

С.Л. Новокщенов М.В. Кондратьев В.И. Корнеев

**СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ
В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ**

Учебное пособие



Воронеж 2015

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»

С.Л. Новокщенов В.М. Кондратьев В.И. Корнеев

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ
В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ

Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия

Воронеж 2015

УДК 621.882

Новокщенов С.Л. Современные системы управления базами данных в автоматизированном производстве [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (1,9 Мб) / С.Л. Новокщенов, М.В. Кондратьев, В.И. Корнеев. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): цв. – Систем. требования: ПК 500 и выше; 256 Мб ОЗУ; Windows XP; SVGA с разрешением 1024x768; MS Word 2007 или более поздняя версия; CD-ROM диск; мышь. – Загл. с экрана.

В учебном пособии представлены материалы по созданию и применению баз данных при проектировании технологического оборудования машиностроительного производства. По каждому из разделов дается информация, необходимая и достаточная для освоения данного курса, которую студент должен знать и владеть в совершенстве. Приводятся необходимые иллюстрации и справочный материал.

Издание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 150700.62 «Машиностроение» (профиль подготовки «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»), дисциплине «Современные системы управления базами данных в автоматизированном производстве».

Табл. 1. Ил. 25. Библиогр.: 39 назв.

Рецензенты: кафедра теоретической и прикладной механики Воронежского филиала Московского государственного университета путей сообщений
(д-р техн. наук, проф. В.С. Семеновичев);
д-р техн. наук, проф. Ю.С. Ткаченко

© Новокщенов С.Л., Кондратьев М.В.,
Корнеев В.И., 2015

© Оформление. ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный
технический университет», 2015

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня значительные усилия прилагаются для реализации алгоритмов решения задач проектирования технологических процессов и технологического оборудования на основе совокупности множества инженерных данных, среди которых особо выделяются знания о технологических процессах.

Традиционный метод преобразования данных в знания основывается на ручном анализе и интерпретации данных. На основе полученных в результате анализа данных предлагается методология формирования знаний при помощи информации из базы данных технологического назначения.

Но с начала этапа внедрения систем автоматизированного проектирования (САПР) в производство возникла необходимость разработки баз инженерных данных и систем управления ими. При этом к настоящему времени наибольшее распространение получили следующие САПР:

Наиболее часто на современных предприятиях можно встретить следующие САПР:

1. AutoCAD (рис. 1) — 2-х и 3-х мерная система автоматизированного проектирования и черчения компании Autodesk. Семейство продуктов AutoCAD является одним из наиболее распространённых САПР в мире.

Компания Autodesk занимается разработкой системы автоматизированного проектирования AutoCAD более 20-ти лет. За это время были созданы тысячи дополнений и специализированные решения от сторонних фирм и самой компании Autodesk;

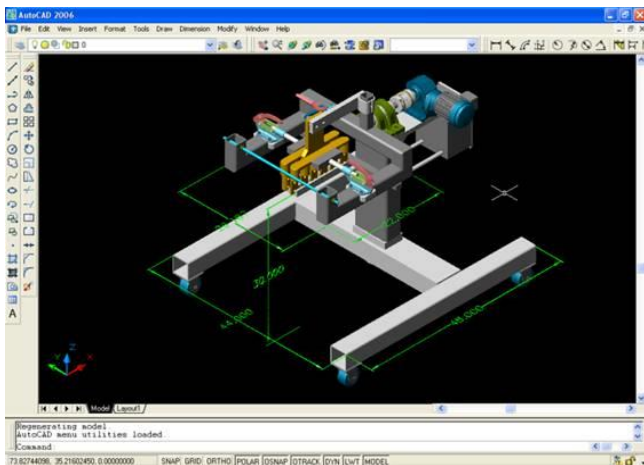


Рис. 1. Интерфейс САПР AutoCAD

2. SolidWorks (рис. 2) — продукт компании SolidWorks Corporation, программа предназначенная для трехмерного проектирования САПР и работает под управлением Microsoft Windows.

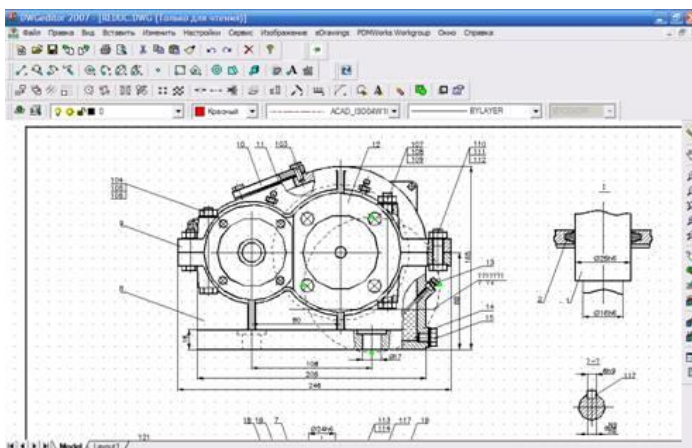


Рис. 2. Интерфейс САПР SolidWorks

КОМПАС-График может использоваться как полностью интегрированный в КОМПАС-3D модуль работы с чертежами и эскизами, так и в качестве самостоятельного продукта, полностью закрывающего задачи 2D-проектирования и выпуска документации.

Система ориентирована на полную поддержку стандартов ЕСКД. КОМПАС-График автоматически генерирует ассоциативные виды трехмерных моделей (в том числе разрезы, сечения, местные разрезы, местные виды, виды по стрелке, виды с разрывом).

Все они ассоциированы с моделью: изменения в модели приводят к изменению изображения на чертеже. Стандартные виды автоматически строятся в проекционной связи. Данные в основной надписи чертежа (обозначение, наименование, масса) синхронизируются с данными из трехмерной модели. Существует большое количество дополнительных библиотек к системе КОМПАС, автоматизирующих различные специализированные задачи.

APM WinMachine (рис. 4) - CAD/CAE система автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций. В системе APM WinMachine, проводятся проверочные расчеты: зубчатых колес, червячных передач, подшипников. А так же выполняется расчет критических частот вала. Имеющиеся в системе APM WinMachine возможности инструментального обеспечения позволяют решать обширный круг прикладных задач:

- Проектировать механическое оборудование и его элементы с использованием инженерных методик;

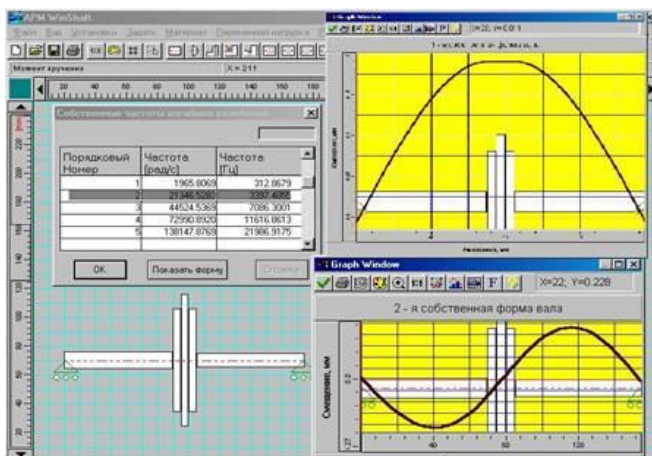


Рис. 4. Интерфейс APM WinMachine

- Проводить анализ напряженно-деформированного состояния (с использованием метода конечных элементов) трехмерных объектов любой сложности при произвольном закреплении, статическом или динамическом нагружении;
 - Создавать конструкторскую документацию в соответствии с ЕСКД;
 - Использовать при проектировании поставляемые базы данных стандартных изделий и материалов, а также создавать свои собственные базы под конкретные направления деятельности предприятия.

4. Продукт T-FLEX CAD (рис. 5) — полнофункциональная система автоматизированного проектирования, обладающая современными средствами разработки проектов любой сложности. Система объединяет параметрические возможности трехмерного моделирования со средствами созда-

ния и оформления конструкторской документации. T-FLEX CAD разработан российской компанией Топ Системы.

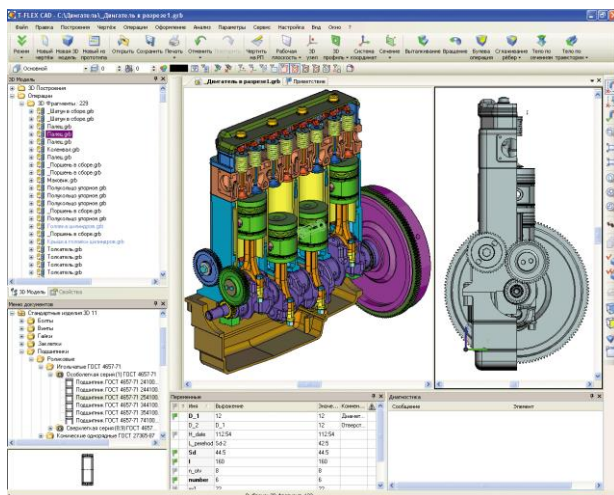


Рис. 5. Интерфейс САПР T-FLEX CAD

Недостатком такого положения, когда на предприятии может приняться несколько САПР является то, что каждая из названных САПР использует собственные встроенные базы данных. При этом всегда существует опасность того, что часть информации об изделии не передается из системы в систему при прохождении электронных документов (моделей, спецификаций, чертежей, карт и т.п.) в системах документооборота.

К настоящему времени были найдены решения, позволяющие интегрировать базу данных с любыми производственными системами, предназначенными как для проектирования изделия, так и для финансово-экономических расчетов, что будет рассмотрено в настоящем учебном пособии.

ГЛАВА 1

ПОНЯТИЕ БАЗЫ ДАННЫХ

1.1. Базы данных

База данных - набор сведений, хранящихся некоторым упорядоченным способом. Можно сравнить базу данных со шкафом, в котором хранятся документы. Иными словами, база данных - это хранилище данных. Сами по себе базы данных не представляли бы интереса, если бы не было систем управления базами данных (СУБД).

Система управления базами данных - это совокупность языковых и программных средств, которая осуществляет доступ к данным, позволяет их создавать, менять и удалять, обеспечивает безопасность данных и т.д. В общем СУБД - это система, позволяющая создавать базы данных и манипулировать сведениями из них. А осуществляет этот доступ к данным СУБД посредством специального языка - SQL.

SQL - язык структурированных запросов, основной задачей которого является предоставление простого способа считывания и записи информации в базу данных.

Простейшая схема работы с базой данных выглядит примерно так:

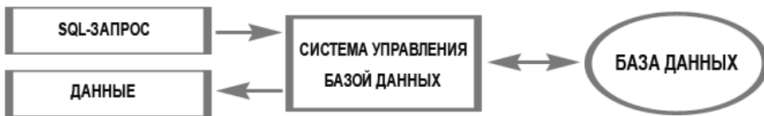


Рис. 6. Схема работы с базой данных

По характеру использования СУБД делят на однопользовательские (предназначенные для создания и использования БД на персональном компьютере) и многопользовательские (предназначенные для работы с единой БД нескольких компьютеров, объединенных в локальные сети). Вообще деление по характеру использования можно представить следующей схемой:

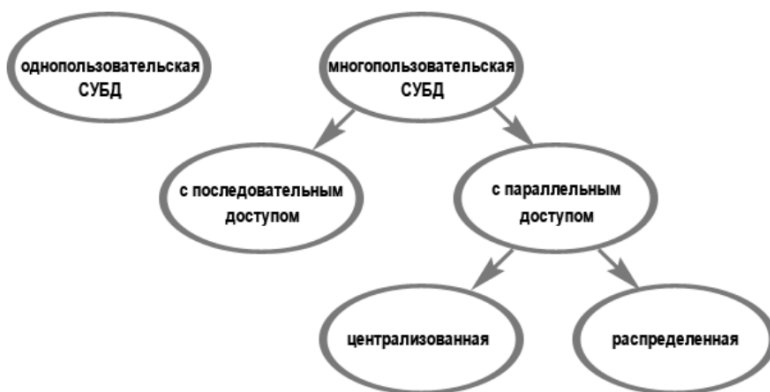


Рис. 7. – Классификация СУБД по характеру использования

Отметим, что на сегодняшний день число используемых СУБД исчисляется десятками. Наиболее известные однопользовательские СУБД - Microsoft Visual FoxPro и Access, многопользовательские - MS SQL Server, Oracle и MySQL.

Проектирование баз данных — процесс создания схемы базы данных и определения необходимых ограничений целостности.

Основными задачами проектирования базы данных являются:

1. Обеспечение хранения в БД всей необходимой информации.
2. Обеспечение возможности получения данных по всем необходимым запросам.
3. Сокращение избыточности и дублирования данных.
4. Обеспечение целостности базы данных.

При создании новой базы данных выделяют следующие три основных этапа:

Концептуальное (инфологическое) проектирование — построение семантической модели предметной области, то есть информационной модели наиболее высокого уровня абстракции. Такая модель создаётся без ориентации на какую-либо конкретную СУБД и модель данных.

Термины «семантическая модель», «концептуальная модель» и «инфологическая модель» являются синонимами. Кроме того, в этом контексте равноправно могут использоваться слова «модель базы данных» и «модель предметной области» (например, «концептуальная модель базы данных» и «концептуальная модель предметной области»), поскольку такая модель является как образом реальности, так и образом проектируемой базы данных для этой реальности.

