацией), переходы, связанные с разделением данных (сепарация) и переходы, свя-



занные с изменением содержания (генерация). В работе исследуются перемены, связанные с изменением формы.

Согласно концепции Фреге, объект (или объекты) реального мира вместе с их отображением (моделью) образуют треугольник, состоящий из:



Рис. 3. Концепция смысла данных

- Концепта, в контексте данной работы – концептуальной схемы ( С ), представляющего фиксацию знаний о моделируемых посредством ее свойствах реального объекта;
- Знака (S), обозначающего параметры. Поскольку предметом исследования в данной работе являются электронные модели

изделия в формате STEP, примем, что знак – это модель (М), в нашем случае – компьютерной;

- Денотата (D), представляющего описываемый (моделируемый) объект реального мира или некоторый воображаемый объект.

Выделим в каждом из элементов треугольника три уровня:

Моделируемый фрагмент – концептуальная схема данных – модель

Объект – определение сущности – экземпляр сущности

Свойство объекта – атрибут сущности – параметр (значение атрибута)

Сформулировано определение сущности ED:

$ED = \{Id_d, A_1, \dots, A_n\}$ , где  $Id_d$  – идентификатор определения и  $A_i$  – атрибут (свойство) сущности

Для сущностей действует отношение наследования

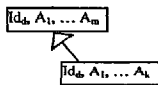


Рис. 4. Отношение наследования

Значение связано с определением сущности. Тогда в нотации, принятой для обозначения классификации данных, можно записать:

$EV:ED = \{P_1, \dots, P_n\}$ , где  $P_i : A_i$  – параметр, или значение атрибута сущности

При традиционном объектно-ориентированном подходе модель строится из множества информационных объектов – экземпляров сущностей (экземпляров классов или объектов в различных реализациях). Экземпляр сущности

EI

$EI = \{ Id_i, EV \}$  (т.е. идентифицируемое значение), где  $Id_i$  – идентификатор экземпляра

В соответствии с принятыми в UML обозначениями, отношение классификации данных обозначается знаком двоеточия «:», т.е. EV:ED

Значение сущности (EV) – это набор параметров (значений атрибутов).

Одним из принципов объектно-ориентированного подхода является принцип наследования. В общем случае определение сущности может быть представлено направленным ациклическим графом (графом отношений подтипа/супертипа), узлы которого соответствуют определениям сущностей, а дуги соответствуют отношениям наследования подтипа/супертипа.

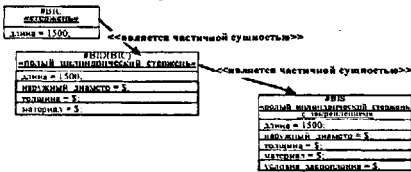


Рис. 5. Относительность понятия «частичная сущность»

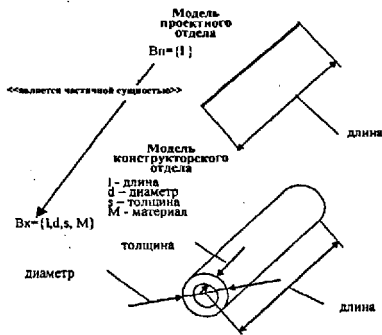


Рис. 6. Рассматриваемый пример со стержнем

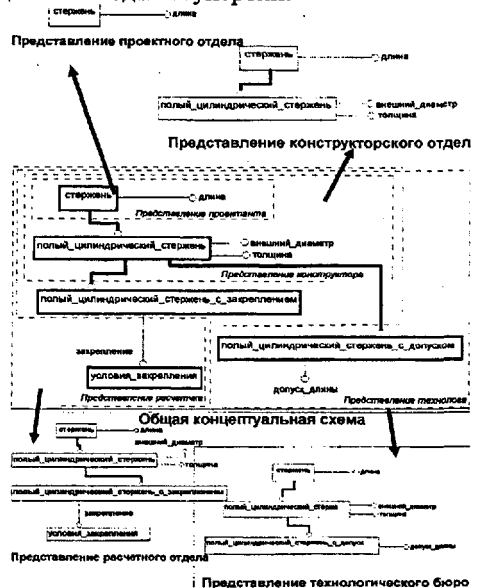


Рис. 7. Концептуальные схемы данных для различных подразделений

Сущность наследует атрибуты своего супертипа, следовательно, множество атрибутов сущности является объединением множества из  $k$  собственных атрибутов  $A_{iown}$  и множества из  $m$  наследуемых атрибутов  $A_{jinh}$ :

$$\{A_1, \dots, A_n\} = \{A_{1own}, \dots, A_{kown}\} \cup \{A_{1inh}, \dots, A_{minh}\}, \text{ где } n = k + m$$

