

## СТРУКТУРА ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ САПР И СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Молдованов А.В.  
Кафедра ЭВМ, ДонГТУ  
mold@cs.dgtu.donetsk.ua

### Abstract

*Moldovanov A.V. The structure of an integrated system of CAD and simulation system for dynamic systems. The structure of an integrated system, including CAD and simulation environments for dynamic systems is considered. The system consists of the three main subsystems: CAD, simulation and user interface. The structure and functions of the main subsystems are defined.*

### Введение

Моделирование проектных решений на всех стадиях автоматизированного проектирования сложных динамических систем (ДС) является основным фактором обеспечения высокого качества проектов. Однако современные САПР динамических систем не имеют встроенных средств моделирования. Поэтому невозможно применение моделирующих сред для моделирования объектов проектирования с рабочих мест САПР и под управлением средств проект-менеджмента [1, 2]. Объединение САПР и моделирующей среды в единую систему позволило бы повысить уровень модельной поддержки и системной организации проектирования ДС.

При такой интеграции необходимо рассмотреть следующие аспекты проблемы:

- обеспечение модельной поддержки на всех уровнях проектирования;
- интеграция на уровне языков спецификаций;
- интерактивность моделей и средств проектирования;
- аппаратная интеграция;
- информационная интеграция;
- программная интеграция;

Основными принципами интеграции должны быть: модельное сопровождение и поддержка всех этапов проектирования, соответствие структуры модели структуре проектируемого объекта, единый пользовательский интерфейс.

### Структура интегрированной системы

Структура интегрированной системы (рис. 1) следует из сформулированных выше принципов интеграции. Основными компонентами такой системы являются подсистемы автоматизированного проектирования (САПР), моделирования и диалога.

В САПР выполняется проектирование объекта, заключающееся в создании спецификации с использованием функций и средств данной подсистемы, т.е. разрабатывается техническое задание, определяются технические требования, описывается программно-аппаратная структура объекта, задаются параметры компонентов. Сформированная таким образом спецификация объекта проектирования далее преобразуется транслятором в модель. При создании модели используется информация о структуре и параметрах объекта, содержащаяся в исходной спецификации.

Затем выполняется моделирование, результаты которого передаются конечному пользователю с помощью подсистемы диалога. Эта же подсистема предоставляет доступ к САПР и моделирующей среде, а также позволяет управлять процессом трансляции. Таким образом, можно выделить два аспекта интеграции: внутренний и внешний. Интеграция на внутреннем уровне означает, что обеспечивается согласование структур данных, которыми обмениваются компоненты системы. Внешний (диалоговый) аспект интеграции состоит в предоставлении унифицированного по форме и универсального по содержанию пользовательского интерфейса, представляющего как единое целое совокупность различных по функциям подсистем.

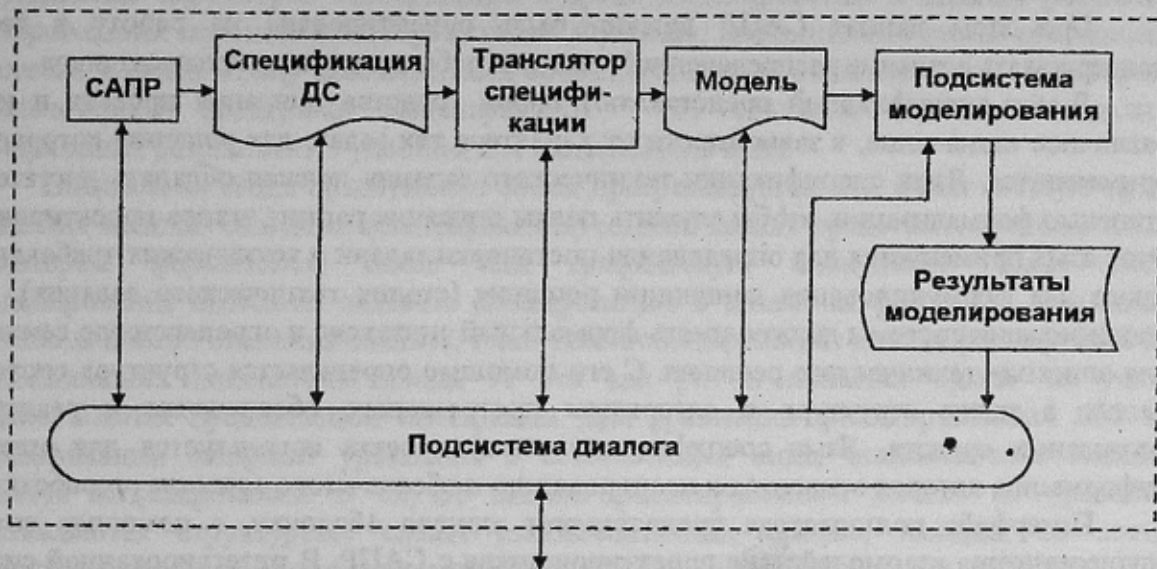


Рис. 1 Интегрированная система

### Подсистема автоматизированного проектирования

В качестве подсистемы автоматизированного проектирования целесообразно использовать САПР, предназначенную для проектирования АС и обладающую как можно более полным набором реализуемых методов проектирования. Для осуществления интеграции важно также, чтобы эта подсистема была открытой в части спецификации разрабатываемого объекта, т.е. обладала средствами неформального описания. САПР АС должна включать в себя:

- языки спецификаций, а именно: язык спецификации технического задания (для так называемого «технического проектирования», т.е. для формулировки технического задания и требований), язык спецификации системы (для проектирования компонентов и структуры системы) и язык спецификации плана проекта (для управления проектом);
- функции синтаксического анализа информации, заданной с помощью языков спецификаций;
- банк данных проекта, в котором хранится вся введенная посредством языков спецификаций информация;
- служебные программы, осуществляющие обработку банка данных и визуализацию результатов.

Служебные программные средства реализуют следующие функции:

- анализ синтаксических и семантических ошибок в спецификациях;
- поддержка различных методов проектирования;
- автоматическое генерирование документации и программных кодов на заданном языке программирования;



- поддержка управления проектом и планированием работ.

Принцип работы при реализации проекта с помощью САПР состоит в следующем. Участники проекта формируют исходную обрабатываемую информацию (например, постановку задачи, структуру проекта, концепцию технического решения, проект системы с информационными и управляющими потоками) с помощью языков спецификаций. При этом применяется встроенный в систему текстовый редактор или средства графического ввода. По этой информации создается банк данных проекта, который затем обрабатывается с помощью системных программных средств. Результаты обработки в зависимости от их вида и выбора пользователя выводятся на дисплей, принтер или графопостроитель.

При этом данная САПР должна быть ориентирована на работу в сети и поддерживать создание распределенной системы рабочих мест проектировщиков.

Языки спецификаций представляют собой средства описания проекта и имеют различное назначение, в зависимости от характера тех задач, для решения которых они применяются. Язык спецификации технического задания должен обладать достаточной степенью формализации, чтобы служить целям описания ранних этапов проектирования. Этот язык применяется для определения постановки задачи и технических требований, а также для формулирования концепции решения (стадия технического задания). Язык спецификации системы должен иметь формальный синтаксис и определенную семантику для описания технического решения. С его помощью определяется структура системы в целом, а также структура и алгоритмы программного обеспечения и реализация аппаратных средств. Язык спецификации плана проекта используется для описания информации, которая относится к планированию и обеспечению качества разработки.

Интерфейс пользователя предоставляет единую оболочку, с помощью которой осуществляется взаимодействие проектировщиков с САПР. В интегрированной системе функции пользовательского интерфейса САПР являются частью подсистемы диалога, речь о которой пойдет ниже.

### *Подсистема моделирования*

Назначение данной подсистемы заключается в обеспечении возможности проверки правильности проектных решений, выраженных на языках спецификации САПР. Для этого подсистема моделирования должна обладать развитыми средствами описания модели, обширной библиотекой численных алгоритмов, эффективными средствами визуализации результатов. Кроме того, при моделировании сложных динамических систем, описываемых десятками систем уравнений, требуется также и достаточное быстродействие.

По способу описания модели существующие моделирующие среды можно разделить на два вида: среды с блочно-ориентированными (БО) и уравнение-ориентированными (УО) языками моделирования (ЯМ). В настоящее время наблюдается тенденция применения блочно-ориентированного графического интерфейса в тех системах, которые раньше использовали исключительно уравнение-ориентированную форму представления моделей (например, язык моделирования ACSL). Достоинство блочно-ориентированного интерфейса заключается в его наглядности и относительной простоте освоения.

Подсистема моделирования, необходимая при проектировании автоматизированных систем, должна обладать следующими свойствами:

- моделирование линейных и нелинейных динамических систем;
- моделирование непрерывных, дискретных и смешанных систем;
- поддержка иерархической структуры модели;
- поддержка различных численных методов;

- возможность графической визуализации результатов модельного эксперимента, а также записи этих результатов в файл;
- удобный графический интерфейс, облегчающий ввод и корректировку моделей;
- открытость системы.

В общем случае система моделирования (СМ) состоит из подсистемы ввода модели, транслятора, компоновщика готовой к запуску модели, библиотеки численных алгоритмов, среды моделирования, базы данных результатов моделирования и подсистемы визуализации (рис. 2). Подготовка и проведение модельного эксперимента заключаются в создании исходной спецификации модели с помощью подсистемы ввода, определении параметров эксперимента в среде моделирования и анализе результатов, отображенных подсистемой визуализации. Функции, выполняемые всеми компонентами системы, и связи между компонентами ориентированы на решение задачи всесторонней компьютерной поддержки моделирования – от создания описания модели до отображения результатов в удобном для пользователя виде.

