

УДК 658.512.22

И.В. Горбачев, А.Ф. Похилько

ИНФОРМАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПРОЦЕДУР В ФУНКЦИОНАЛЬНО АДАПТИРОВАННОЙ ФОРМЕ

Горбачев Иван Владимирович, окончил радиотехнический факультет Ульяновского государственного технического университета, аспирантуру кафедры «Системы автоматизированного проектирования» УлГТУ. Ассистент кафедры САПР УлГТУ. Имеет публикации в области информационных технологий. [i.gorbachev@ulstu.ru].

Похилько Александр Федорович, кандидат технических наук, доцент, окончил факультет технической кибернетики Ленинградского политехнического института им. М.И. Калинина. Профессор кафедры САПР УлГТУ. Имеет публикации в области анализа и синтеза систем автоматизированного проектирования. [afp@ulstu.ru].

Аннотация

В статье рассматриваются структура функционально адаптированной САПР (ФА САПР) и принципы работы с ней. На примерах сравнивается процесс построения таких систем с классическим способом программирования.

Ключевые слова: интегрированная среда, проектная деятельность, проектные решения, автоматизация, САПР.

Abstract

The article deals with the structure of a functionally adapted CAD system and principles of its operation, and compares process of creation of such systems and standard programming ways.

Key words: integrated environment, design activity, design decisions, automatization, CAD.

ВВЕДЕНИЕ

Достижение интероперабельности остается серьезной проблемой, создающей трудности для полноценного обмена результатами проектной деятельности между различными САПР. Предлагаемые на данный момент подходы к решению данной проблемы не могут быть реализованы по нескольким причинам: все автоматизированные системы твердотельного проектирования никогда не будут иметь в точности одинаковый набор конструктивных элементов, так как потеряют свои конкурентные преимущества так же, как невозможно в рыночных отношениях заставить всех пользоваться только одной и той же САПР [1].

Другим подходом, используемым в настоящее время для обмена решениями, являются стандарты обменных форматов. Самый распространенный из используемых формат стандарта STEP (ISO 10303 STEP) позволяет передать конечную геометрическую модель объекта из одной системы в другую, но обмениваться таким способом возможно только геометрией модели. Логику (дерево) построения модели передать таким способом невозможно [2]. Поэтому при необходимости внести в модель изменения возникают трудности из-за дополнительных временных и финансовых затрат.

Следовательно, проблема обмена решениями в распределенной среде САПР на сегодняшний день остается нерешенной.

В рамках проводимой исследовательской работы предлагается передавать геометрическую модель проектируемого объекта вместе с функционалом, который позволяет

ее построить, то есть в виде небольшого программного модуля, содержащего только необходимый для решения текущей задачи набор функциональности – в виде функционально адаптированной САПР [3]. За счет включения в ФА САПР конвертора STEP модель можно передать в любую другую систему. Если возникает необходимость внести в модель изменения, то ФА САПР обладает достаточным функционалом для этого.

ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО АДАПТИРОВАННОЙ САПР

ФА САПР – это система проектирования определенно-го класса технических объектов, требующих для своего построения один набор функциональности. В такой системе отсутствует избыточность функциональности для минимизации системы в размерах для возможности передачи ее посредством сетей обмена данных, так как время передачи данных зависит от размеров передаваемой информации, и существуют ограничения для получателя в возможностях по изменению модели проектируемого объекта. Таким образом, результат проектной деятельности передается вместе с инструментом, в котором данный результат был получен.

Построение ФА САПР осуществляется средствами интерактивной среды построения функционально адаптированных САПР (ИСП ФА САПР). На рисунке 1 представлены основные подсистемы среды. Каждая подсистема представляет собой процессор, отвечающий за обработку проектных процедур определенного типа: например, подсистема 3D-проектирования обрабатывает процедуры построения трехмерных геометрических моделей, то есть



Рис. 1. Структура ИСП ФА САПР

является графическим процессором; подсистема математических расчетов является математическим процессором, и т. д.