Конкретный вид и содержание концептуальной модели базы данных определяется выбранным для этого формальным аппаратом. Обычно используются графические нотации, подобные ER-диаграммам.

Чаще всего концептуальная модель базы данных включает в себя:

1. описание информационных объектов или понятий предметной области и связей между ними.

2. описание ограничений целостности, т.е. требований к допустимым значениям данных и к связям между ними.

Логическое (даталогическое) проектирование — создание схемы базы данных на основе конкретной модели данных, например, реляционной модели данных. Для реляционной модели данных даталогическая модель — набор схем отношений, обычно с указанием первичных ключей, а также «связей» между отношениями, представляющих собой внешние ключи.

Преобразование концептуальной модели в логическую модель, как правило, осуществляется по формальным правилам. Этот этап может быть в значительной степени автоматизирован.

На этапе логического проектирования учитывается специфика конкретной модели данных, но может не учитываться специфика конкретной СУБД.

Физическое проектирование — создание схемы базы данных для конкретной СУБД. Специфика конкретной СУБД может включать в себя ограничения на именование объектов базы данных, ограничения на поддерживаемые типы данных и т.п.

Кроме того, специфика конкретной СУБД при физическом проектировании включает выбор решений, связанных с физической средой хранения данных (выбор методов управления дисковой памятью, разделение БД по файлам и устройствам, методов доступа к данным), создание индексов и т.д.

1.2. Структура базы данных

Создавая базу данных, стремятся упорядочить информацию по различным признакам для того, чтобы потом извлекать из нее необходимые нам данные в любом сочетании. Сделать это возможно, только если данные структурированы.

Структурирование - это набор соглашений о способах представления данных. Понятно, что структурировать информацию можно по-разному.

В зависимости от структуры различают иерархическую, сетевую, реляционную, объектно-ориентированную и гибридную модели баз данных.

Самой популярной на сегодняшний день является реляционная структура, поэтому об остальных упомянем лишь вскользь.

Иерархическая структура базы данных

Это древовидная структура представления информации. Ее особенность в том, что каждый узел на более низком уровне имеет связь только с одним узлом на более высоком уровне.

Сетевая структура базы данных

По сути, это расширение иерархической структуры. Все то же самое, но существует связь "многие ко многим". Сетевая структура базы данных позволяет нам добавить группы в наш пример. Недостатком сетевой модели является сложность разработки серьезных приложений.

Реляционная структура базы данных

Все данные представлены в виде простых таблиц, разбитых на строки и столбцы, на пересечении которых расположены данные. Подробно об этом мы будем говорить в следующих уроках, здесь же хочется отметить, что эта структура стала настоящим прорывом в развитии баз данных.

Объектно-ориентированные и гибридные базы данных

В объектно-ориентированных базах данных данные хранятся в виде объектов, что очень удобно. Но на сегодняшний день такие БД еще распространены, т.к. уступают в производительности реляционным.

Гибридные БД совмещают в себе возможности реляционных и объектно-ориентированных, поэтому их часто называют объектно-реляционными. Примером такой СУБД является Oracle, начиная с восьмой версии.

Несомненно, такие БД будут развиваться в будущем, но пока первенство остается за реляционными структурами. Поэтому именно их мы и будем изучать в последующих уроках.

1.3. Реляционные базы данных

Реляционные базы данных, как мы уже знаем, состоят из таблиц. Каждая таблица состоит из столбцов (их называют полями или атрибутами) и строк (их называют записями или кортежами). Таблицы в реляционных базах данных обладают рядом свойств. Основными являются следующие:

В таблице не может быть двух одинаковых строк. В математике таблицы, обладающие таким свойством, называют отношениями - по-английски relation, отсюда и название - реляционные.

1. Столбцы располагаются в определенном порядке, который создается при создании таблицы. В таблице может не быть ни одной строки, но обязательно должен быть хотя бы один столбец.

2. У каждого столбца есть уникальное имя (в пределах таблицы), и все значения в одном столбце имеют один тип (число, текст, дата...).

3. На пересечении каждого столбца и строки может находиться только атомарное значение (одно значение, не состоящее из группы значений). Таблицы, удовлетворяющие этому условию, называют нормализованными.

1.4. Концептуальная модель базы данных

Концептуальная модель - это отражение предметной области, для которой разрабатывается база данных. Отметим, что это некая диаграмма с принятыми обозначениями элементов. Так, все объекты, обозначающие вещи, обозначаются в виде прямоугольника.

Атрибуты, характеризующие объект - в виде овала, а связи между объектами - ромбами. Мощность связи обозначаются стрелками (в направлении, где мощность равна множим - двойная стрелка, а со стороны, где она равна единице - одинарная).

Вообще, если предметная область обширная, то ее полезно разбить на несколько локальных предметных областей (наша концептуальная модель отражает именно локальную предметную область). Объем локальной области выбирается таким образом, чтобы в нее входило не более 6-7 объектов. После создания моделей каждой выделенной предметной области производится объединение локальных концептуальных моделей в одну общую, как правило, довольно сложную схему.

1.5. Физическая реализация базы данных (БД)

По способу доступа к данным подразделяются на базы данных с локальным доступом и базы данных с удалённым (сетевым) доступом. В системах централизованных баз данных с сетевым доступом применяются следующие архитектуры:

- файл-сервер;
- клиент-сервер.

Архитектура системы БД с сетевым доступом предполагает выделение одной из машин сети в качестве центральной (сервер файлов). Файл-серверная распределённая обработка данных показана на рис. 8. На сервере хранится совместно используемая централизованная БД.

Все другие машины сети выполняют функции рабочих станций, с помощью которых поддерживается доступ пользовательской системы к централизованной базе данных.

Файлы базы данных в соответствии с пользовательскими запросами передаются на рабочие станции, где произ-

водится их обработка. При большой интенсивности доступа к одним и тем же данным производительность автоматизированной системы падает. Пользователи могут также создавать на рабочих станциях локальные БД с монопольным доступом.

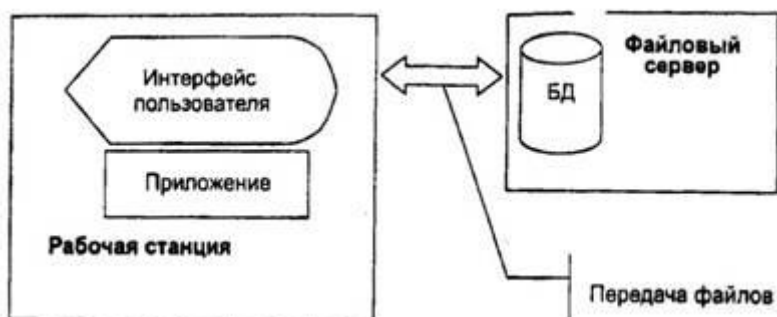


Рис. 8.

Клиент-серверная двухуровневая распределённая обработка данных показана на рис. 9. Как видно из данного рисунка, на рабочей станции находятся средства пользовательского интерфейса и программы приложений.

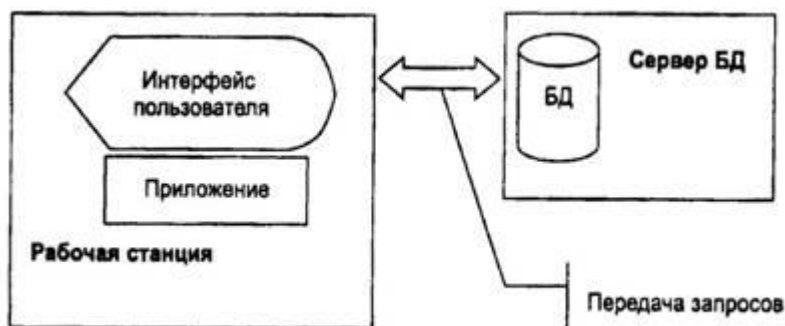


Рис. 9.

На сервере баз данных хранятся СУБД и файлы базы данных. Рабочие станции (клиенты) посылают серверу запросы на интересующие их данные, сервер выполняет извлечение и предварительную обработку данных.

По сравнению с ранее рассмотренным вариантом существенно уменьшается трафик сети и обеспечивается прозрачность доступа всех приложений к файлам базы данных.

Клиент-серверная многоуровневая распределённая обработка данных представлена на рис. 10.



Рис. 10.

В этом случае на рабочей станции находятся только средства пользовательского интерфейса, на сервере приложений – программы приложений, а на сервере баз данных хранятся СУБД и файлы базы данных.

Серверы выполняют всю содержательную обработку данных. Вместо рабочих станций могут использоваться сетевые компьютеры. Если серверов приложений и серверов баз данных в сети несколько, то сеть становится клиент-серверной многоуровневой.

Ядром любой базы данных является модель базы данных, представляющая собой множество структур данных,

ограничений целостности и операций манипулирования данными. С помощью модели базы данных представляются объекты предметной области и взаимосвязи между ними.

В настоящее время рассматриваются следующие модели базы данных:

- иерархическая;
- сетевая;
- реляционная;
- объектно-ориентированная.

В иерархической модели рис. 11 данные представляются в виде древовидной (иерархической) структуры. Она удобна с иерархически упорядоченной информацией и громоздка для информации со сложными логическими связями.

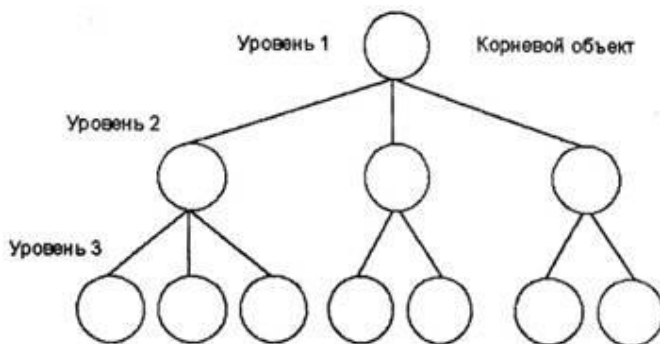


Рис. 11.

Сетевая модель (рис. 12) означает представление данных в виде произвольного графа. Достоинством сетевой и иерархической моделей баз данных является возможность их эффективной реализации по показателям затрат памяти и оперативности. К недостаткам сетевой модели базы данных

можно отнести высокую сложность и жёсткость схемы БД, построенной на её основе.

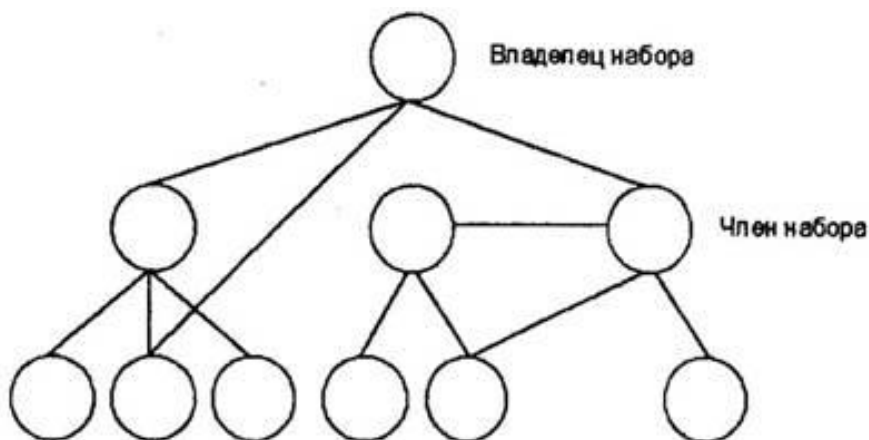


Рис. 12.

В реляционной модели базы данных (рис. 13) отношения представляются в виде двумерной таблицы. Такая форма представления данных более привычна для человека, поэтому большинство моделей БД – реляционные. Основным элементом такой БД является таблица, которая обладает следующими свойствами:

- столбцы в таблице однородные, т. е. элементы каждого столбца имеют одинаковую природу;
- столбцам однозначно присвоены имена;
- в операциях с таблицей её строки и столбцы могут просматриваться в любой очередности и в любом порядке.

Достоинствами реляционной модели базы данных является её простота, удобство реализации на ЭВМ, наличие теоретического обоснования и возможность формирования

гибкой схемы БД, допускающей настройку при формировании запросов.

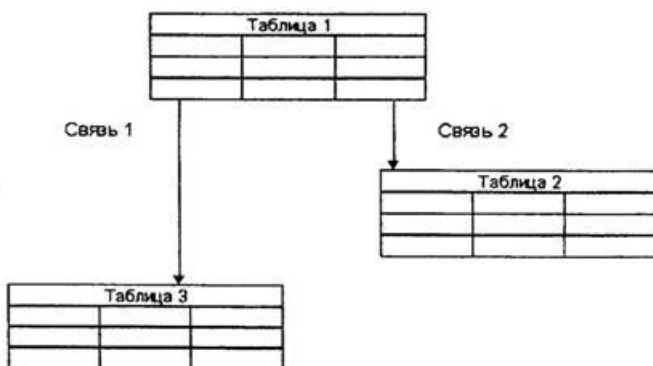


Рис. 13.

Реляционная модель используется в основном в БД среднего размера. При увеличении числа таблиц в базе данных заметно падает скорость её работы.

Объектно-ориентированные БД объединяют в себе две модели базы данных: реляционную и сетевую. Они используются для создания крупных БД со сложными структурами данных.

Системы управления базами данных разделяются по используемой модели данных на следующие типы: иерархические, сетевые, реляционные и объектно-ориентированные. По характеру использования СУБД делят на персональные и многопользовательские.