Подсистема ввода представляет собой программную среду, облегчающую процесс создания модели. Описание (спецификация) модели может представлять собой текст на некотором формальном языке или графическую блок-схему. Если система моделирования позволяет задавать спецификацию в дисковом файле, то, при наличии математического описания объекта, текст такой спецификации можно формировать и без использования подсистемы ввода. А это как раз и является одним из условий осуществления предлагаемой интеграции. Для уравнение-ориентированных ЯМ текст спецификации содержит уравнения в естественном виде, описывающие поведение объекта моделирования. В случае блочно-ориентированных языков по уравнениям составляются структурные схемы взаимосвязанных блоков, каждый из которых выполняет некоторую математическую операцию, включая воспроизведение нелинейных функций. В проблемно-ориентированных ЯМ используются блоки, соответствующие базовым компонентам данной предметной области (например, химические реакторы, нагреватели, двигатели, редукторы и т.п.). Наиболее наглядным способом создания модели является ее графическое изображение, т.е. размещение функциональных блоков (ФБ) на плоскости и определение связей между ними. Поэтому подсистема ввода, поддерживающая визуальное проектирование моделей в блочном виде, обеспечивает максимально удобные для человека условия работы. Это положение не теряет своей актуальности и применительно к интегрированной системе. Несмотря на то, что модель формируется автоматически по спецификации объекта в САПР, представляется целесообразным предусмотреть возможность ее непосредственной корректировки пользователем.

Транслятор осуществляет преобразование исходной спецификации модели в определенное внутреннее представление (ВП). Основными функциями транслятора являются лексический и синтаксический анализ, а также формирование структур данных, содержащих описание структуры и параметров модели, т.е. ее внутреннее представление. Особенности реализации транслятора зависят как от применяемого языка моделирования, так и от подхода, использовавшегося при построении системы моделирования в целом. При функционально-ориентированной организации СМ формирование внутреннего представления модели заключается в создании структур, описывающих функциональные блоки исходной спецификации и связи между ними (для БО языков моделирования) или параметры систем уравнений (для УО языков). В случае объектно-ориентированного (ОО) подхода к организации системы моделирования, формируются внутренние объекты СМ, соответствующие объектам, из которых составлена модель (уравнения или функциональные блоки). При этом внутренние объекты содержат не только информацию о параметрах блоков или уравнений, но и процедуры обработки этой информации. Использование ОО подхода наиболее



эффективно для блочно-ориентированных ЯМ, так как в этом случае структура внутреннего представления соответствует структуре исходной спецификации модели.

Компоновщик предназначен для создания готовой к запуску модели. Его основная задача состоит в выборе необходимых функций из библиотеки численных алгоритмов и в применении их к сформированным транслятором структурам данных. При построении системы моделирования в соответствии с объектно-ориентированной методикой, задача объединения данных и средств их обработки решается уже на стадии трансляции, так как объекты содержат все необходимые для них функции.

