

Объектно-ориентированный подход  
в автоматизации проектирования

Масалович А.И., Информатика, 1991, N 3-4, Москва



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МЕЖОТРАСЛЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

# ИНФОРМАТИКА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Выпуск 3-4

Издается с 1976 г.

Москва 1991

### СОДЕРЖАНИЕ

#### Общие вопросы

- Скородумов С. В.* Интеллектуальные САПР в составе компактных производственных систем нового поколения . . . . . 3
- Масалович А. И.* Объектно-ориентированный подход в автоматизации проектирования . . . . . 8
- Гридин В. Н., Сперанский С. Н.* К вопросу об инструментальном обеспечении разработок интеллектуальных комплексных САПР . . . . . 12

#### Вопросы построения и использования инженерных баз данных и знаний

- Батурин А. Е.* Некоторые вопросы ведения информационных фондов в области проектно-конструкторской деятельности на ЭВМ . . . . . 18
- Гротова О. Н., Козлов В. А., Плотников С. А., Скородумов С. В.* Особенности разработки технологических баз знаний . . . . . 23

#### Инструментальные средства построения интегрированных САПР с интеллектуальными компонентами

- Зайцев В. Е., Лукашевич С. Ю.* Инструментальные средства для построения встроенных экспертных систем . . . . . 30
- Зайцев В. Е., Сухов С. В., Шевченко Т. Э.* Инструментальные средства для построения и использования инженерных баз данных . . . . . 41
- Бозриков А. О., Зайцев В. Е., Кузнецов П. Д.* Инструментальная система для интеграции и совместного использования компонент программно-информационного обеспечения САПР . . . . . 51

#### Конкретные разработки САПР на базе новых информационных технологий

- Исаев В. К., Скородумов С. В., Сухов С. В., Чернышов Л. Н.* КОМПО — интегрированная интеллектуальная система технологического проектирования . . . . . 61
- Васильев Ю. А., Сухов С. В., Чернышов Л. Н.* Объектно-ориентированная компонента геометрического моделирования в системе КОМПО . . . . . 69
- Зайцев В. Е., Исаев В. К., Лукашевич С. Ю., Хмелев А. К.* Опыт интеграции интеллектуальной компоненты в систему автоматизированного проектирования . . . . . 74
- Авдонюшкин А. Н., Бородастов Н. А., Наумов А. П.* Автоматизированная система обработки конструкций изделий машиностроения на технологичность . . . . . 80
- Реклама . . . . . 92

достигается в результате связывания с отдельными клавишами функций исполнения конкретных команд пользователя, представленных на экране в виде меню или перечня команд, за одно нажатие функциональной клавиши, что исключает указание команды курсором или набора команды клавишами. Информационное обеспечение в интегрированной системе создается и поддерживается системой управления базами данных СУБД аналогично многим известным базам данных.

Опыт применения интегрированной интеллектуальной системы КОМПО в составе компактной ПС, реализующей ТП послойного синтеза, показывает, что на основе таких систем можно эффективно решать проблемы развития малого предприятия при выпуске сложных изделий машино- и приборостроения. При этом разрабатываемые САПР могут создаваться на основе единого принципа построения диалоговой среды и расширения функциональных возможностей интегрированной системы.

Использование интегрированных интеллектуальных систем позволяет резко сократить затраты времени на создание прикладного ПО для компактных ПС, однако трудоемкость выполнения работ на стадии технического проектирования остается неизменной. Таким образом, качество САПР, создаваемых на основе интегрированной системы, в основном зависит от качества разработки проектных процедур и операций, а надежность систем повышается благодаря значительному уменьшению числа ошибок в их программном обеспечении.

Статья поступила в редакцию  
в мае 1991 г.

УДК 621.396.6.001.2:681.3

## **ОБЪКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**А. И. Масалович, канд. физ-мат. наук**

Рассматриваются возможности применения методов объектно-ориентированного программирования (ООП) в системах автоматизации проектирования электронной аппаратуры. Предлагаются пути развития ООП, позволяющие эффективно использовать его при построении крупных систем проектирования.

Объектно-ориентированный подход, нашедший свое наиболее полное и последовательное воплощение в программной системе Smalltalk и языке программирования С++, является в настоящее время весьма популярным. Такие преимущества ООП, как гибкость, легкость введения новых понятий, простота и естественность интерфейса с пользователем привлекают к нему внимание программистов, работающих в различных прикладных областях. Динамичное развитие индустрии персональных компьютеров и средств интерактивной машинной графики в последние годы также стимулирует возрастание активности работ в этом направлении. Весьма привлекательной поэтому представляется идея применения ООП в автоматизированном проектировании — одной из основных областей современной компьютерной индустрии. Однако прежде чем перейти к обсуждению путей достижения этой цели, необходимо определить, что такое объектно-ориентированное программирование и что такое объектно-ориентированная система.