Простейшая сущность – это сущность, взятая без всех своих подтипов и супертипов, т.е. единичная вершина графа наследования. Обозначим простейшую сущность:

$$ED_s = \{Id_s, A_{1own}, \dots, A_{kown}\}$$

Тогда определение сущности можно рассматривать как множество определений простейших сущностей:

$$ED = \{ED_{s1}, \dots, ED_{sq}\} = ED_s S$$

Частичная сущность

$$ED_p = \{ED_{s1}, \dots, ED_{sp}\} = ED_s S_p$$

$$ED_s S_p \subseteq ED_s S$$

Понятие частичной сущности относительно. Если взять граф отношений подтип-супертип, то граф, включающий полный набор отношений, составляет полную сущность, а подмножество графа – это частичная сущность, partial entity. Тогда  $EV_p:ED_p$  – значение частичной сущности

$$EV_p = \{P_1:A_1, \dots, P_q:A_q\} \subseteq EV = \{P_1:A_1, \dots, P_n:A_n\}$$

Понятие экземпляра частичной сущности

$$EI_p = \{Id_p, EV_p\}$$

отсутствует. Частичная сущность имеет значение, но это значение не идентифицируется, т.к. значение частичной сущности является подмножеством значений соответствующей полной сущности. Из отсутствия идентификатора значения частичной сущности следует отсутствие экземпляра частичной сущности:

$$\neg \exists Id_p \subset \neg \exists EI_p$$

Прикладные модели можно классифицировать по уровню доступа к данным следующим образом:

- модель с доступом на уровне полных сущностей;
- модель с доступом на уровне частичных сущностей;
- модель с доступом на уровне параметров (атомарную онтологическую модель).

Для реализации моделей с доступом на уровне частичных сущностей необходим переход от неидентифицированных значений частичных сущностей к идентифицированным значениям, для чего вводится отсутствующее в настоящее время понятие идентификатора значения частичной сущности. Модель с доступом на уровне частичных сущностей позволяет повысить уровень интероперабельности концептуальных схем данных.

Для иллюстрации используется упрощенный пример со стержнем фермы.

**В третьей главе** работы рассматривается разработка методики и средств преобразования данных на основе метода частичных сущностей.

Работы выполняются на основе концепции CALS. CALS – это набор методов и средств интеграции данных на основе международных стандартов. Статус международного стандарта гарантирует стабильность и общедоступность. Один из основных стандартов CALS – это стандарт STEP. Доступ к данным, STEP осуществляется через функции стандартного интерфейса доступа к данным (Standard Data Access Interface, SDAI), соответствующий ISO 10303-22. Доступ к значению сущности осуществляется по его уникальному идентификатору.

При идентификации значений простейших сущностей, которая может

быть обеспечена SDAI позднего связывания, каждому значению простейшей сущности соответствует экземпляр простейшей сущности, т.е. каждый экземпляр простейшей сущности связан отношением определения с определением простейшей сущности:

$$EI_s : ED_s, \text{ где } EI_s = \{P_{own}\} \text{ и } ED_s = \{AD_{own}\}$$

При таком подходе экземпляр полной сущности рассматривается как ассоциация экземпляров простейших сущностей.

Идентификатор экземпляра полной сущности – это идентификатор минимального по вложенности (терминального) экземпляра простейшей сущности.

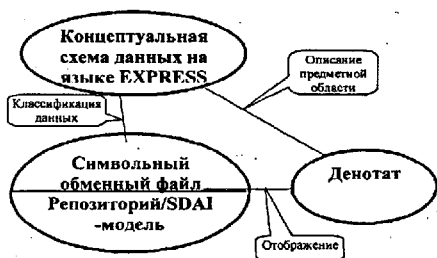


Рис. 8. Интерпретация треугольника Фреге в контексте ISO 10303 STEP

сущностей  $ED_s$ , а экземпляр полной сущности  $EI$  и экземпляр частичной сущности  $EI_p$  рассматривать как множества экземпляров простейших сущностей  $EI_s$ , т.е.

$$EI : ED = S, \text{ где } S = \{EI_s : ED_s, \dots\}$$

$$EI_p : ED_p = S_p, \text{ где } S_p = \{EI_s : ED_s, \dots\} \text{ и } S_p \exists S,$$

то преобразование может быть выполнено путем добавления или исключения экземпляров простейших сущностей, реализуемых вышерассмотренными операциями.

Особенностью организации данных STEP является допустимость множественной классификации данных. Наличие экземпляров таких сущностей было учтено при создании методики работы с данными.