К персональным СУБД относятся Visual FoxPro, Paradox, dBase, Access и др. Многопользовательские СУБД представляют, например, Oracle и Informix.

Многопользовательские СУБД включают в себя сервер БД и клиентскую часть, работают в неоднородной вычислительной среде, допускают разные типы ЭВМ и различные операционные системы, поэтому на их базе создаются информационные системы, функционирующие по технологии клиент-сервер.

Управляющим компонентом СУБД является ядро, выполняющее следующие функции управления:

- данными во внешней памяти;
- буферами оперативной памяти;
- транзакциями.

Транзакция представляет собой последовательность операций над БД, которая рассматривается СУБД как единое целое. При выполнении транзакция может быть либо успешно завершена, и СУБД зафиксирует произведённые изменения во внешней памяти, либо ни одно из изменений не отразится в БД.

Язык СУБД включает подмножество команд из языка описания данных и языка манипулирования данными. Структурированный язык запросов (SQL) обеспечивает манипулирование данными и определение схемы реляционной модели БД, является стандартным средством доступа к серверу БД.

Для обработки команд пользователя или операторов программ в СУБД используются интерпретаторы команд и компиляторы.

Обязательным условием успешного функционирования БД является её целостность, означающая, что база содержит полную и непротиворечивую информацию, необходимую и достаточную для корректного функционирования при-

ложений. Обеспечение безопасности достигается шифрованием прикладных команд, защитой паролем, поддержкой уровней доступа к базе данных.

Поддержка взаимодействия с Windows-приложениями позволяет СУБД внедрять в отчёт сведения, хранящиеся в файлах, созданных в других приложениях. Для этого для среды Windows разработаны такие механизмы, как DDE и OLE.

Вопросы для самоподготовки:

1. Опишите структуру и классификацию используемых в автоматизированном производстве баз данных?
2. Опишите особенности архитектуры современных баз данных?
3. Как осуществляется физическая реализация баз данных?
4. Какие модели баз данных используются в настоящее время?
5. Охарактеризуйте особенности реляционной базы данных?
6. Приведите классификацию систем управления баз данных по используемой модели?

ГЛАВА 2

БАЗЫ ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

2.1. Роль и место базы данных в системах автоматизированного проектирования

Для решения разнообразных задач в сферах науки, проектирования, производства, экономики, управления, образования, медицины, культуры и многих других создаются автоматизированные системы (АС).

АС обработки информации в диалоговом режиме представляют собой сложный человеко-машинный комплекс, включающий аппаратуру, программы и людей.

АС обеспечивает:

- надежное и долговременное хранение информации;
- преобразование информации для приложений пользователя;
- предоставление удобного интерфейса пользователям для доступа к информации.

Автоматизированные системы управления различными объектами, системы автоматизации проектирования и проведения научных исследований, банковские системы, системы резервирования билетов, информационно справочные и другие АС обрабатывают информацию чрезвычайно больших объемов и сложной структуры, требуют коллективного доступа к данным и предъявляют высокие требования к скорости получения и достоверности информации.

Эти факторы обусловили необходимость интеграции данных и централизации их управления в больших банках данных.

Преимущества интеграции и централизованного управления данными:

- сокращение избыточности данных за счет интегрированного хранения;
- многоаспектное использование данных для решения задач многих пользователей;
- устранение противоречивости хранимых данных, возможность поддержки одного уровня обновления данных, т.е. повышение достоверности данных;
- поддержка целостности данных путем проверки корректности запоминаемых данных;
- обеспечение безопасности данных, защита данных от случайного или злонамеренного искажения, хищения и другого вида разрушения;
- обеспечение секретности данных путем разграничения прав доступа к данным;
- обеспечение независимости приложений от способов организации хранения данных и доступа к данным.

Эффективность применения данных в АС обеспечивается также возможностью доступа к информации без трудоемкого написания программ. Выборка, обновление, добавление и удаление информации выполняется с помощью языка запросов к базе данных (БД).

Достоверность и актуальность данных, хранящихся в БД, и гибкость методов использования этих данных для принятия решения во многом определяют эффективность АС.

2.2. Построение информационного обеспечения САПР

Основу информационного обеспечения (ИО) систем автоматизированного проектирования (САПР) составляет совокупность данных, которые необходимы для выполнения процесса проектирования.

Совокупность данных, используемых всеми элементами САПР, называется информационным фондом. В этом фонде выделяют БД и архивы. Архивами пользуются редко и их помещают в долговременные ЗУ.

Но в определенные моменты времени содержимое архивов помещают в БД. Информационное обеспечение представляет собой совокупность информационного фонда и средств его ведения.

Основное назначение ИО состоит в создании, поддержке и организации доступа к данным. Ядром ИО является БД, которая в САПР играет роль инструмента, объединяющего отдельные элементы.

Базой данных называется структурированная совокупность связанных данных конкретной предметной области разнообразного назначения, в которой отражается состояния объектов, их свойства и взаимоотношения.

Одним из принципов построения САПР является информационная согласованность частей ее программного обеспечения, т.е. пригодность результатов выполнения одной проектной процедуры для использования другой проектной процедуры без их трудоемкого ручного преобразования пользователем. Отсюда вытекают следующие условия информационной согласованности:

– использование программами одной и той же подсистемы САПР единой БД;

– использование единого внутреннего языка для представления данных.

Единство информационного обеспечения достигается либо созданием единой БД, либо сопряжением нескольких БД с помощью специальных программ, которые перекодируют информацию, приводя ее к требуемому виду. Части ПО и методы, осуществляющие управление базой данных, составляют систему управления базами данных.

СУБД позволяет получить доступ к интегрированным данным и допускает множество различных представлений о хранимых данных. Программное обеспечение, которое позволяет прикладным программам работать с БД без знания конкретного способа размещения данных в памяти ЭВМ, называют СУБД (рис. 15).



Рис. 15.

СУБД выступает как совокупность программных средств, предназначенных для создания, ведения и совместного использования БД многими пользователями.

СУБД должна обеспечивать простоту физической реализации; возможность централизованного и децентрализованного управления БД; минимизацию избыточности хранимых данных; предоставление пользователю по запросам непротиворечивой информации; простоту разработки, ведение и совершенствование прикладных программ; выполнение различных функций.

СУБД реализует два интерфейса:

1) между логическими структурами данных в программах и в БД;

2) между логической и физической структурами БД.

Опишем порядок работы СУБД в одном из режимов:

1) программа запрашивает возможность чтения данных у СУБД, она передает необходимую информацию о программисте, типе записи;

2) программа осуществляет поиск описания данных, на которые выдан запрос;

3) определяет, какого типа логические и физические записи необходимы;

4) выдает ОС запрос на чтение требуемой записи;

5) ОС взаимодействует с физической памятью;

6) записывает запрошенные данные в системные буферы;

7) выделяет требуемую логическую запись, выполняя необходимые преобразования;

8) передает данные из системных буферов в программу пользователя, а затем программе пользователя информацию о результатах выполнения запроса;

9) прикладная программа обрабатывает полученные данные.

2.3. Проектирование баз данных

Проектирование базы данных - одна из наиболее ответственных и трудных задач, связанных с созданием системы базы данных. В результате ее решения должны быть определены и содержание базы данных, и эффективный с точки зрения всего сообщества будущих пользователей способ ее организации в среде СУБД, выбранной для реализации системы.

На этапе проектирования конструкторской базы данных необходимо обеспечить хранение всех данных и их независимость от прикладных программ и процессов. Это позволит в дальнейшем изменять структуру и состав информационных элементов без внесения исправлений в работающие с ними программы и наоборот. Кроме того, использование информационных элементов разными группами конструкторов будет полностью отделено от процессов стандартизации, управления данными и их защиты.

Достигнуть этой цели можно только с помощью стандартных средств описания структуры данных, входящих в базу. По способу встраивания этих средств в программное обеспечение все информационные системы можно разделить на две группы.

В малой части систем описание данных неотделимо от прикладных программ, причем в каждой программе описы-

ваются только используемые в ней данные. Описания данных компилируются вместе с текстом программы.

В большинстве систем описания данных хранятся отдельно. В результате их обработки формируются каталоги и таблицы, используемые при последующей работе с данными.

Функция определения данных может быть независимой или объединенной с функцией создания файла данных. Описание данных может представлять собой единый массив операторов или совокупность нескольких секций. При описании данные могут явно разбиваться на уровни. Описание элементов, относящихся к некоторому уровню, могут появляться как до, так и после описаний данных следующего, более высокого уровня.

Однако, кроме структурированных по уровням данных, в конструкторской базе данных обычно имеются разделы, ориентированные на конкретные способы обработки данных. В распоряжении разработчика базы данных имеется широкий выбор методов и средств структурирования данных, однако предпочтение следует отдавать стандартным средствам. При описании данных используются имена элементов, их синонимы или заменяющие их номера. Пользователь может задавать: непрерывный диапазон допустимых значений переменной, ее минимальное и максимальное значения, все допустимые или недопустимые значения переменной.

В крупных системах проектирование базы данных требует особой тщательности, поскольку цена допущенных на этой стадии просчетов и ошибок особенно велика. Хотя некоторые из них могут быть скорректированы в процессе эксплуатации системы благодаря средствам реструктуриза-

ции и реорганизации базы данных, такие операции могут оказаться весьма дорогостоящими. Они могут потребовать переработки приложений.

Проектирование баз данных не может быть полностью автоматизированным. Значительное место в нем отводится интуиции и опыту специалиста-проектировщика. Однако за прошедшие десятилетия усилиями многих специалистов были созданы разнообразные CASE-технологии (Computer-Aided Software/System Engineering), позволяющие систематизированным образом поддерживать и автоматизировать разработки сложных систем программного обеспечения, информационных систем и систем баз данных. Сформировался рынок коммерческих инструментальных программных средств CASE, на котором представлен широкий спектр таких инструментов.

Они предназначены для создания и поддержки разрабатываемой системы на протяжении всего ее жизненного цикла, т.е. периода от принятия решения о создании системы до снятия ее с эксплуатации, либо только для поддержки отдельных его этапов. Инструментарий CASE базируется на различных разновидностях структурных или объектно-ориентированных методов.

Существуют программные продукты CASE, которые поддерживают проектирование баз данных и разработку программного кода приложений. Некоторые из этих программных продуктов ориентированы на довольно широкий набор СУБД. Другие предназначены для конкретных СУБД.

Важное достоинство использования CASE-технологий заключается в том, что в процессе разработки системы осу-

ществляется автоматическое документирование проекта. В репозитории инструмента CASE сохраняются версии проекта системы и метаданные, описывающие свойства различных компонентов системы. Это позволяет использовать автоматизированные средства для реинжиниринга системы – ее модернизации в процессе эксплуатации с учетом изменившихся требований.

- концептуальное проектирование базы данных;
- выбор СУБД и других инструментальных программных средств ее реализации;
- логическое проектирование базы данных;
- физическое проектирование базы данных.

Первой задачей концептуального проектирования является определение предметной области системы, позволяющее изучить информационные потребности будущих пользователей. На практике встречается в основном два подхода к выбору состава и структуры предметной области. Наиболее распространен подход, который можно назвать функциональным.

Он реализует принцип "от задач" и применяется в случае, когда заранее известны функции некоторой группы лиц и/или комплекса задач, для обслуживания информационных потребностей которых создается рассматриваемая база данных. При другом, предметном, подходе информационные потребности будущих пользователей базы данных жестко не фиксируются. В базу данных включают такие объекты и взаимосвязи объектов, которые наиболее существенны и наиболее характерны для данной предметной области. База данных

может быть использована при решении разнообразных задач, связанных с данной предметной областью.

Формирование взгляда на предметную область с позиций сообщества будущих пользователей базы данных является второй задачей стадии концептуального проектирования базы данных. Концептуальная модель предметной области представляет собой описание структуры и динамики предметной области, характера информационных потребностей пользователей системы в терминах, понятных пользователю и независимых от программной реализации системы, и, в частности, от выразительных средств выбранной конкретной СУБД. Концептуальная модель выражается в терминах не отдельных объектов предметной области и связей между ними, а их типов, связанных с ними ограничений целостности, а также тех процессов в предметной области, которые приводят к переходу ее из одного состояния в другое.

Существующие в настоящее время программные продукты CASE обычно предоставляют разработчику визуальные средства представления и синтеза концептуальной модели на стадии разработки, основанные чаще всего на модели «сущностей-связей» или на унифицированном языке моделирования UML.

В простейших случаях проектировщик базы данных ограничивается содержательным описанием модели предметной области на естественном языке. Он может использовать также разнообразные выразительные средства для изображения структуры предметной области, такие, как диаграммы типов - графы, вершины которых соответствуют типам объектов, а ребра - типам связей между ними.

Выбор инструментальной системы управления базами данных является следующим важным этапом проектирования базы данных. Проблемы выбора СУБД для конкретных приложений или для класса приложений в некоторой специфической предметной области, а также оценки характеристик их функционирования, злободневны на всех стадиях развития технологий, когда речь идет о разработках крупных систем и систем с критическими требованиями к производительности, ресурсам памяти, надежности. Оценка производительности СУБД для некоторых типовых приложений может осуществляться с помощью эталонных тестов.