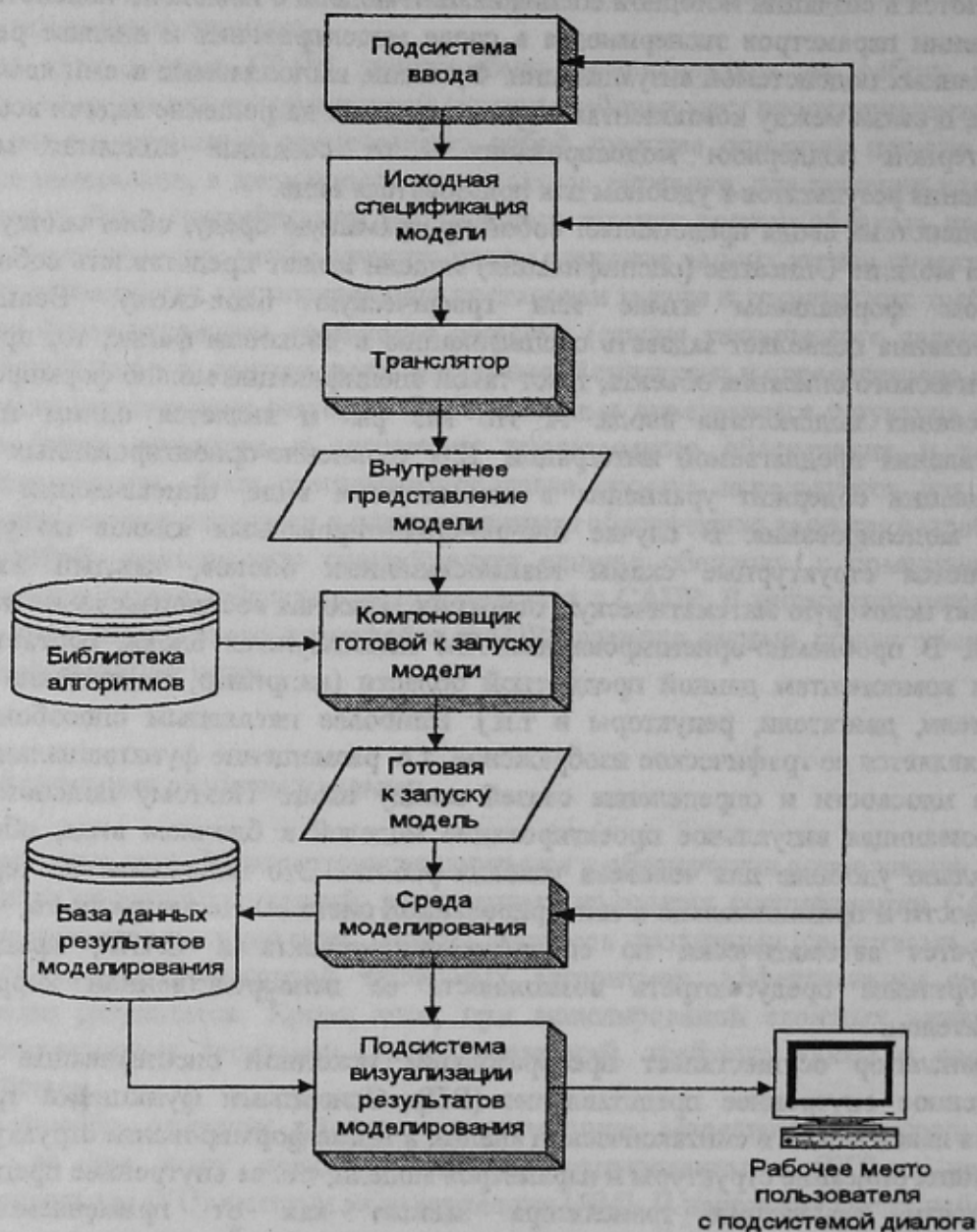


Рис. 2 Обобщенная структура подсистемы моделирования

### Подсистема диалога

Подсистема диалога (ПД) предоставляет пользователю возможность интерактивного взаимодействия с компонентами интегрированной системы. Это взаимодействие состоит в создании проекта с помощью САПР, корректировке модели, созданной транслятором спецификаций, определении параметров модельного эксперимента и анализе полученных результатов. Компонентами ПД являются:

интерфейс пользователя, редакторы спецификаций объекта проектирования и его модели, модуль визуализации результатов и модули связи с САПР и подсистемой моделирования.

Интерфейс пользователя этой подсистемы состоит из совокупности меню и диалоговых окон, с помощью которых происходит обращение к остальным компонентам ПД и интегрированной системы. Таким образом, диалоговые средства доступа к САПР и подсистеме моделирования, объединенные унифицированной оболочкой, создают у пользователя представление о единой, целостной системе, что и является одной из задач интеграции.

Редакторы спецификаций предназначены для создания и корректировки описаний проектируемого объекта и его модели. Основным требованием к редакторам является возможность визуального проектирования как исходного описания объекта, так и модели.

Модули связи реализуют взаимодействие между подсистемой диалога и подсистемами автоматизированного проектирования и моделирования. Это взаимодействие состоит в передаче спецификаций, сформированных редакторами, в соответствующие подсистемы и в приеме от подсистемы моделирования данных для визуализации результатов.

Модуль визуализации результатов моделирования может использовать те средства графического вывода, которыми обладает подсистема моделирования. В случае же, если эти средства недостаточно развиты, потребуется их дополнительная разработка.

## Выводы

Подводя итог вышеизложенным соображениям об организации интегрированной системы, можно заключить, что для обеспечения ее эффективности и соответствия современным требованиям необходимо соблюдение следующих условий.

1. Поддержка различных методов проектирования в САПР.
2. Наличие в подсистеме моделирования объектно-ориентированных языков описания модели и библиотеки эффективных численных алгоритмов.
3. Открытость компонентов интегрированной системы.
4. Удобный пользовательский интерфейс.

## Литература

1. EPOS Software Product Description. GPP mbH, 1992.
2. Lauber R., Lempp P. Integrierte Rechnerunterstützung für Entwicklung, Projektmanagement und Produktverwaltung mit EPOS. Elektron. Rechenanlagen 27, Heft 2 (1985) S. 68-74.