В главе дана формулировка метода частичных сущностей, основанного на динамической классификации данных с использованием отношения «обобщение-уточнение» между сущностями. Применение этого метода позволяет сократить:

- время разработки программного обеспечения;
- время исполнения задачи;

Динамическая классификация данных может быть реализована посредством совокупности следующих типов операций преобразования сущностей: копирование, перемещение, объединение, деление, преобразование.

Рассмотрим граф простейших сущностей, включающий простое и множественное наследование. Если и полную сущность  $ED$  и частичную сущность  $ED_p$  рассматривать как множества простейших

требуемые ресурсы оперативной и дисковой памяти при решении следующих видов задач:

преобразование данных, связанное с передачей данных между смежными предметными областями;

модификация данных, когда добавление новых элементов данных может потребовать изменение типа сущности.

Для того, чтобы иметь возможность применить метод частичных сущностей, необходимо, в качестве исходных данных, иметь граф отношений «подтип-супертип», между теми сущностями, которые участвуют в преобразовании. Граф отношений «подтип-супертип» содержится в концептуальной схеме данных и, следовательно, в словаре данных.

Применение метода можно разделить на следующие этапы:

Постановка задачи. Выявление задачи преобразования в некоторой предметной области;

Получение набора сущностей данной предметной области. При реализации метода в среде данных STEP набор сущностей стандартизован и представлен в виде концептуальных схем данных на языке EXPRESS. Концептуальные схемы данных входят в Протоколы применения STEP в качестве AIM (Интерпретированной модели предметной области, т.е. справочной модели предметной области, представленной с помощью стандартизованных сущностей STEP);

Анализ сущностей и отношений между ними, выявление отношений «полная сущность – частичная сущность», выбор тех отношений, которые могут быть использованы в задаче преобразования. В том случае, если работа с данными STEP осуществляется с использованием SDAI позднего связывания, концептуальная схема данных отображена в словарь данных, доступный для обработки программными средствами;

Создание программного приложения, выполняющего выявленные потребности преобразования данных.

Для выполнения преобразований необходимым условием является наличие программных инструментов, реализующих работу с динамической классификацией данных. Это требует создания набора дополнительных функций SDAI.

В конце главы разрабатывается спецификация функций работы с экземплярами частичных сущностей. Эти функции программно реализованы и введены в качестве расширения библиотеки SDAI, предназначенной для работы с данными STEP.

В четвертой главе работы проводится проверка методики путем реализации, тестирования и оценки разработанных процедур.

Разработанные в предыдущих главах методики были использованы при

создании транслятора данных модель СПРУТ – модель ISO 10303-203 class 5 – модель ISO 10303 class 6.

Исходная внешняя модель системы СПРУТ, генерируемая оператором *sgmexp*, представляет граничную модель твердого тела, представленную набором фасет (плоских граней). На фасеты в модели СПРУТ наложено дополнительное ограничение: фасеты могут быть только треугольными.

Следовательно, модель системы СПРУТ соответствует по своей сути фасетной модели STEP, описанной в ISO 10303-42. В AP203 фасетная модель относится к классу соответствия 5.

Внешняя модель системы СПРУТ не имеет формального определения в доступной для компьютерной интерпретации форме. В качестве основы взято преобразование модель ISO 10303-203 class 5 – модель ISO 10303 class 6. Это – реальный пример двух смежных концептуальных схем данных. Для преобразования модели должны быть выполнены преобразования экземпляров сущностей:

№№	Сущности класса 5	Сущности класса 6
1.	faceted brep shape representation	advanced brep shape representation
2.	faceted brep	manifold solid brep
3.	closed shell	closed shell
4.	poly_loop	edge loop
5.	-	oriented edge -> edge_curve -> line
6.	face surface	face surface
7.	plane	plane

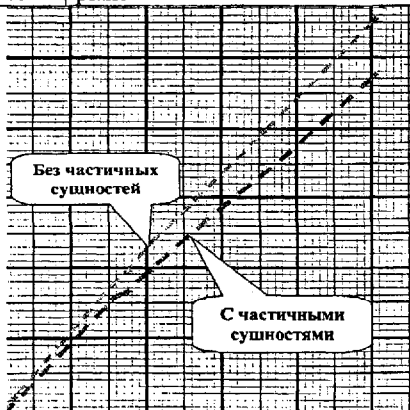


Рис. 9. Результаты тестирования двух вариантов конвертера

Были созданы две версии конвертера – с применением метода частичных сущностей и без их применения. В результате сравнения работы двух версий конвертера было выявлено 15% сокращение потребных компьютерных ресурсов.