Для выбора одного из альтернативных вариантов инструментальных средств часто используют приближенные количественные оценки их производительности в данном конкретном приложении путем создания прототипа приложения. На прототипе проводятся необходимые измерения для разных инструментальных СУБД, и на этой основе принимается решение о выборе конкретной СУБД для реализации данного проекта. Однако в большинстве случаев в реальной практике проектировщики руководствуются лишь собственными интуитивными экспертными оценками требований к выбираемой системе по нескольким важнейшим количественным и качественным характеристикам. К числу таких характеристик относятся:

- тип модели данных, которую поддерживает данная СУБД, ее адекватность потребностям моделирования рассматриваемой предметной области; в настоящее время выбор фактически осуществляется между реляционными, объектно-реляционными и объектными СУБД;

- масштабы разрабатываемой системы – количество ее потенциальных пользователей, ожидаемый объем данных в базе данных, интенсивность потока запросов;
- аппаратно-программная платформа, на которой будет функционировать разрабатываемая система;
- характеристики производительности системы; наличие в данной СУБД средств разработки приложений; запас функциональных возможностей для дальнейшего развития системы, разрабатываемой средствами данной СУБД;
- степень оснащенности системы инструментарием для персонала администрирования данными;
- удобство и надежность СУБД в эксплуатации.

Поставляемые в настоящее время реляционные SQL-серверы баз данных ведущих поставщиков программного обеспечения систем баз данных довольно близки по своим функциональным возможностям. В этих условиях на выбор разработчика влияет ценовая политика поставщика, приверженность разработчика к какой-либо линии программных продуктов и другие факторы отнюдь не технологического характера.

Задача этапа логического проектирования базы данных состоит в отображении концептуальной модели предметной области в модель данных, поддерживаемую СУБД, выбранной для реализации системы. В результате выполнения этого этапа создаются схемы базы данных концептуального и внешнего уровней архитектуры, специфицированные на языках определения данных конкретной СУБД. Инструменты CASE, поддерживающие проектирование баз данных, обеспечивают автоматическую генерацию схем базы данных.

Этап физического проектирования базы данных необходим только в случае разработки оригинальных СУБД. Он требует поиска проектных решений, обеспечивающих эффективную поддержку построенной логической структуры базы данных в среде хранения базы данных. Должны быть решены вопросы построения структуры хранимых данных, размещения хранимых данных в пространстве памяти, выбора эффективных методов доступа к различным компонентам внутренней базы данных. Нужно определить также отображение логической структуры базы данных в структуру хранения. Принятые на этом этапе проектные решения оказывают определяющее влияние на производительность информационной системы.

Современные реляционные серверы баз данных обладают значительно меньшей степенью управляемости среды хранения. Организация хранимых данных для них в значительной степени строится по внутренним законам на основе логической схемы базы данных. Инструменты CASE позволяют также на основе свойств первичных ключей таблиц базы данных сгенерировать для них индексы.

Нужно заметить, что разработкой схемы хранения процесс проектирования базы данных фактически не завершается. Он имеет итерационный характер. В процессе функционирования системы базы данных становится возможным измерение ее реальных характеристик, определение "узких" мест. В соответствии с этими новыми знаниями, а также в связи с возникающими изменениями условий эксплуатации системы осуществляют модификацию первоначально созданного проекта.

Следует здесь, наконец, упомянуть, что CASE-средства позволяют на основе определенных разработчиком различного рода моделей сгенерировать также и программный код приложений системы базы данных.

На практике чаще всего CASE-средства используются для создания схемы базы данных в виде ER-диаграмм и генерации структур баз данных для конкретной СУБД. После получения от заказчика изменений разработчики вносят соответствующие исправления в диаграмму "сущность – связь" и заново генерируют структуры баз данных. Средства автоматической генерации интерфейсов используются реже.

В настоящее время практически каждый производитель СУБД предлагает собственный программный продукт автоматизированного проектирования. Это Oracle Designer (Oracle), Power Designer (Sybase) и другие. Демонстрационные версии данных программных продуктов можно загрузить с соответствующих сайтов (www.oracle.com, www.sybase.com).

Создав наглядную модель базы данных можно оптимизировать структуру БД и добиться её полного соответствия требованиям и задачам организации. Визуальное моделирование повышает качество создаваемой базы данных, продуктивность и скорость её разработки.

2.4. Работа с элементами данных в САПР

При создании системы трехмерного моделирования с использованием элементов баз данных возникает проблема разработки простых и естественных средств создания и мо-

дифицирования трехмерных моделей деталей и сборочных единиц. Основным требованием к системе трех

Как правило, в конструкторской базе одновременно используются несколько равноправных определений одних и тех же элементов данных. В некоторых случаях одно из определений объявляется основным, а остальные - вспомогательными. Вспомогательные определения вводятся в систему с помощью тех же средств описания данных, что и основные.

Основное преимущество использования вспомогательных определений заключается в том, что в каждом конкретном случае нет необходимости описывать структуру данных целиком – достаточно описать лишь ту часть, которая используется прикладной программой, причем в той форме, в которой данные необходимы этой программе.

Методы работы с элементами данных должны обеспечивать быстрое исправление обнаруженных ошибок и эффективную модификацию хранящихся в базе данных при внесении частичных изменений в модель проектируемого изделия.

Эти характеристики определяют общее быстродействие САПР и эффективность ее использования, особенно в случае работы с трехмерными объектами.

Таким образом, что при разработке структуры конструкторской базы данных следует иметь в виду, что графическое редактирование многогранника, входящего в дерево иерархии, разрушает все ранее построенные многогранники более высокого уровня иерархии. При этом пользователь должен иметь возможность сохранения или уничтожения многогранника более высокого уровня. Для этого может ис-

пользоваться переименование объектов. Возможно определение таких объектов, как цилиндры, конусы и полусферы.

Такие процессы можно распределить по следующим трем уровням:

- на первом уровне создаются файлы, этот процесс предполагает составление описаний файла и структуры элементов данных, а так же разработку структуры записи;

- на втором уровне создается программное обеспечение, формирующее изображения на экране графического дисплея;

- на третьем уровне создается прикладное программное обеспечение, выполняющее графические операции, необходимые для решения прикладных задач.

2.5. Проектирование реляционных баз данных с использованием семантических моделей

Широкое распространение реляционных СУБД и их использование в самых разнообразных приложениях показывает, что реляционная модель данных достаточна для моделирования разнообразных предметных областей. Однако проектирование реляционной базы данных в терминах отношений на основе кратко рассмотренного нами в двух предыдущих лекциях механизма нормализации часто представляет собой очень сложный и неудобный для проектировщика процесс. При использовании в проектировании ограниченность реляционной модели проявляется в следующих аспектах.

Модель не обеспечивает достаточных средств для представления смысла данных. Семантика реальной предмет-

ной области должна независимым от модели способом представляться в голове проектировщика. В частности, это относится к отмечавшейся нами ранее проблеме представления ограничений целостности, выходящих за пределы ограничений первичного и внешнего ключа.

Во многих прикладных областях трудно моделировать предметную область на основе плоских таблиц. В ряде случаев на самой начальной стадии проектирования дизайнеру приходится нелегко, поскольку от него требуется описать предметную область в виде одной (возможно, даже ненормализованной) таблицы.

Хотя весь процесс проектирования происходит на основе учета зависимостей, реляционная модель не предоставляет какие-либо формализованные средства для представления этих зависимостей. Несмотря на то, что процесс проектирования начинается с выделения некоторых существенных для приложения объектов предметной области («сущностей») и выявления связей между этими сущностями, реляционная модель данных не предлагает какого-либо механизма для разделения сущностей и связей.

Потребность проектировщиков баз данных в более удобных и мощных средствах моделирования предметной области вызвала к жизни направление семантических моделей данных. Хотя любая развитая семантическая модель данных, как и реляционная модель, включает структурную, манипуляционную и целостную части, главным назначением семантических моделей является обеспечение возможности выражения семантики данных.

Прежде чем мы коротко рассмотрим особенности двух распространенных семантических моделей, остановимся на возможных областях их применения. Чаще всего на практике семантическое моделирование используется на первой стадии проектирования базы данных. При этом в терминах семантической модели производится концептуальная схема базы данных, которая затем вручную преобразуется к реляционной (или какой-либо другой) схеме.

Этот процесс выполняется под управлением методик, в которых достаточно четко оговорены все этапы такого преобразования. Основным достоинством данного подхода является отсутствие потребности в дополнительных программных средствах, поддерживающих семантическое моделирование. Требуется только знание основ выбранной семантической модели и правил преобразования концептуальной схемы в реляционную схему.

Следует заметить, что многие начинающие проектировщики баз данных недооценивают важность семантического моделирования вручную. Зачастую это воспринимается как дополнительная и излишняя работа. Эта точка зрения абсолютно неверна. Во-первых, построение мощной и наглядной концептуальной схемы БД позволяет более полно оценить специфику моделируемой предметной области и избежать возможных ошибок на стадии проектирования схемы реляционной БД. Во-вторых, на этапе семантического моделирования производится важная документация (хотя бы в виде вручную нарисованных диаграмм и комментариев к ним), которая может оказаться очень полезной не только при проектировании схемы реляционной БД, но и при эксплуатации,

сопровождении и развитии уже заполненной БД. Неоднократно приходилось и приходится наблюдать ситуации, в которых отсутствие такого рода документации существенно затрудняет внесение даже небольших изменений в схему существующей реляционной БД. Конечно, это относится к случаям, когда проектируемая БД содержит не слишком малое число таблиц.

Скорее всего, без семантического моделирования можно обойтись, если число таблиц не превышает десяти, но оно совершенно необходимо, если БД включает более сотни таблиц. Для справедливости заметим, что процедура создания концептуальной схемы вручную с ее последующим преобразованием в реляционную схему БД затруднительна в случае больших БД (содержащих несколько сотен таблиц). Причины, по всей видимости, не требуют пояснений. История систем автоматизации проектирования баз данных (CASE-средств) началась с автоматизации процесса рисования диаграмм, проверки их формальной корректности, обеспечения средств долговременного хранения диаграмм и другой проектной документации. Конечно, компьютерная поддержка работы с диаграммами для проектировщика БД очень полезна.

Наличие электронного архива проектной документации помогает при эксплуатации, администрировании и сопровождении базы данных. Но система, которая ограничивается поддержкой рисования диаграмм, проверкой их корректности и хранением, напоминает текстовый редактор, поддерживающий ввод, редактирование и проверку синтаксической

корректности конструкций некоторого языка программирования, но существующий отдельно от компилятора.

Кажется естественным желание расширить такой редактор функциями компилятора, и это действительно возможно, поскольку известна техника компиляции конструкций языка программирования в коды целевого компьютера. Но коль скоро имеется четкая методика преобразования концептуальной схемы БД в реляционную схему, то почему бы не выполнить программную реализацию соответствующего «компилятора» и не включить ее в состав системы проектирования баз данных?

Эта идея, естественно, показалась разумной производителям CASE-средств проектирования БД. Подавляющее большинство подобных систем, представленных на рынке, обеспечивает автоматизированное преобразование диаграммных концептуальных схем баз данных, представленных в той или иной семантической модели данных, в реляционные схемы, специфицированные чаще всего на языке SQL.

В типичной схеме SQL-ориентированной БД могут содержаться определения многих объектов (ограничений целостности общего вида, триггеров и хранимых процедур и т. д.), которые невозможно сгенерировать автоматически на основе концептуальной схемы. Поэтому на завершающем этапе проектирования реляционной схемы снова требуется ручная работа проектировщика.

О возможности автоматизации процесса преобразования концептуальной схемы БД в реляционную схему. Если создатели семантической модели данных предоставляют методику преобразования концептуальных схем в реляционные,

то почему бы не реализовать программу, которая производит те же преобразования, следуя той же методике? Зададимся теперь другим, но, по существу, схожим вопросом.

Если создатели семантической модели данных предоставляют язык (например, диаграммный), используя который проектировщики БД на основе исходной информации о предметной области могут сформировать концептуальную схему БД, то почему бы не реализовать программу, которая сама генерирует концептуальную схему БД в соответствующей семантической модели, используя исходную информацию о предметной области?

Хотя нам не известны коммерческие CASE-средства проектирования БД, поддерживающие такой подход, экспериментальные системы успешно существовали. Они представляли собой интегрированные системы проектирования с автоматизированным созданием концептуальной схемы на основе интервью с экспертами предметной области и последующим преобразованием концептуальной схемы в реляционную.

Как правило, CASE-средства, автоматизирующие преобразование концептуальной схемы БД в реляционную, производят реляционную схему базы данных в третьей нормальной форме. Нормализация более высокого уровня усложняет программную реализацию и редко требуется на практике.

Наконец, третья возможность, которую следует упомянуть, хотя она еще не вышла (или только выходит, а может быть, так никогда и не выйдет) за пределы исследовательских и экспериментальных проектов, – это работа с базой данных в

семантической модели, т. е. СУБД, основанные на семантических моделях данных.

При этом снова рассматриваются два варианта: обеспечение пользовательского интерфейса на основе семантической модели данных с автоматическим отображением конструкций этого интерфейса в реляционную модель данных (это задача примерно того же уровня сложности, что и автоматическая компиляция концептуальной схемы базы данных в реляционную схему) и прямая реализация СУБД, основанная на какой-либо семантической модели данных.

Многие авторитетные специалисты полагают, что ближе всего ко второму подходу объектно-ориентированные СУБД, чьи модели данных по многим параметрам близки к семантическим моделям (хотя в некоторых аспектах они более мощны, а в некоторых – более слабы).