### **Признаки объектно-ориентированных систем и определение ООП**

Анализ большого количества программных систем, базирующихся на объектно-ориентированном подходе, позволил выделить набор признаков, характеризующих такие системы. Сформулируем семь основных признаков объектно-ориентированных систем.

1. Объектно-ориентированная трактовка окружающей среды — предметная область трактуется как набор объектов, группируемых в классы в зависимости от их природы.
2. Наличие механизма наследования — при порождении конкретного экземпляра объекта он наследует признаки своего класса.
3. Активность объектов — определение класса содержит не только набор статических свойств объектов, но и комплекс процедур, описывающих их поведение.

4. Наличие так называемой "объектной памяти" — основной компонент которой таблица объектов.

5. Наличие механизма "посылки сообщений" — способ организации вычислительно-го процесса посредством взаимной активизации объектов.

6. Реализация концепций скрытия и абстракции данных.

7. Наличие механизма динамического связывания, т. е. средств установления новых отношений между объектами и классами в процессе работы.

Более подробно признаки объектно-ориентированных систем обсуждаются в [1]. В работе [2] показано, что модель организации данных, применяемая в объектно-ориентированных системах, может быть приведена к реляционной модели, а построенные на их основе системы запросов сравнимы по выразительности.

Приведенные выше признаки в той или иной степени присущи большинству объектно-ориентированных систем и позволяют достаточно достоверно определить принадлежность систем к ООП. Однако вопрос создания универсального определения ООП остается открытым по сей день. Наиболее употребимы следующие определения:

1. ООП — реализация принципов скрытия информации, абстракции данных, динамического связывания и наследования.

2. ООП — реализация концепций скрытия и абстракции данных.

3. ООП — программирование, использующее механизм наследования.

Наиболее строгим является первое определение, данное Д. Робсоном [3]. Второе определение горячо отстаивают многочисленные сторонники языков Ада, Си и других, стремясь обосновать возможность объектно-ориентированного программирования на этих языках. Такая трактовка вполне имеет право на существование, поскольку позволяет расширить круг программистов, применяющих принципы ООП. Однако наиболее предпочтительным для практической работы представляется третье определение, данное Б. Страуструпом, одним из авторов языка С++ [4].

С точки зрения разработчика программного обеспечения можно выделить следующие положительные стороны ООП:

1. Объектно-ориентированные системы проще в разработке и меньше по объему, нежели аналогичные системы, разработанные традиционным способом.

2. Объектно-ориентированные системы проще в использовании, поскольку поддерживают привычную для пользователя среду понятий и действий над объектами. Кроме того, они позволяют реализовать возможности расширения пользовательского контекста и введения новых понятий.

3. В рамках ООП естественным образом реализуются концепции санкционированного доступа и защиты данных, что особенно важно при разработке интерактивных компонентов больших систем.

4. Данный подход обеспечивает четкую регламентацию действий, допустимых над объектами, что позволяет контролировать и однозначно интерпретировать действия пользователя при работе в интерактивном режиме.

Перечисленные преимущества представляют несомненный интерес для разработчиков интерактивных систем, в частности систем автоматизированного проектирования. Однако для эффективного использования методов ООП в САПР необходима их существенная модификация вследствие специфичности предметной области.

#### **Развитие ООП применительно к автоматизированному проектированию**

Попытки применения ООП в создании систем автоматизированного проектирования предпринимались еще в начале 80-х годов. Однако объектно-ориентированные системы проектирования были медленны, громоздки и неэффективны и коммерческого успеха не имели. Основная причина этого крылась в различии моделей предметной области, применяемых в ООП и в САПР. Модель предметной области традиционных объектно-ориентированных систем характеризуется следующими параметрами:

сравнительно большое (до десятков и сотен) число одновременно существующих классов объектов;

сравнительно малое (до тысячи) число отдельных объектов;  
 сложное поведение объектов, описываемое десятками процедур;  
 сложный характер взаимодействия объектов.