Структура функционально адаптированной САПР повторяет структуру ИСП ФА САПР за некоторыми исключениями. Во-первых, в ней отсутствует подсистема генерации ФА САПР. Во-вторых, остальные подсистемы представляются в функционально адаптированной форме и возможен вариант, когда какая-то из них также может отсутствовать в ФА САПР. При компиляции приложения среда построения формирует три модуля:

- Исполняемый модуль – представляет собой графический интерфейс пользователя с функциями вызова функций графического ядра, областью моделирования (отображения) трехмерной модели проектируемого объекта, деревом построения объекта, средствами редактирования прочих проектных операций (редактирования табличных данных, математических расчетов и др.).

- Библиотеки функций подсистем – набор перекомпилированных библиотек, из состава которых удалена избыточная функциональность.

- База данных проекта – включает в себя информацию о функциях, использованных при разработке информационной модели проектируемого объекта, соответствующем им наборе функциональности, и связях, отражающих последовательность построения информационной модели объекта.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЕКТА

Модель проекта в данной системе описывается множеством проектных операций и проектных параметров:

$$Pr = \{PrO, Pr\Pi\},$$

где $Pr\Pi = \{Pr\Pi_1, Pr\Pi_2, \dots, Pr\Pi_N\}$ – множество проектных параметров,

$$PrO = \{PrO_1, PrO_2, \dots, PrO_N\}$$
 – множество проектных операций.

Каждая проектная операция описывается множеством операций и множеством параметров:

$$PrO = \{O, Vx\Pi, Vых\Pi\},$$

где $Vx\Pi = \{Pi_1, Pi_2, \dots, Pi_N\}$ – множество входных проектных параметров,

$$Vых\Pi = \{Pi_1, Pi_2, \dots, Pi_N\}$$
 – множество выходных проектных параметров,

$$O = \{O_1, O_2, \dots, O_N\}$$
 – множество всех проектных операций.

Каждая проектная операция представляет собой набор некоторых процедур, которые обрабатываются процессорами определенного типа:

- текстовым (T);
- табличным ($Tб$);
- математическим (M);
- интерактивного ввода данных (B);
- геометрическим (G);
- обработки ветвлений (условий) (Y);

В соответствии с типами процессоров $O = (T, Tб, M, B, G, Y)$ – совокупность всех типов операций.

С другой стороны, операции могут строиться из конечного числа операционных процедур $O = (P_1^k, P_2^k, \dots, P_N^k)$ определенного типа. Использование процедур разных типов в одной операции не допускается – каждый тип проектной операции создается и обрабатывается только в своем процессоре (подсистеме).

Информационная модель технического объекта, таким образом, представляет собой последовательность процедур (из которых состоят проектные операции), которые необходимо выполнить для получения решения. Поэтому такая модель может быть описана как процессная ICOM-модель [4].

Модель, описывающая процесс проектирования в терминах ICOM, представлена на рисунке 2. На вход работы

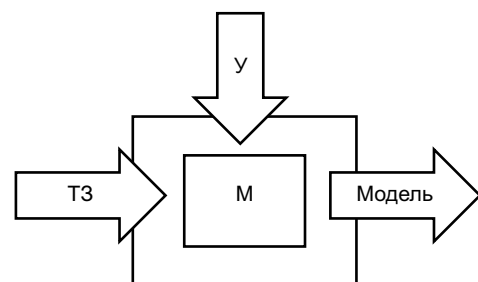


Рис. 2. ICOM-модель проекта

поступает техническое задание на проектирование технического объекта (ТЗ). ТЗ описывается как множество входных параметров и условий:

$$ТЗ = (A, Усл^T),$$

где $A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$ – множество входных параметров,

$Усл^T = \{Усл_1^T, Усл_2^T, \dots, Усл_M^T\}$ – множество технических условий, накладываемых техническим заданием. Следует отметить, что построенное решение, соответствующее этим условиям, будет правильным.