Вопросы для самоподготовки:

1. Охарактеризуйте роль и место базы данных в системах автоматизированного проектирования?
2. Чем характеризуется Эффективность применения данных в автоматизированных системах?
3. Что составляет основу информационного обеспечения (ИО) систем автоматизированного проектирования?
4. Как решается задача проектирования базы данных?
5. В чем заключаются особенности использования баз данных в САПР?
6. В чем заключаются особенности процесса проектирования реляционных баз данных?
7. В чем заключается преимущество использования средств автоматизации проектирования баз данных (CASE-технологий)?

ГЛАВА 3 БАЗЫ ДАННЫХ В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТАХ

3.1. Инженерные базы данных

Затраты на конструкторско-технологическую подготовку производства занимают примерно 70% всего объема затрат предприятия или организации по выпуску продукции. Управление производством - это управление ресурсами, среди которых можно выделить материальные, человеческие и информационные.

Любой объект производства характеризуется набором определенных данных и свойств, среди которых есть как вполне осязаемые (масса, размер, цвет, количество и т.п.), так и условные (стоимость, качество, время жизненного цикла и другие). Какие-то из этих данных можно считать экономическими, какие-то – инженерными (рис. 16).



Рис. 16. Роль инженерных данных в управлении предприятием

Любое изделие - прежде всего материальное воплощение замыслов разработчиков. Поэтому сведения о том, из каких материалов оно изготовлено, являются основой всего процесса подготовки производства. А если посмотреть более широко - эти сведения определяют весь процесс поддержки жизненного цикла изделия - от изготовления через эксплуатацию и ремонт к утилизации.

Таким образом, можно утверждать, что инженерные данные (среди которых не только сведения о материалах, но и различные расчетные параметры) - основа деятельности производственного предприятия. Причем под производственным предприятием мы понимаем не только то, которое непосредственно выпускает ту или иную продукцию. Сюда мы относим и проектно-конструкторские компании и бюро, и инженеринговые фирмы, которые выпускают не само изделие, а документацию на него.

3.2. Единые базы данных - управленцу, конструктору, технологу, снабженцу

Согласно исследованиям CNews Analytics, одной из фундаментальных проблем жизнедеятельности предприятия является неслаженная работа информационной системы. Об этом заявляли от 43 до 60% опрошенных специалистов фирм различных направлений деятельности и численности персонала.

Инженерные данные об изделии важны не только сами по себе. Гораздо важнее то, что на предприятии, правильно ведущем политику автоматизации, исключается повторный

ввод данных на разных этапах: проектирования, выпуска документации, расчетов экономической эффективности и т.п.

Хорошо организованные единые базы инженерных данных (единые инженерные справочники) могут использоваться по двум основным направлениям:

- "Что бывает" - инженерные службы используют справочники, чтобы получить представление о различных материалах и сортаментах, выпускаемых в стране и за рубежом, о покрытиях, клеях, лаках и красках, а также об их технико-экономических характеристиках;

- "Что есть" - инженерные справочники используются для создания на предприятии единых номенклатурных справочников, в которых приведена ограниченная номенклатура материалов, использующихся на конкретном предприятии.

3.3. Электронные справочники - экономически выгодно, быстро, удобно

Инженерные справочники позволяют специалистам разных подразделений быть всегда в курсе последних технических новинок и одновременно не выходить за рамки материалов, разрешенных к применению.

Наличие электронных инженерных справочников также позволяет конструкторам, технологам, производственным работникам быстро находить интересующую их информацию по различным критериям - по названию, по свойствам тех или иных материалов, по области их использования. Тем самым резко повышается производительность труда всех инженерных служб и качество (безошибочность) документации.

Поскольку инженерные справочники соответствуют всем последним изменениям в нормативно-технической документации (стандартам и техническим условиям), то и выпускаемая на предприятии электронная или бумажная документация также соответствует ЕСКД и ЕСТД.

3.4. САПРы разные - справочники единые

Исторически сложилась ситуация, когда на предприятиях могут использоваться системы автоматизированного проектирования (в конструкторской и технологической подготовке производства) от разных производителей. Спектр этих САПР довольно широк, все они в той или иной мере отвечают задачам конкретного предприятия.

Недостатком такого положения дел является то, что каждая из названных САПР использует собственные встроенные базы данных. При этом всегда существует опасность того, что часть информации об изделии не передается из системы в систему при прохождении электронных документов (моделей, спецификаций, чертежей, карт и т.п.) в системах документооборота.

Современные Инженерные Справочники могут быть интегрированы с любыми производственными системами, как для проектирования изделия, так и для финансово-экономических расчетов. Инженерный Справочник может использоваться с программными продуктами : КОМПАС-3D, ВЕРТИКАЛЬ, T-Flex CAD, T-Flex Docs, MechaniCS, TechnologiCS, SolidWorks и т.д. Использование Инженерного Справочника совместно с этими системами возможно как по-

средством его запуска и выбора необходимых данных, так и через специально разработанный модуль API, позволяющий унифицировать процесс передачи информации.

3.5. Инженерная база данных для SolidWorks

«Инженерный справочник» может использоваться в различных режимах работы системы SolidWorks — с трехмерными сборками, деталями, а также с чертежами:

- работая со сборками (SLDASM), инженер"конструктор может просмотреть содержание «Инженерного справочника», провести ряд проектных расчетов с использованием Модуля инженерных расчетов, а также выбрать какой"либо материал (например, марку пластичной смазки) и передать его обозначение в Заметки (Annotations) (рис. 17);

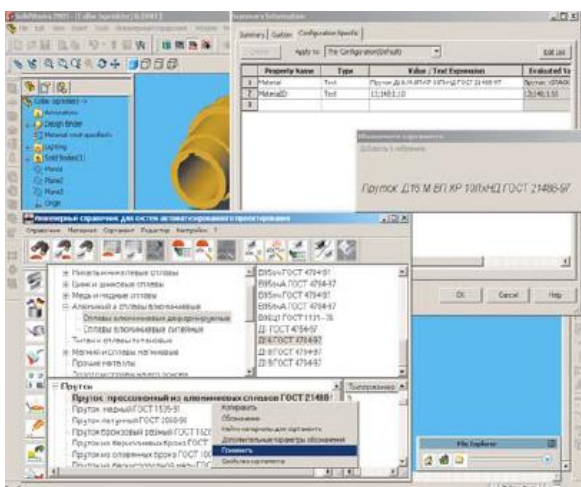


Рис. 17. Использование элементов «Инженерного справочника» в SolidWorks

- в режиме работы с трехмерными деталями (SLDPRT), наряду с возможностями, указанными в предыдущем пункте, реализована передача обозначения выбранного материала или сортамента в Свойства (Properties) модели (рис. 18).

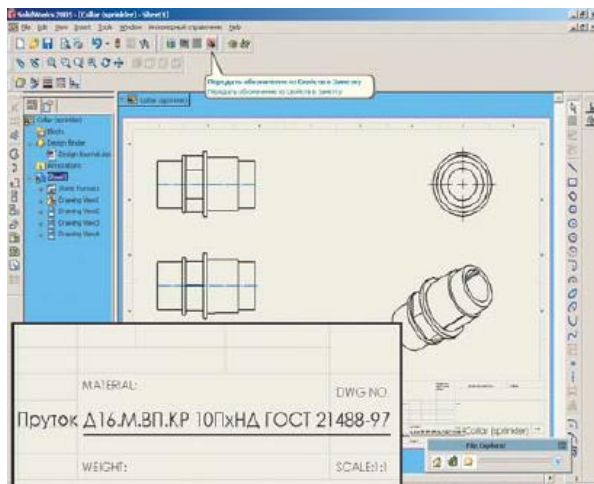


Рис. 18. Использование элементов «Инженерного справочника» в SolidWorks

После передачи данных в Свойства (Properties) можно (при необходимости) применить команду передачи этого обозначения из Свойств (Properties) в Заметки (Annotations), причем для выполнения последней операции даже не требуется запуск самого «Инженерного справочника»; • при создании рабочих чертежей (SLDDRW) также можно просмотреть материалы и сортаменты и выполнить расчеты, передать выбранное обозначение в Заметки (Annotations) для последую-

щего использования этих данных при заполнении технических требований (ТТ), штампа чертежа или спецификации.

Здесь же можно использовать команду передачи обозначения из Свойств (Properties) детали, ассоциативно связанной с чертежом, в Заметки (Annotations).

Особенность интеграции состоит также и в том, что обозначение материала или сортамента, помещенное в Свойства (Properties) детали (по рис. 18), автоматически передается в основную надпись чертежа (рис. 18).

Кроме описанного выше подхода, элементы баз данных можно реализовать и самостоятельно, используя предлагаемые применяемой САПР функции. Так, в SolidWorks имеется специализированный инструмент – **таблица параметров**.

Таблица параметров служит для подстановки массива значений из документа Microsoft Excel в переменные модели. Эти значения могут быть как численными (например, величины размеров), так и логическими (элемент погашен/непогашен). Сохраняется таблица параметров в документе 3D модели (она попросту туда внедрена), а создаваться может как с помощью инструментов SolidWorks, так и вручную в виде отдельного файла Microsoft Excel. Ниже будут рассмотрены оба способа задания параметров.

Приведем следующий пример. Пусть требуется разработать модель крепежной детали <<Винт>> трех исполнений: с цилиндрической головкой по ГОСТ 1491-80, полукруглой головкой по ГОСТ 17473-80 и потайной головкой по ГОСТ 17475-80 (рис. 19).

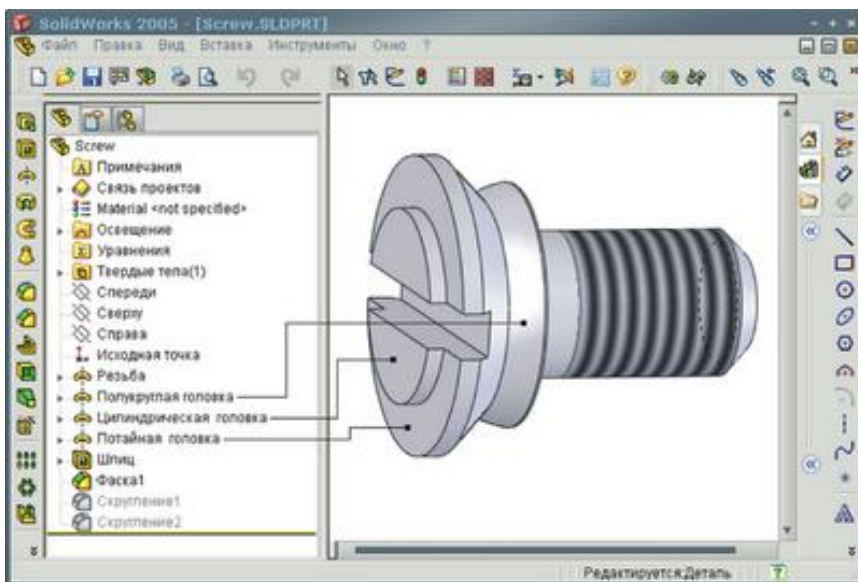


Рис. 19. Комплексная модель изделия «Винт»

В результате анализа условия задачи становится очевидным, что модель должна иметь 3 конфигурации. Однако в пределах каждого исполнения размеры головки винта напрямую связаны с диаметром резьбы и в ГОСТ-ах заданы в виде таблиц: по 10 вариантов для диапазона М2..М16. То есть, всего в таблицу параметров необходимо внести 33 варианта размеров модели - яркий пример двухуровневой или производной конфигурации.

Несколько слов по поводу исходной 3D модели. Возможны два подхода к ее проектированию:

- если деталь относительно простая - создаются элементы всех конфигураций и их параметры одновременно заносятся в таблицу, с последующим изменением;

- для сложных деталей с большим числом управляемых параметров удобнее вначале создать одну конфигурацию и отредактировать значения параметров, потом добавить конструктивные элементы второй конфигурации, повторно изменив таблицу параметров и т.д.

В данном примере будет использован первый подход.

Вопросы для самоподготовки:

1. Охарактеризуйте особенности инженерных баз данных?
2. В чем заключаются преимущества использования электронных справочников при автоматизированном проектировании?
3. Охарактеризуйте особенности инженерной базы данных для САПР на примере системы SolidWorks?

ГЛАВА 4

БАЗЫ ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

4.1. Перспективы применения CALS-технологий

CALS-технологии призваны служить средством, интегрирующим промышленные автоматизированные системы в единую многофункциональную систему. Целью интеграции автоматизированных систем проектирования и управления является повышение эффективности создания и использования сложной техники.

В чем выражается повышение эффективности?

Во-первых, повышается качество изделий за счет более полного учета имеющейся информации при проектировании и принятии управленческих решений. Так, обоснованность решений, принимаемых в автоматизированной системе управления предприятием (АСУП), будет выше, если ЛПР (лицо, принимающее решение) и соответствующие программы АСУП имеют оперативный доступ не только к базе данных АСУП, но и к базам данных других автоматизированных систем (САПР, АСТПП и АСУТП) и, следовательно, могут оптимизировать планы работ, содержание заявок, распределение исполнителей, выделение финансов и т.п. При этом под оперативным доступом следует понимать не просто возможность считывания данных из БД, но и легкость их правильной интерпретации, т.е. согласованность по синтаксису и семантике с протоколами, принятыми в АСУП. То же относится и к другим системам, например, технологические подсистемы

должны с необходимостью воспринимать и правильно интерпретировать данные, поступающие от подсистем автоматизированного конструирования. Этого не так легко добиться, если основное предприятие и организации-смежники работают с разными автоматизированными системами.