Модель же предметной области САПР имеет характеристики, существенно отличающиеся от приведенных выше:

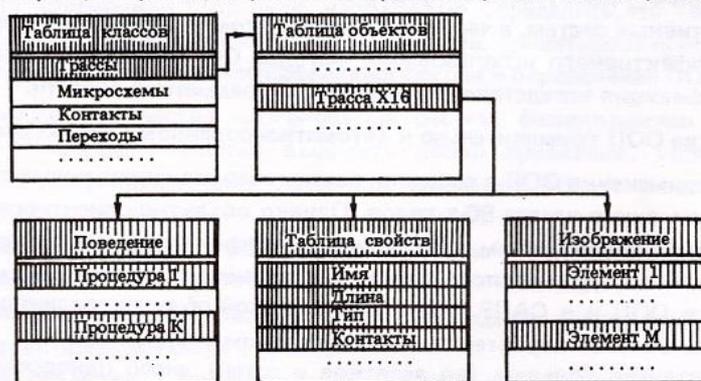
небольшое (как правило, до 20) число базовых понятий — классов;  
 большое (до миллиона) число элементарных объектов — электрических соединений, контактных площадок, элементов конструкции и т. д.;  
 сравнительно простой характер взаимодействия объектов;  
 необходимость интенсивной работы с изображением объектов — размещение, редактирование, перемещение, удаление объектов и их частей и т. д.

Неудивительно поэтому, что при повышении степени интеграции проектируемых узлов объектно-ориентированные компоненты САПР начинали работать неэффективно и сводили на нет все преимущества ООП.

Для преодоления рассмотренного выше несоответствия предлагается модифицировать объектно-ориентированный подход в двух основных направлениях, с одной стороны — упростить механизм описания поведения объектов, а с другой — разработать самостоятельную подсистему редактирования изображений объектов и включить ее в состав объектно-ориентированной системы.

Каким образом можно упростить способы задания набора операций, допустимых над динамически порождаемыми типами объектов? Анализ большого количества задач проектирования показал, что в целом ряде случаев базовый набор операций над объектами проектирования известен заранее. Определение новых классов объектов сводится по существу к заданию конкретного подмножества допустимых над ними операций. Например, если мы модифицируем САПР печатных плат для перехода от сквозной к послойной металлизации, то мы должны определить новый класс объектов — послойные переходы. Их параметры отличаются от параметров ранее определенных объектов. Однако набор операций над новыми объектами остается прежним и не расширяется. Таким образом, в ряде случаев в системах проектирования средства расширения набора базовых операций можно исключить. Вместо них заранее определяется достаточно широкий набор операций, а при описании новых классов указывается конкретное подмножество допустимых над ними действий.

Организация подсистемы графической обработки изображений объектов — более сложная задача. Для ее решения необходимо переопределить само понятие объекта — ключевое понятие ООП. Определим объект как экземпляр соответствующего класса — определяемый кортежем значений параметров (свойств), множеством процедур обработки (поведением) и списком геометрических элементов, образующих графический образ объекта (изображения). При таком подходе изображение объектов различных классов, независимо от их природы, можно хранить и обрабатывать единообразно, т. к. это принято в обычных графических редакторах. Структура объектной памяти системы, использующей приведенную выше трактовку объектов, приведена на рисунке.



Структура объектной памяти системы проектирования

Фактически объектная память представляет собой реляционную СУБД, содержащую пять основных типов таблиц, — таблицы классов, объектов, процедур, свойств объектов и элементов изображения. Взаимосвязь таблиц на рисунке показана на примере задачи редактирования трассировки соединений интегральной схемы. Помимо перечисленных реляционных таблиц объектная память системы хранит структуры доступа, ориентированные на эффективное выполнение основных запросов, характерных для интерактивного редактирования изображений, а именно алгоритмов прямого и обратного двумерного интервального поиска. Такая графическая ориентация составляет основное отличие предлагаемой схемы от традиционных реляционных СУБД, применяемых в САПР

Организация объектной памяти — основа объектно-ориентированной системы. Однако это еще не все. Для реализации системы необходимо решить вопросы организации интерфейса системы проектирования с конечным пользователем.

#### **ООП — основа построения интеллектуального интерфейса САПР**

Анализируя характер действий разработчика в процессе проектирования нового изделия, можно заметить, что его деятельность носит объектно-ориентированный характер. Разработчик принимает решения, находясь в среде достаточно определенных и различимых объектов, семантика которых определяется особенностями задачи. Таким образом, целесообразно строить средства диалоговой поддержки в виде инвариантного к предметной области ядра и набора обрабатывающих программ, настраиваемых на конкретный контекст.

Ядро такой системы составляет пакет программ доступа к проектным данным, находящимся в "объектной памяти" системы. Объекты характеризуются типом, набором значений атрибутов, изображением и положением на рабочем поле. Объекты можно иерархически связывать. Тип объекта показывает, какому понятию предметной области он соответствует, и определяет набор его атрибутов. Совокупность доступных в данный момент типов данных образует контекст проектирования, характеризующий предметную среду пользователя. Понятие контекста позволяет выделить в составе диалоговой подсистемы САПР проблемные модули, оперирующие с заранее определенным типом проектных данных, и исследовательские модули, снабженные средствами расширения контекста. Диалоговая подсистема обменивается данными с базой данных интегрированной САПР, обеспечивая пользователям возможность общения с программами разных этапов проектирования. Более подробно построение объектно-ориентированной диалоговой подсистемы САПР рассматривается в [5].