*Конвертор, построенный без применения частичных сущностей*

В работе данного варианта конвертера сущности, соответствующие строкам 1, 2, 4 и 5 в таблице создаются вновь, и значения их параметров копируются.

*Конвертор, построенный с применением частичных сущностей*

В работе данного варианта конвер-

тора также использовалось совместное использование SDAI-моделей. Помимо этого, соответствующие строкам 1, 2 и 4 сущности класса 5 могут быть преобразованы в соответствующие сущности класса 6 с использованием предложенных в Главе 3 функций работы с частичными сущностями.

Сравнение проводилось по размерам компьютерной модели, поскольку:

- быстродействие не является критичным в задачах преобразования
- гарантировать оптимальность алгоритмов по быстродействию не представляется возможным ввиду их сложности и наличия большого набора вариантов решений.

Результаты сравнения показаны на Рис. 9. Механизмы сокращения ресурсов показаны на рис. 10 и 11.

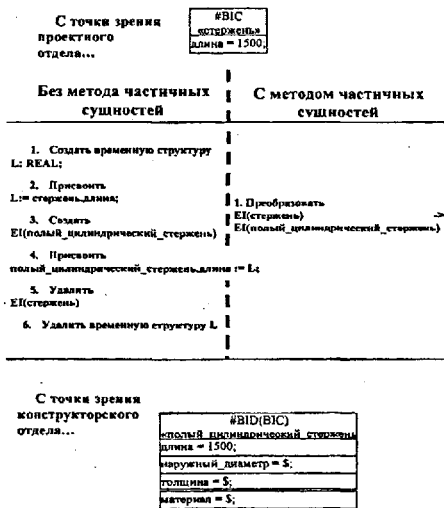


Рис. 10. Сокращение шагов преобразования за счет применения метода частичных сущностей

В пятой главе описано применение разработанного метода:

Создание однопроходного компилятора языка EXPRESS Назначение компилятора языка EXPRESS состоит в отображении представленной на языке EXPRESS онтологии в словарь данных, т.е. модель онтологии, построенную в соответствии со `sdaI_dictionary_schema`:

EXPRESS source ->  $M_{dic}:sdaI\_dictionary\_schema$

Решение задачи поиска граней, лежащих на поверхности.

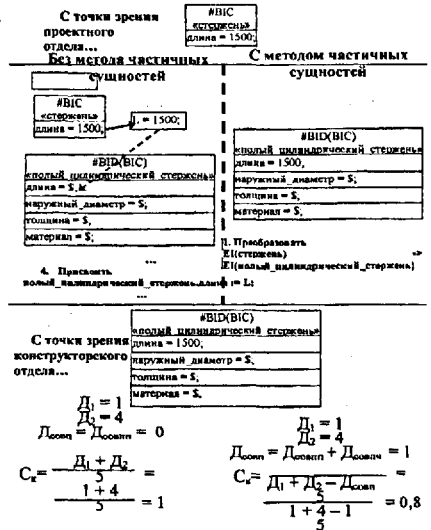


Рис. 11. Сокращение максимального объема данных за счет применения метода частичных сущностей

В ходе выполнения работ по созданию конвертора STEP в системе T-Flex Parametric CAD возникает задача поиска всех граней, лежащих на данной поверхности.

В стандарте STEP предусмотрена функция `sdaifFindInstanceUsers()`, возвращающая список всех экземпляров сущностей, ссылающихся на данный экземпляр. Применение функций, работающих с частичными сущностями, позволяет повысить эффективность такого поиска.

Работа с расширенной онтологией (перспективное направление разработки). Применение метода частичных сущностей может позволить реализовать методы обработки данных, сочетающие:

- стандартизацию онтологий (что позволяет осуществлять обмен данными между независимыми прикладными программными системами, в т.ч. интеллектуальными агентами) и
- учет специфики каждого приложения.

Одно из основных преимуществ стандарта ISO 10303 STEP – наличие набора стандартных онтологий (Прикладных Протоколов), что обеспечивает возможность обмена данными между агентами, действующими в одной и той же предметной области.

Следующие предпосылки обеспечивают возможность работы с данными, не охватываемыми стандартными онтологиями:

- применение в SDAI позднего связывания динамических семантических сетей позволяет расширять стандартные онтологии, добавляя определения новых сущностей (новых корневых сущностей или уточнений существующих стандартных сущностей);<sup>3</sup>
- применение метода частичных сущностей позволяет динамически расширять набор параметров существующих информационных объектов (экземпляров сущностей), получая с помощью функции `sdaipiAddSubtypeInstance()` дополнительный информационный объект.