Во-вторых, сокращаются материальные и временные затраты на проектирование и изготовление продукции. Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описания ранее выполненных удачных разработок компонентов и устройств, многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в базах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю CALS-технологии. Доступность опять же обеспечивается согласованностью форматов, способов, руководств в разных частях общей интегрированной системы. Кроме того, появляются более широкие возможности для специализации предприятий, вплоть до создания виртуальных предприятий, что также способствует снижению затрат.

В-третьих, существенно снижаются затраты на эксплуатацию, благодаря реализации функций интегрированной логистической поддержки. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации и т.п..

Эти преимущества интеграции данных достигаются применением современных CALS-технологий. Промышленные автоматизированные системы могут работать автономно, и в настоящее время так обычно и происходит. Однако эф-

фективность автоматизации будет заметно выше, если данные, генерируемые в одной из систем, будут доступны в других системах, поскольку принимаемые в них решения станут более обоснованными. Чтобы достичь должного уровня взаимодействия промышленных автоматизированных систем требуется создание единого информационного пространства в рамках как отдельных предприятий, так и, что более важно, в рамках объединения предприятий. Единое информационное пространство обеспечивается благодаря унификации как формы, так и содержания информации о конкретных изделиях на различных этапах их жизненного цикла.

Унификация формы достигается использованием стандартных форматов и языков представления информации в межпрограммных обменах и при документировании.

Унификация содержания, понимаемая как однозначная правильная интерпретация данных о конкретном изделии на всех этапах его жизненного цикла, обеспечивается разработкой онтологий (метаописаний) приложений, закрепляемых в прикладных протоколах CALS.

Унификация перечней и наименований сущностей, атрибутов и отношений в определенных предметных областях является основой для единого электронного описания изделия в CALS-пространстве.

4.2. Этапы жизненного цикла изделий и промышленные автоматизированные системы

Жизненный цикл изделий (ЖЦИ) включает ряд этапов, начиная от зарождения идеи нового продукта до его утилиза-

ции по окончании срока использования. К ним относятся этапы маркетинговых исследований, проектирования, технологической подготовки производства (ТПП), собственно производства, послепродажного обслуживания и эксплуатации продукции, утилизации.

На всех этапах жизненного цикла имеются свои целевые установки. При этом участники жизненного цикла стремятся достичь поставленных целей с максимальной эффективностью. На этапах проектирования, ТПП и производства нужно обеспечить выполнение требований, предъявляемых к производимому продукту, при заданной степени надежности изделия и минимизации материальных и временных затрат, что необходимо для достижения успеха в конкурентной борьбе в условиях рыночной экономики.

Достижение поставленных целей на современных предприятиях, выпускающих сложные технические изделия, оказывается невозможным без широкого использования автоматизированных систем (АС), основанных на применении компьютеров и предназначенных для создания, переработки и использования всей необходимой информации о свойствах изделий и сопровождающих процессов. Специфика задач, решаемых на различных этапах жизненного цикла изделий, обуславливает разнообразие применяемых АС.

Рассмотрим содержание основных этапов ЖЦИ для изделий машиностроения.

На этапе проектирования выполняются проектные процедуры — формирование принципиального решения, разработка геометрических моделей и чертежей, расчеты, моделирование процессов, оптимизация и т.п. Этап про-

ектирования включает все необходимые стадии, начиная с внешнего проектирования, выработки концепции (облика) изделия и кончая испытаниями пробного образца или партии изделий. Внешнее проектирование обычно включает разработку технического и коммерческого предложений и формирование технического задания (ТЗ) на основе результатов маркетинговых исследований и/или требований, предъявленных заказчиком.

На этапе подготовки производства разрабатываются маршрутная и операционная технологии изготовления деталей, реализуемые в программах для станков ЧПУ; технология сборки и монтажа изделий; технология контроля и испытаний.

На этапе производства осуществляются: календарное и оперативное планирование; приобретение материалов и комплектующих с их входным контролем; механообработки и другие требуемые виды обработки; контроль результатов обработки; сборка; испытания и итоговый контроль.

На постпроизводственных этапах выполняются: консервация, упаковка, транспортировка; монтаж у потребителя; эксплуатация, обслуживание, ремонт; утилизация.

Автоматизация проектирования осуществляется САПР. В САПР машиностроительных отраслей промышленности принято выделять системы функционального, конструкторского и технологического проектирования. Первые из них называют системами расчетов и инженерного анализа или системами CAE (Computer Aided Engineering). Системы конструкторского проектирования называют системами CAD (Computer Aided Design). Проектирование технологических

процессов выполняется в автоматизированных системах технологической подготовки производства (АСТПП), входящих как составная часть в системы САМ (Computer Aided Manufacturing).

Для решения проблем совместного функционирования компонентов САПР различного назначения, координации работы систем САЕ/CAD/CAM, управления проектными данными и проектированием разрабатываются системы, получившие название систем управления проектными данными PDM(Product Data Management). Системы PDM либо входят в состав модулей конкретной САПР, либо имеют самостоятельное значение и могут работать совместно с разными САПР.

На большинстве этапов жизненного цикла, начиная с определения предприятий-поставщиков исходных материалов и компонентов и кончая реализацией продукции, требуются услуги системы управления цепочками поставок — Supply Chain Management (SCM).

Цепь поставок обычно определяют как совокупность стадий увеличения добавленной стоимости продукции при ее движении от компаний-поставщиков к компаниям-потребителям. Управление цепью поставок подразумевает продвижение материального потока с минимальными издержками. При планировании производства система SCM управляет стратегией позиционирования продукции. Если время производственного цикла меньше времени ожидания заказчика на получение готовой продукции, то можно применять стратегию "изготовление на заказ". Иначе приходится использовать стратегию "изготовление на склад".

При этом во время производственного цикла должно входить время на размещение и исполнение заказов на необходимые материалы и комплектующие на предприятиях-поставщиках.

В последнее время усилия многих компаний, производящих программно-аппаратные средства автоматизированных систем, направлены на создание систем электронного бизнеса (E-commerce). Задачи, решаемые системами E-commerce, сводятся не только к организации на сайтах Internet витрин товаров и услуг.

Они объединяют в едином информационном пространстве запросы заказчиков и данные о возможностях множества организаций, специализирующихся на предоставлении различных услуг и выполнении тех или иных процедур и операций по проектированию, изготовлению, поставкам заказанных изделий.

Проектирование непосредственно под заказ позволяет добиться наилучших параметров создаваемой продукции, а оптимальный выбор исполнителей и цепочек поставок ведет к минимизации времени и стоимости выполнения заказа. Координация работы многих предприятий-партнеров с использованием технологий Internet возлагается на системы E-commerce, называемые системами управления данными в интегрированном информационном пространстве CPC (Collaborative Product Commerce).

Управление в промышленности, как и в любых сложных системах, имеет иерархическую структуру. В общей структуре управления выделяют несколько иерархических уровней, в соответствии с рис. 20.



Рис. 20. Общая структура управления

Автоматизация управления на различных уровнях реализуется с помощью автоматизированных систем управления (АСУ).

Информационная поддержка этапа производства продукции осуществляется автоматизированными системами управления предприятием (АСУП) и автоматизированными

системами управления технологическими процессами (АСУТП).

К АСУП относятся системы планирования и управления предприятием ERP (Enterprise Resource Planning), планирования производства и требований к материалам MRP-2 (Manufacturing Requirement Planning) и упомянутые выше системы SCM. Наиболее развитые системы ERP выполняют различные бизнес-функции, связанные с планированием производства, закупками, сбытом продукции, анализом перспектив маркетинга, управлением финансами, персоналом, складским хозяйством, учетом основных фондов и т.п. Системы MRP-2 ориентированы, главным образом, на бизнес-функции, непосредственно связанные с производством. В некоторых случаях системы SCM и MRP-2 входят как подсистемы в ERP, в последнее время их чаще рассматривают как самостоятельные системы.

Промежуточное положение между АСУП и АСУТП занимает производственная исполнительная система MES (Manufacturing Execution Systems), предназначенная для решения оперативных задач управления проектированием, производством и маркетингом.

В состав АСУТП входит система SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), выполняющая диспетчерские функции (сбор и обработка данных о состоянии оборудования и технологических процессов) и помогающая разрабатывать ПО для встроенного оборудования. Для непосредственного программного управления технологическим оборудованием используют системы CNC (Computer Numerical Control) на базе контроллеров (специализированных компьютеров,

называемых промышленными), которые встроены в технологическое оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ). Системы CNC называют также встроенными компьютерными системами.

Система CRM используется на этапах маркетинговых исследований и реализации продукции, с ее помощью выполняются функции управления отношениями с заказчиками и покупателями, проводится анализ рыночной ситуации, определяются перспективы спроса на планируемые изделия.

Функции обучения обслуживающего персонала выполняют интерактивные электронные технические руководства ИЕТМ (Interactive Electronic Technical Manuals). С их помощью выполняются диагностические операции, поиск отказавших компонентов, заказ дополнительных запасных деталей и некоторые другие операции на этапе эксплуатации систем.

Управление данными в едином информационном пространстве на протяжении всех этапов жизненного цикла изделий возлагается на систему PLM (Product Lifecycle Management). Под PLM понимают процесс управления информацией об изделии на протяжении всего его жизненного цикла.

Отметим, что понятие PLM-система трактуется двояко: либо как интегрированная совокупность автоматизированных систем CAE/CAD/CAM/PDM и ERP/CRM/SCM, либо как совокупность только средств информационной поддержки изделия и интегрирования автоматизированных систем предприятия, что практически совпадает с определением понятия CALS.

Характерная особенность PLM — возможность поддержки взаимодействия различных автоматизированных систем многих предприятий, т.е. технологии PLM являются основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют САПР, ERP, PDM, SCM, CRM и другие автоматизированные системы многих предприятий.

4.3. Возникновение концепции CALS и ее эволюция

Впервые работы по созданию интегрированных систем, поддерживающих жизненный цикл продукции, были начаты в 80-х годах в оборонном комплексе США. Новая концепция была востребована жизнью как инструмент совершенствования управления материально-техническим обеспечением армии США.

Предполагалось, что реализации новой концепции, получившей обозначение CALS (Computer Aided Logistic Support – компьютерная поддержка процесса поставок), позволит сократить затраты на организацию информационного взаимодействия государственных учреждений с частными фирмами в процессах формализации требований, заказа, поставок и эксплуатации военной техники (ВТ).

Появилась реальная потребность в организации ИИС, обеспечивающей обмен данными между заказчиком, производителями и потребителями ВТ, а также повышение управляемости, сокращение бумажного документооборота и связанных с ним затрат. Доказав свою эффективность, концепция последовательно совершенствовалась, дополнялась и, сохранив существующую аббревиатуру (CALS), получила более

широкую трактовку – Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывные поставки и информационная поддержка жизненного цикла продукции.

Первая часть – Continuous Acquisition (непрерывные поставки) означает непрерывность информационного взаимодействия с заказчиком в ходе формализации его потребностей, формирования заказа, процесса поставки и т.д. Вторая часть – Life Cycle Support (поддержка жизненного цикла изделия) – означает системность подхода к информационной поддержке всех процессов жизненного цикла изделия, в том числе процессов эксплуатации, обслуживания, ремонта и утилизации и т.д. В руководстве по применению CALS в НАТО CALS определяется как "...совместная стратегия государства и промышленности, направленная на совершенствование существующих процессов в промышленности, путем их преобразования в информационно-интегрированную систему управления жизненным циклом изделий". Русскоязычное наименование этой концепции и стратегии – ИПИ (Информационная Поддержка жизненного цикла Изделий).

В период 1990-2000гг. в мире был выполнен ряд проектов, направленных на апробацию и внедрение принципов CALS в различных отраслях промышленности.

Поскольку термин CALS всегда носил военный оттенок, в гражданской сфере широкое распространение получили термины Product Life Cycle Support (PLCS) или Product Life Management (PLM) – "поддержка жизненного цикла изделия" или "управление жизненным циклом изделия".

Таким образом, идея, связанная только с поддержкой логистических систем, превратилась в глобальную бизнес-

стратегию перехода на безбумажную электронную технологию и повышения эффективности бизнес-процессов за счет информационной интеграции и совместного использования информации на всех этапах жизненного цикла продукции. В настоящее время в мире действуют более 25 национальных организаций, координирующих вопросы развития CALS-технологий, в том числе в США, Канаде, Японии, Великобритании, Германии, Швеции, Норвегии, Австралии, а также в НАТО.

Развитие концепций CALS и ЕИП обусловили появление новой организационной формы выполнения масштабных проектов, связанных с разработкой, производством и эксплуатацией сложной продукции – "виртуального предприятия" (ВП) – формы объединения на контрактной основе предприятий и организаций, участвующих в поддержке ЖЦ.

4.4. Концептуальная модель CALS

Основное содержание концепции CALS, принципиально отличающее ее от других, составляют инвариантные понятия, которые реализуются (полностью или частично) в течение жизненного цикла (ЖЦ) изделия, в соответствии с рис. 21.

Эти инвариантные понятия условно делятся на три группы:

1. базовые принципы CALS;
2. базовые управленческие технологии;
3. базовые технологии управления данными.