$У$ – управление, представляет собой набор средств пользовательского интерфейса, который проектировщик использует при проектировании.

Модель (модель технического объекта) – результат проектирования, представленный в виде конкретного решения (конкретной модели), то есть информационная модель с последовательностью проектных операций, с присвоенными значениями параметров, откомпилированная и представленная в виде программного модуля (в виде ФА САПР).

Так как каждая ФА САПР представляется в виде конкретного проекта, то M – механизм, представляет собой упорядоченную последовательность проектных операций $ПрО$, формирующуюся в процессе проектирования:

$ПрО = \{ПрО_1, ПрО_2, \dots, ПрО_N\}$ – множество всех проектных операций.

В простейшем случае, совокупность всех используемых проектных операций выстраивается в линейную последовательность. Декомпозиция такого процесса представлена на рисунке 3.

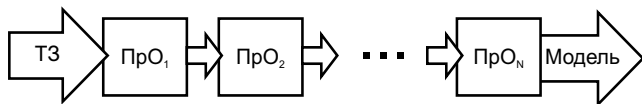


Рис. 3. Декомпозиция модели проекта

Другим атрибутом проекта являются проектные параметры ($ПрП$). Проектные параметры осуществляют логическую связь между проектными операциями [4]. Проектные параметры могут принимать значения как числовых переменных, так и других типов данных (например, тип материала, нарисованный эскиз, выбранная грань и прочее).

Некоторая последовательность проектных операций может быть объединена в проектную процедуру. Проектная процедура, таким образом, создается из типизированных фрагментов (проектных операций), которые необходимо выполнить, чтобы создать некоторое описание технического объекта и сохранить его в базе данных. В состав такой процедуры могут войти операции различных типов (обрабатываемые различными процессорами). Проектная процедура может отвечать за проектирование какой-то части технического объекта и должна быть названа понятным проектировщику именем (например, проектная процедура «Проектирование корпуса амортизатора» будет включать в себя все расчетно-графические операции, необходимые для выполнения данной процедуры, в том числе выбор данных из таблиц, интерактивный ввод данных и т. д.).

Вызов из базы данных проектной процедуры повлечет за собой исполнение каждой из включенных в нее проектной операции. Таким образом, операция может быть проинтерпретирована как фрагмент исполняемого кода программы, который генерируется и обрабатывается автоматически.

АПРОБАЦИЯ

В рамках исследований разработаны две программы для решения одной типовой задачи, на которые получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ [5, 6].

Первое решение [5] получено с использованием обычного способа программирования (прямое кодирование на языке C++).

Данная программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- ввод технологических параметров;
- расчет и вывод на экран полученных значений;
- построение трехмерных геометрических моделей проектируемых объектов;
- экспорт полученных моделей в обменный файл формата STEP.

Данное программное решение построено с использованием геометрического ядра Open CASCADE. Все переменные и методы описаны в рамках языка программирования C++ в среде Visual Studio 2005. Очевидно, что разработчиком подобного программного решения может быть только человек с хорошими навыками программирования, т. е. программист. Внести изменения в данное решение возможно только программисту при наличии у него исходного кода, но в откомпилированное решение внести какие-либо изменения невозможно.

Второе программное решение [6] строится с использованием интерактивной среды построения функционально адаптированных САПР [3, 4].

Данная программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- добавление, изменение и удаление переменных;
- задание значений переменным;
- открытие математического отчета для его изменения либо запуска расчетных процедур;
- внесение изменений в геометрические модели 3D-объектов;
- построение трехмерных моделей проектируемых объектов;
- экспорт полученных моделей в обменный файл формата STEP.