#### **Объекты проектирования как абстрактный тип данных**

Система, построенная описанным выше образом, обеспечивает скрытие физического представления объекта от верхнего — пользовательского уровня и от проблемных модулей САПР. Любая программа может получить доступ к содержимому объектной базы, только обратившись к одной из программ доступа, связанных с требуемым типом объектов. Таким образом, совокупность объектов каждого типа, хранимых в объектной базе, есть не что иное как воплощение абстрактного типа данных. От абстрактных типов данных традиционных языков программирования объекты САПР отличает явно выделенная графическая природа.

#### **Реализация объектно-ориентированной системы автоматизированного проектирования**

Изложенный в данной статье подход был последовательно реализован при создании диалоговой подсистемы промышленной САПР БИС. Первоначально система была реализована на ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ. Включение в состав САПР объектно-ориентированной подсистемы позволило решить ряд новых проектных задач:

- увеличить степень интеграции проектируемых интегральных схем;
- адаптировать САПР к новой технологии КМОП БИС;
- обеспечить единообразный интерфейс пользователя при проектировании узлов различных конструктивных уровней.

В настоящее время графическая система реализована на персональных ЭВМ типа IBM PC AT. Ее основными компонентами являются многоцелевой графический редактор КЕДР и система формирования и контроля технологической документации. Успешное совместное использование названных подсистем с такими пакетами как P-CAD и МАГИСТР подтвердило перспективность включения объектно-ориентированных систем в САПР.

1. Масалович А. И. Объектно-ориентированное программирование и его применение в САПР печатных плат. // Мир ПК, 1989. № 3. С. 117–121.
2. Фути К., Судзуки Н. Языки программирования и схемотехника СБИС: Пер. с япон. — М.: Мир, 1988.
3. Robson D., Tesler L. The Smalltalk Environment // Byte. — 1981. — Vol. 6 — N. 8. P. 90–117.
4. Stroustrup B. WHOOPS ? // Dr. Doobs J. — 1988. — N. 5, P. 115–116.
5. Масалович А. И. Интеллектуальный интерфейс САПР БИС.: Материалы Международной школы "Новые информационные технологии в проектировании". — Минск, БГУ, 1991. С. 57–58.

Статья поступила в редакцию  
в мае 1991 г.

УДК 681.3.06.001

## К ВОПРОСУ ОБ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ РАЗРАБОТОК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ САПР

В. Н. Гридин, д-р техн. наук; С. Н. Сперанский

Рассматривается проблематика и специфика инструментального обеспечения разработок комплексных САПР с интегрированными информационными ресурсами и элементами искусственного интеллекта.

В САПР (CAD/CAM), как и в некоторых других проблемных областях, в последнее время за рубежом получили распространение СОЗ (системы, основанные на знаниях) и программное обеспечение для них трех типов:

прикладные системы: в САПР МЭА — GATE ARRAY WORKSYSTEM (TECTRONIX), GATEMASTER (DAISY SYSTEMS), CARDS и AUTOLAYOUT (SIL-VAR-LISCO) и др., в том числе DDL/SX, RUBICC, VERIFY, BRAVO VLSI, CV);

предметно- или проблемно-ориентированные оболочки, в том числе: KDS3 (KDS Corp.), Personal Consultant (Texas Instr.), Guru (Micro Data Base Syst. Inc.), Nexpert Object (Neuron Data), KES (Control Data Corp.), Expert R (Coyne Kalaj Inc.) и др.;

инструментальные комплексы для разработки прикладных СОЗ, такие как ART (Inference Corp.), KEE (Intelli-Corp.), Knowledge Craft (Carnegie Group Inc.) и им подобные.

Наиболее эффективные из перечисленных систем и построенные на их основе комплексы обладают большой наукоемкостью и сложностью. Они широко используются в САПР, в том числе САПР МЭА, однако системы такого рода отличаются также высокой ценой, а продукт, полученный с их помощью, находится в основном в исключительном пользовании фирм-разработчиков. Большинство из этих систем и продуктов не является предметом экспорта в СССР.

В данной статье рассматриваются некоторые актуальные вопросы реализации программного и методологического обеспечения комплекса инструментальных средств информационной и интеллектуальной поддержки процессов автоматизированного проектирования. Предлагаемый подход основан на дальнейшем развитии прикладного математического аппарата метода концептуального моделирования объектов управления и проектирования в направлении создания гибридной логико-производственно-процедурной логической машины.