К числу первых относятся:

1. системная информационная поддержка ЖЦ изделия на основе использования интегрированной информационной среды (ИИС), обеспечивающая минимизацию затрат в ходе ЖЦ;
2. информационная интеграция за счет стандартизации информационного описания объектов управления;



Рис. 21. Общее содержание концепции CALS

3. разделение программ и данных на основе стандартизации структур данных и интерфейсов доступа к ним, ориентация на готовые коммерческие программно-технические решения (Commercial Of The Shelf – COTS), соответствующие требованиям стандартов;
4. безбумажное представление информации, использование электронно-цифровой подписи;

5. параллельный инжиниринг (Concurrent Engineering);

6. непрерывное совершенствование бизнес-процессов (Business Processes Reengineering).

К числу вторых относятся технологии управления процессами, инвариантные по отношению к объекту (производству):

1. управление проектами и заданиями (Project Management/Workflow Management);

2. управление ресурсами (Manufacturing Resource Planning);

3. управление качеством (Quality Management);

4. интегрированная логистическая поддержка (Integrated Logistic Support).

К числу третьих относятся технологии управления данными об изделии, процессах, ресурсах и среде.

Содержание некоторых из перечисленных принципов и технологий раскрыто ниже.

4.4. Базовые принципы CALS

Интегрированная информационная среда

Как следует из вышеизложенного, системная информационная поддержка и сопровождение ЖЦ изделия осуществляется в интегрированной информационной среде (ИИС). Терминологический словарь определяет ИИС как "совокупность распределенных баз данных, содержащих сведения об изделиях, производственной среде, ресурсах и процессах предприятия, обеспечивающая корректность, актуаль-

ность, сохранность и доступность данных тем субъектам производственно-хозяйственной деятельности, участвующим в осуществлении ЖЦ изделия, кому это необходимо и разрешено. Все сведения (данные) в ИИС хранятся в виде информационных объектов".

ИИС, в соответствии с концепцией CALS, представляет собой модульную систему, в которой реализуются следующие базовые принципы CALS:

1. прикладные программные средства отделены от данных;
2. структуры данных и интерфейс доступа к ним стандартизованы;
3. данные об изделии, процессах и ресурсах не дублируются, число ошибок в них минимизируется, обеспечивается полнота и целостность информации;
4. прикладные средства работы с данными представляют собой, как правило, типовые коммерческие решения различных производителей, что обеспечивает возможность дальнейшего развития ИИС.

Безбумажное представление информации, применение электронно-цифровой подписи

Все процессы информационного обмена посредством ИИС имеют своей конечной целью максимально возможное исключение из деловой практики традиционных бумажных документов и переход к прямому безбумажному обмену данными. Преимущества и технико-экономическая эффективность такого перехода очевидны. Тем не менее, на переходном периоде нужно обеспечить сосуществование и совместное использование как бумажной, так и электронной форм

представления информации и гармонизировать применяемые понятия. Информация может быть представлена в форме базы данных, в форме электронного конструкторского документа, или в форме, пригодной для восприятия человеком – бумажной или экранной.

Представление информации в форме базы данных используется при необходимости логического структурирования больших объемов информации. При этом данные определенным образом распределяются между таблицами базы данных, записями в таблицах, полями в записях (при использовании реляционной СУБД) и (или) отдельными файлами и таблицами (при использовании объектно-ориентированной СУБД). Используемые структуры данных ориентированы на специфику решаемых задач.

Другой формой представления информации является электронный документ – структурированный набор данных, включающий в себя заголовок, содержательную часть и электронно-цифровую подпись. Электронный документ используется в качестве формы представления результатов работы, предназначенной для передачи из одной автоматизированной системы в другую или последующей визуализации.

Обе формы представления информации – в форме базы данных (внутреннее представление информации в компьютерной системе) и в форме электронного документа – не пригодны для восприятия человеком и требуют для специальных программных средств визуализации, т.е. преобразования данных в бумажный документ или в экранную форму.

Существующие стандарты, регламентирующие конструкторско-технологическую деятельность, такие как ЕСКД,

ЕСТД, СРПП и им подобные, касаются только визуальной формы представления информации. Поэтому одной из первоочередных практических задач внедрения СALS является развитие стандартов ЕСКД и выработка новых стандартов и спецификаций, регламентирующих электронную форму представления и обращения данных.

Ключевым вопросом использования и обращения информации в электронной форме является вопрос ее авторизации, решаемый при помощи электронно-цифровой подписи (ЭЦП). Процедура ЭЦП основана на математических принципах так называемых "систем с открытым ключом". В формировании подписи используется индивидуальное число (закрытый ключ) пользователя, которое порождается при помощи генератора случайных чисел и сохраняется пользователем в секрете все время его действия.

Для проверки подлинности цифровой подписи применяется другое число, так называемый "открытый ключ проверки цифровой подписи" (или кратко – "открытый ключ"), который по известному алгоритму вычисляется из индивидуального закрытого ключа и предоставляется всем, кому это необходимо для проверки подлинности цифровой подписи.

ЭЦП представляет собой математическую функцию (hash) от содержимого подписываемых данных (data) и секретного ключа автора (secret_key), вычисляемую по стандартизованному алгоритму [ГОСТ 34.10-2002]:

$$\text{Sign} = h(\text{data}, \text{secret_key})$$

В результате вычисления хэш-функции формируется пара чисел – префикс и суффикс электронно-цифровой под-

писи [ГОСТ 34.10-2002]. Байтовые представления полученных чисел, записанные друг за другом, объявляются цифровой подписью.

Как уже отмечалось, для проверки подлинности подписей должны использоваться открытые ключи, которыми участники процесса совместной работы с данными должны обмениваться друг с другом. Однако при большом числе участников такая процедура может оказаться организационно и технически сложной. Одним из возможных решений является использование сертификатов ключа.

Для этой цели некое доверенное лицо принимает на себя функции центра сертификации ключей. Это означает, что доверенное лицо формирует для каждого открытого ключа пакет данных, содержащий собственно открытый ключ и данные о его владельце (имя, должность и т.д.) и подписывает его собственной ЭЦП. Такой пакет данных называется сертификатом ключа.

В свою очередь, открытый ключ центра сертификации может быть заверен центром сертификации более высокого уровня. В результате образуется цепочка сертификатов от ключа проверки подписи конечного пользователя до самого верхнего (главного) центра сертификации (ЦС), в которой авторство подписи на предшествующем сертификате удостоверяется последующим сертификатом.

Сертификаты не содержат в себе никакой конфиденциальной информации, могут распространяться в открытом виде по сетям передачи данных или присоединяться к подписываемым данным.

Процедура проверки подлинности подписи включает в себя следующую последовательность шагов. Сначала из ЭЦП подписи выделяются ее префикс и суффикс. Затем с использованием процедуры хэширования и открытого ключа вычисляется значение, которое должно быть префиксом ЭЦП.

Затем оба полученных значения сравниваются. Если они совпадают, то данные считаются подлинными. Если полученные значения не совпадают, подпись считается недействительной.

Таким образом, для проверки подписи необходим открытый ключ или его сертификат. Использование сертификата предпочтительнее, поскольку он содержит не только открытый ключ, но и данные об авторе.

Как уже отмечалось выше, ЭЦП может быть вычислена, как для файла (формируемого электронного документа), так и для любого фрагмента базы данных. Технологии использования ЭЦП для этих случаев имеют различия.

При использовании в качестве формы представления информации электронного документа в него помимо ЭЦП необходимо включить сертификат, поскольку в противном случае идентификация автора будет затруднена. Соответственно, корректно оформленный электронный документ должен содержать, помимо содержательной части, заголовков, одну или несколько ЭЦП и соответствующее число сертификатов.

В соответствии с Законом Российской Федерации об использовании ЭЦП [REF], последняя обеспечивает целостность и юридически доказательное подтверждение подлинности электронных данных. Она позволяет не только убедиться

в достоверности данных, но и доказать это любой третьей стороне, в частности, в суде.

Параллельный инжиниринг

Принцип параллельного инжиниринга (concurrent engineering) предполагает выполнение процессов разработки и проектирования одновременно с моделированием процессов изготовления и эксплуатации. Сюда же относится одновременное проектирование различных компонентов сложного изделия. При параллельном инжиниринге многие проблемы, которые могут возникнуть на более поздних стадиях ЖЦ, выявляются и решаются на стадии проектирования. Такой подход позволяет улучшить качество изделия, сократить время его вывода на рынок, сократить затраты.

Отличиями параллельного инжиниринга (ПИ) от традиционного подхода к организации процессов инженерной деятельности являются:

- ликвидация традиционных барьеров между функциями отдельных специалистов и организаций путем создания, а при необходимости – последующего преобразования, многопрофильных рабочих групп, в том числе территориально распределенных;
- итеративность процесса приближения к необходимому результату.

Многопрофильные рабочие группы (МППГ), как следует из их названия, включают специалистов разного профиля и создаются для решения конкретных задач. Например, представители эксплуатанта, генерального разработчика и поставщика комплектующих изделий, т.е. специалисты из раз-

ных организаций, могут быть собраны в одну МППГ для решения проблемы, возникающей в ходе эксплуатации.

ПИ предполагает замену традиционного последовательного подхода комплексом перекрывающихся во времени операций, направленных на систематическое улучшение разрабатываемого решения вплоть до достижения необходимого результата.

Исходное понимание задачи ведет к первой версии документированных требований, на основе которых разрабатывается первоначальное проектное решение. Оно порождает новые вопросы и позволяет уточнить постановку задачи. Поскольку жесткое требование завершить текущую фазу работы перед началом следующей отсутствует, последовательное проектирование заменяется "работой по спирали".

Эффективная реализация такого подхода невозможна вне ИИС. Возможность применения принципов ПИ возникает благодаря тому, что в ИИС все результаты работы представлены в электронном виде, являются актуальным, доступны всем участникам и легко могут быть скорректированы.

Реинжиниринг бизнес-процессов

Концепция CALS предполагает последовательное, непрерывное изменение и совершенствование бизнес-процессов разработки, проектирования, производства и эксплуатации изделия. Для этого используется набор разнообразных методов, в т.ч. реинжиниринг бизнес-процессов (business process reengineering), бенчмаркинг (benchmarking), непрерывное улучшение процессов (continuous process improvement) и т.д.

Построению интегрированной системы информационной поддержки ЖЦ изделия должны предшествовать:

- анализ существующей ситуации;
- разработка комплекса функциональных моделей бизнес-процессов, описывающих текущее состояние среды, в которой реализуется ЖЦ изделия;
- выработка и сопоставление возможных альтернатив совершенствования как отдельных бизнес-процессов, так и системы в целом.

Результатами анализа являются:

- функциональные модели бизнес-процессов ЖЦ изделия "как есть сейчас"; автоматизированный жизненный изделие реинжиниринг;
- функциональные модели альтернативных вариантов усовершенствованных бизнес-процессов ЖЦ "как должно быть";
- оценка затрат и рисков для каждого варианта; – выбор предпочтительного варианта на основе взвешенного критерия минимума затрат и рисков;
- описание технической архитектуры ИИС для выбранного варианта;
- оценка технических характеристик ИИС для выбранного варианта;
- план действий по реализации выбранного варианта совершенствования бизнес-процессов ЖЦ и ИИС.

В настоящее время технология моделирования и анализа бизнес-процессов достаточно формализована. Для разработки функциональных моделей рекомендуется использо-

вать методологию и нотацию SADT, регламентированную под названием IDEF0 федеральным стандартом США FIPS 183 и официально принятую в России.

Общая методика изменения бизнес-процессов в связи с внедрением CALS-технологий на предприятии включает в себя следующие этапы:

- Мотивация необходимости изменений.
- Разработка плана изменений и его утверждение руководством. Создание организационной структуры (рабочей группы CALS), которая будет реализовывать разработанный план. На первых этапах эту структуру должен возглавлять руководитель организации.
- Обучение членов группы CALS и другого персонала, причастного к проведению изменений.
- Определение промежуточных (тактических) целей и способов оценки результатов (определение метрик).
- Разработка рабочих планов для всех участников группы CALS.
- Создание временных многофункциональных рабочих групп для решения тактических задач.
- Реализация планов.
- Оценка достигнутых результатов.

4.5. Базовые управленческие технологии

Управление проектами и заданиями

В современной литературе и практике проектом принято называть совокупность действий, направленных на до-

стижение поставленной производственной или коммерческой цели и связанных с использованием и расходом ресурсов различного типа. Примером проекта является выполнение контракта на поставку изделия, предполагающего выполнение целого ряда задач. Другим примером проекта может служить решение отдельной сложной задачи, такой как разработка комплекта документации или ввод изделия в эксплуатацию. Технология управления проектами не зависит от содержания проектов, что позволяет рассматривать ее как базовую (инвариантную) технологию.

Термин Project Management (PM) обозначает класс управленческих задач, связанных с планированием, организацией и управлением действиями, направленными на достижение поставленных целей при заданных ограничениях на использование ресурсов.

Типовыми задачами PM являются:

- разработка планов выполнения проекта, в том числе разработка структурной декомпозиции работ проекта и сетевых графиков;
- расчет и оптимизация календарных планов с учетом ограничений на ресурсы; – разработка графиков потребности проекта в ресурсах;
- отслеживание хода выполнения работ и сравнение текущего состояния с исходным планом;
- формирование управленческих решений, связанных с воздействием на процесс или с корректировкой планов;
- формирование различных отчетных документов.