Процесс создания ФА САПР отличается от построения предыдущего решения как по способу его получения, так и по навыкам, необходимым разработчику. В данном случае требуются сугубо инженерные знания и понимание объекта, который нужно спроектировать. Инженеру требуется понять, в какой последовательности необходимо выполнять работу, затем последовательно построить математический расчет (средствами математической среды) и геометрическую структуру (т. е. трехмерную геометрическую модель проектируемого объекта). По ходу всего этого процесса нужно объявлять (визуальными

средствами) необходимые переменные и связывать их с соответствующими переменными в математическом расчете (математическая подсистема, на данный момент обособлена и позволяет взаимодействовать только на уровне связывания соответствующих переменных) и элементами геометрической модели проектируемого объекта.

Для регистрации программного решения в РОСПАТЕНТ требуется представлять исходный код программы (фрагменты исходного кода). Очевидно, что для регистрации первого решения было достаточно представить фрагменты кода, описывающие процедуры объявления переменных, расчета и построения геометрии модели (только они являются уникальными).

Оформление документов для второго решения в этом плане несколько отличается. В комплект документов были включены текст математического расчета, протокол команд на языке C++, представляющий собой структурированную последовательность команд построения геометрии (соответствующих дереву построения), объявленные на языке C++ переменные (с указанием их типа), присвоенные начальные значения этих переменных и установленные связи переменных с переменными математической среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение приведенных решений показывает, что в первом случае все расчетно-графические процедуры представляют собой монолитный кусок исходного кода, не доступный для редактирования. Второе решение представляет собой совокупность различных фрагментов исходного кода вместе с инструментарием по его редактированию (средствами изменения трехмерной модели объекта и расчетных процедур), то есть решение может быть адаптировано.

Построение инструментов проектирования с использованием технологии функционально адаптированных САПР позволяет перейти на другой тип взаимодействия между разработчиком (программистом) и проектировщиком (пользователем), где проектировщик сам может строить инструмент для автоматизации своей проектной деятельности, оставаясь в рамках своих непосредственных навыков и знаний. С другой стороны, учитывая возможности формирования условий в такой системе [4], становится возможным говорить и о сохранении в ФА САПР методики проектирования, не позволяющей конечному пользователю

выходить за рамки ограничений, заложенных при построении системы и запрещающих нарушать эти условия при работе с ней. То есть гарантируется адекватность получаемых решений (результатов работы с ФА САПР) независимо от квалификации конечного пользователя. Ограничение функциональности в таком контексте приобретает дополнительное назначение: ограничить пользователя не только правилами, но и доступным функционалом, еще более четко заставив оставаться его в рамках решаемых задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гамильтон П. Азбука технологий моделирования в MCAD-системах. Ч. III. Как технологии MCAD влияют на процесс разработки изделия / Пол Гамильтон // CAD/CAM/CAE Observer. – 2008. – № 2 (38). – С. 34–36.
2. Горбачев И. В. Создание и представление приложений в интегрированной среде САПР / И. В. Горбачев, Ю. В. Таратухин, А. Ф. Похилько // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. / под ред. А. И. Громыко, А. В. Сарафанова. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2005. – С. 540–541.
3. Горбачев И. В. Технология представления модели в функционально адаптированной САПР / И. В. Горбачев, А. Ф. Похилько // Автоматизация процессов управления. – 2008. – № 3 (13). – С. 39–43.
4. Горбачев И. В. Структура формального представления процесса проектирования в функционально адаптированной САПР / И. В. Горбачев, А. Ф. Похилько // Инфокоммуникационные технологии. – 2010. – № 1. – С. 75–78.
5. Горбачев И. В., Похилько А. Ф. САПР Матрица и Пуансон // РОСПАТЕНТ. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009615003 от 14.09.2009.
6. Горбачев И. В., Похилько А. Ф. Адаптируемая САПР Матрица и Пуансон // РОСПАТЕНТ. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010610868 от 27.01.2010.
7. Похилько А. Ф. Формализация и анализ процессов проектирования технических объектов / А. Ф. Похилько, А. А. Масляницын, А. В. Удовиченко, А. А. Куприянов // Автоматизация процессов управления. – 2006. – № 2 (8). – С. 132–137.