Метод показал свою эффективность в тех случаях, когда построение модели представляет многоэтапный процесс, и уточнение созданных информационных объектов происходит на этапах, более поздних, чем их инициализация. В таких случаях применение метода частичных сущностей позволяет сократить потребное число итераций.

## **ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ**

Основные выводы диссертационной работы состоят в следующем:

1. Необходимо повышение интероперабельности концептуальных схем (описаний) смежных предметных областей при одновременном учете специфики предметной области и сокращении требуемых вычислительных ресурсов.

2. Предложенный в работе метод частичных сущностей, заключающийся в



переходе от неидентифицируемых значений частичных сущностей к идентифицируемым значениям, т.е. к экземплярам, позволяет повысить интероперабельность концептуальных схем смежных предметных областей.

3. Метод частичных сущностей позволяет снизить требуемые для преобразования данных вычислительные ресурсы и снизить вероятность ошибок программирования.

4. Разработанная методика доступа к данным на уровне частичных сущностей в среде данных STEP требует незначительного расширения существующих инструментальных средств. Изменений в методах описания (языке EXPRESS) не требуется.

5. Применение метода частичных сущностей наиболее целесообразно:

- для преобразования больших массивов данных между смежными предметными областями, описываемыми различающимися, но родственными сущностями;

- для ускорения доступа к данным в тех случаях, когда организация данных ориентирована не на эффективность доступа к данным, а на достижение наибольшей автономности данных (как это часто практикуется в концептуальных схемах данных STEP);

- для обеспечения совместимости расширенного описания предметной области с исходным стандартным описанием.

Основные результаты диссертационной работы состоят в следующем:

Проведен анализ состояния работ в области систем поддержки жизненного цикла наукоемких изделий. Для повышения интероперабельности относящихся к смежным предметным областям фрагментов модели изделия разработан метод частичных сущностей, основанный на теории наследования свойств класса и на принципах динамической классификации данных. Экспериментальная проверка показала достоверность полученных результатов.

Проведен анализ состояния работ по достижению интероперабельности приложений, используемых для поддержки жизненного цикла наукоемких изделий.

Для повышения интероперабельности относящихся к смежным предметным областям фрагментов модели изделия разработан метод частичных сущностей, основанный на теории наследования свойств класса и на принципах динамической классификации данных.

На основе метода частичных сущностей разработаны методика и программная реализация средств преобразования данных.

Созданный программный инструмент позволяет осуществлять доступ к данным в формате STEP на уровне частичных сущностей.

Для проверки метода создан макетный конвертор для системы СПРУТ. Конвертор использует разработанные программные средства.

Экспериментальная проверка показала адекватность работы созданной программной реализации функций доступа к данным на уровне частичных сущностей.

Создан однопроходный компилятор языка EXPRESS, использующий доступ к данным на уровне частичных сущностей.

Проведена проверка конвертора, показавшая снижение на 10-15% потребных для преобразования данных вычислительных ресурсов при применении метода частичных сущностей.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. **Овсянников М.В., Шильников П.С.** Использование стандартов CALS для информационного обеспечения агентов виртуального предприятия// Программные продукты и системы. – 1998. – №3. – С. 31–38.
2. **Овсянников М.В., Шильников П.С.** Система электронной документации CALS – реальное воплощение виртуального мира//САПР и Графика. – 1997. – №8. – С.88–91.
3. **Овсянников М.В., Шильников П.С.** Глава семьи информационных CALS-стандартов ISO 10303 STEP // Графика.– 1997.– №11.– С. 76–82.
4. **Самсонов О.С., Шильников П.С.** Представление технологических данных с применением CALS-стандартов// Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Приборостроение. – 2002. – №1. – С. 59–64.
5. **Тарасов В.Б., Шильников П.С.** Виртуальные предприятия: организационные характеристики и компоненты инфраструктуры//Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий: Сборник научных трудов 4-й Российской научно-практической конференции. – М., 2000.–С.15–19.
6. **Шильников П.С.** Применение частичных сущностей при построении модели изделия в соответствии со стандартом ISO 10303 STEP//Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Приборостроение. –2002.– №1. – С. 22–37.
7. **Шильников П.С.** Средства поддержки CALS-технологий (технологий непрерывной компьютерной поддержки полного Жизненного Цикла Изделия)// Тезисы докладов Юбилейной научно-практической конференции АНТОК СНГ. –М.,2001. – С.15 – 18.
8. **Сычев А.П., Чураев А.А., Шильников П.С.** Разработка программного инструментального комплекса для работы с данными, соответствующими CALS-стандарту ISO 10303 STEP//Сборник трудов международной конференции «CAD/CAM/CAE/PDM-2002». –М.,2002. –Т.1. –С.30–32.