Действия, приводящие к выполнению проекта и потребность в которых выявляется в ходе его планирования,

могут представлять собой типовые бизнес-процессы (закупка комплектующих, разработка документации, производство и т.д.).

Такие бизнес-процессы часто выполняются по заранее определенным формальным схемам (моделям) [IDEF/0/3], фактически определяющим технологию их выполнения. В ходе выполнения проекта исполнители (организации или сотрудники), действуя в соответствии с заданной технологией (моделью процесса), получают и выполняют задания, соответствующие структурным элементам бизнес-процесса (операциям). Автоматизация управления потоком таких заданий есть функция другой базовой технологии управления – технологии "workflow" (поток работ – буквальный перевод английского "workflow").

Управление ресурсами

Понятия MRP II (Manufacturing Resource Planning) и ERP (Enterprise Resource Planning) в настоящее время являются общепринятыми обозначениями комплекса задач управления финансово-хозяйственной деятельностью предприятия. Автоматизированные системы, построенные на этих принципах, широко применяются не только в производстве, но и для управления проектной деятельностью (конструкторские бюро), коммерцией, эксплуатацией сложной техники (авиакомпаниями). Это позволяет рассматривать принципы и стандарты MRP/ERP как базовую технологию управления ресурсами при решении различных задач.

В соответствии с [ISO /IEC 2382-24:1995] системы класса MRP должны выполнять функции:

- Управление финансовыми ресурсами (Financial Management) Расчет потребностей в материалах (Materials Requirement Planning);
- Управление персоналом (Human Resources) Прогнозирование объема реализации и продаж (Forecasting);
- Ведения портфеля заказов (Customer Orders) Оперативно-производственное планирование (Finite Scheduling);
- Управление запасами (Inventory Management) Оперативное управление производством (Production Activity Control);
- Управление складами (Warehouse Management) Управление техническим обслуживанием оборудования (Equipment Maintenance);
- Управление закупками (Purchasing) Расчет себестоимости продукции и затрат (Cost Accounting);
- Управление продажами (Sales) Управление транспортировкой готовой продукции (Transportation);
- Объемное планирование (Master Production Scheduling) Управление сервисным обслуживанием (Service);

Для выполнения перечисленных в таблице функций MRP/ERP-системы используют информацию, содержащуюся в ИИС, и помещают в нее результаты своей работы для использования данных на последующих стадиях ЖЦ.

Управление качеством

Обеспечение требуемого качества продукции является одной из целей реализации концепции CALS, поэтому управление качеством (в терминах стандартов серии ИСО 9000 си-

стема менеджмента качества – СМК) следует отнести к базовым технологиям управления.

Управление качеством в широком смысле необходимо понимать как управление процессами, направленное на обеспечение качества их результатов. Такой подход соответствует идеям всеобщего управления качеством (Total Quality Management), суть которых как раз и заключается в управлении предприятием через управление качеством.

В контексте концепции CALS методы и технологии управления качеством приобретают новое развитие. Применение ИИС обеспечивает информационную поддержку и интеграцию процессов, а соответственно и возможность использования электронных данных, созданных в ходе различных процессов предприятия, для задач управления качеством.

4.6. Интегрированная логистическая поддержка (ИЛП)

Одним из важных потребительских параметров сложного наукоемкого изделия является величина затрат на поддержку его ЖЦ (life cycle cost). Они складываются из затрат на разработку и производство изделия, а также затрат на ввод изделия в действие, эксплуатацию и поддержание его в работоспособном состоянии. Сокращение затрат на поддержку ЖЦ изделия – одна из целей CALS. Комплекс управленческих технологий, направленных на сокращение этих затрат, объединяется понятием ИЛП (Integrated Logistic Support).

Согласно стандарту DEF STAN 0060 ИЛП включает в себя: анализ логистической поддержки, процедуры планирования процессов технического обслуживания и ремонта, интегрированные процедуры материально-технического обес-

печения, меры по обеспечению персонала электронной эксплуатационной и ремонтной документацией (Подробнее в разделе "Концепция ИЛП").

4.7. Базовые технологии управления данными и информационные модели

Информацию, циркулирующую в системе информационной поддержки ЖЦ машиностроительного изделия, можно условно разделить на три класса:

- данные о продукции (изделии);
- данные о выполняемых процессах;
- данные о ресурсах, требуемых для выполнения процессов.

Под изделием (конечным) понимается комбинация материалов, предметов, программных и иных компонентов, готовых к использованию по назначению. Компоненты конечного изделия в свою очередь являются изделиями. Данные об изделии составляют основной объем информации в ИИС. На разных стадиях ЖЦ требуются различные подмножества из всей совокупности данных об изделии, отличающиеся составом и объемом информации. В целом информация об изделии включает в себя:

- данные о составе и структуре изделия, используемых материалах и комплектующих изделиях, с указанием возможных альтернатив и их взаимозаменяемости;
- данные, определяющие состав возможных конфигураций изделия в зависимости от внешних требований и

условий, а также данные об отличиях конкретных экземпляров изделий (партий изделий);

- данные о технических, физических и других характеристиках изделия;

- классификационные и идентификационные данные об изделии и его компонентах, в том числе его наименование, обозначение, классификационные коды, данные о поставщиках, сведения, касающиеся степени конфиденциальности информации об изделии и его компонентах;

- геометрические данные, представленные в форме объемных геометрических моделей изделия, сборочных единиц и отдельных деталей, электронных (векторных) и сканированных бумажных (растровых) чертежей;

- текстовая документация;

- сведения об имеющихся версиях структуры изделия, документов, моделей и чертежей и их статусе;

- данные о разработчиках;

- указания и требования, касающиеся финишной обработки и качества поверхностей готового изделия;

- данные о качестве изделий;

- данные об эксплуатации изделия.

Приведенный перечень не является полным и может быть расширен.

Многие из перечисленных типов данных требуют для своего представления сложных специфических информационных моделей, учитывающих семантику данных и правила работы с ними. Например, международные стандарты ИСО 10303 и ИСО 15384, регламентируют технологию представ-

ления данных об изделии и его компонентах на стадии проектирования и подготовки производства, стандарты ИЛП [DEF STAN 0060] – представление данных об изделии в контексте обеспечения эффективной эксплуатации, стандарты серии ИСО серии 9000 рассматривают данные о качестве изделий.

Ресурс – это совокупность материальных, финансовых, интеллектуальных или иных ценностей, используемых и расходуемых в ходе деятельности, связанной с разработкой, проектированием, производством или эксплуатацией изделия. Ресурсы, используемые в проекте, могут иметь различную природу, свойства и характеристики. Между ресурсами могут существовать отношения: заменяемости, когда один ресурс может заменить другой, и взаимозаменяемости, когда ресурсы могут заменять друг друга. Ресурсы могут быть простыми и составными и, соответственно, образовывать иерархические структуры.

Классификационные характеристики ресурсов

1. По типу физической природы
 - Материальный;
 - Финансовый;
 - Информационный;
 - Трудовой;
 - Временной;
 - Энергетический;
2. Другие
 - По характеру расхода и возобновления;
 - Не расходуемый (используемый);
 - Расходуемый, но возобновляемый;

- Расходуемый безвозвратно;
- По профилю доступности;
- Доступный постоянно;
- Доступный в соответствии с расписанием;
- По способу измерения величины;
- Измеряемый в количественных единицах;
- Измеряемый в логических единицах (есть/нет).

Структуры данных, описывающих ресурсы различного типа, регламентируются стандартом ИСО 15551.

Процесс (бизнес-процесс) – это совокупность последовательно или/и параллельно выполняемых операций, преобразующая материальный или/и информационный потоки в соответствующие потоки с другими свойствами. Бизнес-процесс протекает в соответствии с управляющими директивами, вырабатываемыми на основе целей деятельности. В ходе процесса потребляются финансовые, энергетические, трудовые и материальные ресурсы и выполняются ограничения со стороны других процессов и внешней среды.

Описание процесса может быть представлено как совокупность составляющих процесс операций, необходимых условий и ресурсов, входных и выходных потоков. Совокупность стандартизованных информационных моделей изделия, процессов и ресурсов образует единую интегрированную модель, обеспечивающую информационную поддержку задач, выполняемых в ходе ЖЦ. На каждой стадии ЖЦ требуется свой объем данных, определяемый содержанием решаемых. Совокупность этих данных можно трактовать как кон-

текстные информационные модели изделия, процессов и ресурсов, соответствующие стадиям ЖЦ изделия.

Например, на стадии проектирования и разработки используются данные об изделии, о процессе проектирования, о требуемых организационных и иных ресурсах. Информационная модель технологической подготовки производства трактуется как описание процесса, использующее данные об изделии и технологических ресурсах. Модель производства также может быть представлена как описание процесса, связанного с данными об изделии и потребных материальных, финансовых и иных ресурсах. Кроме того, частные информационные модели могут быть сформированы для специфических точек зрения (view), например "управление качеством" или "обеспечение эффективной эксплуатации".

Каждый класс данных может иметь свой набор "методов" работы, который образует "технологический" слой программного обеспечения – систему (или комплекс систем) управления данными, учитывающую их семантику, особенности организации и обеспечивающую высокоуровневый интерфейс обмена с прикладными системами.

Под технологией управления данными будем понимать комплекс методов, понятий (объектов), информационных моделей, правил использования, интерфейсов доступа к данным, необходимых и достаточных для работы с данным классом данных при решении различных задач в ходе ЖЦ изделия.

Модели данных (или их части) могут быть представлены с использованием различных технологий (ISO 10303-11 Express, ISO 8879 SGML и т.д.). При этом они должны

быть логически взаимосвязанными. При преобразовании данных из одной формы в другую объекты информационных моделей должны интерпретироваться однозначно (mapping). Один из вариантов такой технологии изложен в стандарте ИСО 18876. Приведение совместно используемых в ходе ЖЦ данных к единой стандартизированной информационной модели существенно упрощает построение интегрированной информационной системы, поскольку позволяет применять коммерческие (COTS) прикладные решения для различных конкретных задач.

Систематизация принципов и технологий построения интегрированных информационных систем поддержки ЖЦ сложной наукоемкой продукции необходима для формирования общей методической и системотехнической базы для решения данного класса задач.

Вопросы для самоподготовки:

1. В чем выражается повышение эффективности при внедрении CALS-технологий?
2. Как реализуется интегрированная информационная среда?
3. Какие особенности существуют при использовании электронного документооборота?
4. В чем заключается и как реализуется принцип параллельного инжиниринга?
5. Что предполагает применение концепции CALS-технологий?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ховарс Д., Легг С. Конструкторские базы данных /Пер. с англ. Д.Ф. Миронова. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.: ил.
2. Петров П.К. Моделирование / П.К.Петров. – М.: «Протон» - 2002 г.
3. Норенков И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий (CALS-технологии) / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
4. Колчин А.Ф. Управление жизненным циклом продукции / А.Ф. Колчин, М.В. Овсянников, А.Ф. Стрекалов, С.В. Сумароков. – М.: Анахарсис, 2002.
5. Имитационное моделирование: учебник для вузов / С.В. Ткаченко; под ред. С.В. Ткаченко. – М.: 2006.
6. Шабов И.К. Моделирование процессов / И.К. Шабов. – 2000.
7. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / под ред. А.Г. Братухина. – М.: ОАО НИЦ АСК, 2008.
8. Судов Е.В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения / Е.В.Судов, А.И. Левин, А.В. Петров, Е.В. Чубарова. – М.: "Информбюро", 2006.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 ПОНЯТИЕ БАЗЫ ДАННЫХ.....	9
1.1. Базы данных.....	9
1.2. Структура базы данных.....	13
1.3. Реляционные базы данных.....	14
1.4. Концептуальная модель базы данных.....	15
1.5. Физическая реализация базы данных (БД).....	16
ГЛАВА 2 БАЗЫ ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ.....	24
2.1. Роль и место базы данных в системах автоматизированного проектирования	24
2.2. Построение информационного обеспечения САПР	26
2.3. Проектирование баз данных	29
2.4. Работа с элементами данных в САПР.....	37
2.5. Проектирование реляционных баз данных с использованием семантических моделей	39
ГЛАВА 3 БАЗЫ ДАННЫХ В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТАХ.....	46
3.1. Инженерные базы данных.....	46
3.2. Единые базы данных - управленцу, конструктору, технологу, снабженцу.....	47

3.3. Электронные справочники - экономически выгодно, быстро, удобно	48
3.4. САПРы разные - справочники единые	49
3.5. Инженерная база данных для SOLIDWORKS	50
ГЛАВА 4 БАЗЫ ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	55
4.1. Перспективы применения CALS-технологий	55
4.2. Этапы жизненного цикла изделий и промышленные автоматизированные системы	57
4.3. Возникновение концепции CALS и ее эволюция	65
4.4. Концептуальная модель CALS	67
4.4. Базовые принципы CALS	69
4.5. Базовые управленческие технологии	78
4.6. Интегрированная логистическая поддержка (ИЛП).....	82
4.7. Базовые технологии управления данными и информационные модели	83
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	ОШИБКА!
ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.	

Учебное издание

Новокщенов Сергей Леонидович
Кондратьев Михаил Вячеславович
Корнеев Валерий Иванович

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
БАЗАМИ ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ

В авторской редакции

Компьютерный набор С. Л. Новокщёнова

Подписано к изданию 15.12.2015.

Объем данных 1,9 Мб.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 15