

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ МОДЕЛИРУЮЩИЕ СРЕДЫ

А. Я. Аноприенко, к.т.н., В. А. Святный, д.т.н. (каф. ЭВМ)

1. Концепция универсальной моделирующей среды

Сразу следует уточнить, что современный компьютер общего назначения уже сам по себе является уникальной по универсальности информационной, вычислительной и моделирующей средой. И суть проблемы состоит в разработке адекватных программных средств, позволяющих не только в полной степени реализовать этот потенциал, но и интегрировать в единую для пользователя среду весь спектр современной вычислительной техники. Достигнутый на сегодня уровень развития сетевых технологий и системного программного обеспечения позволяет говорить уже о единой универсальной информационной среде, как о реальности, объединяющей в общей сложности миллионы компьютеров во всем мире. Компонентами такой среды являются, в частности, “сеть сетей” INTERNET с развитой инфраструктурой информационного сервиса, графические многооконные интерфейсы, распределенные файловые системы и базы данных. Развитые возможности не только информационного обмена, но и управления удаленными процессами, позволяют определить такую среду как информационно-вычислительную и рассматривать её в качестве основной предпосылки создания универсальных моделирующих сред.

1.1. Обеспечение универсальности моделирующей среды

Существует два принципиально различных пути обеспечения универсальности, каждый из которых обладает весьма существенными недостатками. Первый путь заключается в выявлении и реализации только базовых, наиболее элементарных и общих для всех приложений функций, что перекладывает основную часть работы на пользователя. Такой подход обеспечивает в большинстве случаев максимальную эффективность использования функциональных возможностей системы, но предполагает высокую трудоемкость создания и модификации сложных моделей. Вторым путем является реализация максимального количества различных функций, покрывающего весь диапазон возможных применений. В этом случае, как правило, действует следующая закономерность: чем выше функциональность системы, тем сложнее она в освоении и тем менее эффективно используются её возможности. В работе [15] приводится пример Лисп-машины, содержащей около 30 000 функций и 3000 объектно-ориентированных классов, документированных на 4500 страницах руководства. При этом отмечается, что такого рода системы своей сложностью не только создают проблемы для разработчиков и пользователей, но и практически исключают эффективное использование всех их возможностей даже экспертами, специализирующимися на их применении.

Применительно к моделированию можно утверждать, что на одном полюсе универсальности находятся языки программирования типа Фортран, позволяющие при достаточной квалификации в программировании, создавать модели практически любого назначения и различной сложности, но ценой, как правило, значительных затрат времени и труда. А на другом — современные интегрированные системы широкого назначения. Причем в качестве практически общедоступных средств моделирования, обладающих довольно высокой степенью универсальности, могут рассматриваться как современные электронные таблицы, вполне пригодные для быстрого создания и исследования относительно несложных числовых моделей, так и системы общематематического назначения типа “Mathematica”, при условии интерпретации всей современной математики как символично-численного моделирования реального мира [13]. Ещё одним характерным примером является система матричных вычислений MATLAB, имеющая на конец 1995 года

более 140 тысяч официально зарегистрированных пользователей и включающая в свой состав мощную подсистему моделирования нелинейных динамических систем SIMULINK.

Однако имеющиеся универсальные средства далеко не всегда отвечают всем требованиям конкретных задач. Наиболее критичным параметром при этом чаще всего является производительность. При необходимости проведения большого объема исследований наличие соответствующей специализированной системы или языка моделирования может многократно, а иногда и на несколько порядков [18], ускорить процесс исследования и существенно улучшить его качественные характеристики. Последнее обстоятельство привело к появлению чрезвычайно большого разнообразия различных моделирующих средств и языков, ориентированных на конкретные области применения (рис.1). В ежегодном обзоре, приводимом в журнале “Simulation”, уже десять лет назад перечислялось около ста языков и систем, предлагаемых различными фирмами и организациями. К настоящему времени размер списка увеличился в несколько раз и имеет устойчивую тенденцию к дальнейшему росту [12]. В связи с этим представляется актуальной задача создания таких средств моделирования, которые позволяют охватить как максимально широкий спектр конкретных приложений, так и максимально широкий круг пользователей различного уровня подготовки. Кроме этого, концепция универсальной моделирующей среды предполагает эффективное использование всего диапазона современных средств вычислительной техники.

1.2. Критерии качества системы моделирования

В общем случае качество любого программного продукта может характеризоваться чрезвычайно широким набором характеристик, в числе которых эргономичность пользовательского интерфейса, требования к аппаратным средствам, производительность, степень использования системных возможностей операционной среды, документированность, качество сопровождения и др. Учитывая специфику именно систем моделирования, являющихся, как правило, многоцелевым инструментарием интеллектуальноёмких и не всегда достаточно чётко специфицированных исследовательских и поисковых работ, рассмотрим детально лишь те критерии, которые определяют уровень функциональных возможностей таких систем и связанные с их освоением и эксплуатацией затраты времени.

Представленный на рис. 2 концептуальный график позволяет сформулировать основные критерии качества системы моделирования во взаимосвязи уровня её функциональных возможностей F и требуемых в процессе моделирования затрат времени T . В качестве основных **критериев, которые подлежат максимизации** в процессе разработки и эксплуатации конкретной системы моделирования, могут рассматриваться следующие:

- Предельный уровень функциональных возможностей F_s собственно системы, который ограничивает предельную сложность моделей и решаемых в процессе моделирования задач при условии использования только средств, предоставляемых непосредственно системой моделирования.
- Предельный уровень функциональных возможностей F_k системы с учётом возможностей расширения, если таковые имеются. В идеальной системе все имеющиеся программные продукты так или иначе могут использоваться для расширения функциональных возможностей системы моделирования. Уровень F_k в этом случае характеризует предельные возможности всего аппаратно-программного комплекса в целом.
- Предельный срок эксплуатации системы T_k . В идеальном случае однажды освоенная система должна быть полезна “на всю оставшуюся жизнь”, подобно тому, как мы всю жизнь пользуемся однажды выученными алфавитом и таблицей умножения.
- Отношение времени непосредственно полезного использования системы T_w ко времени всего срока её эксплуатации T_k . Для идеальной системы это соотношение стремиться к единице.

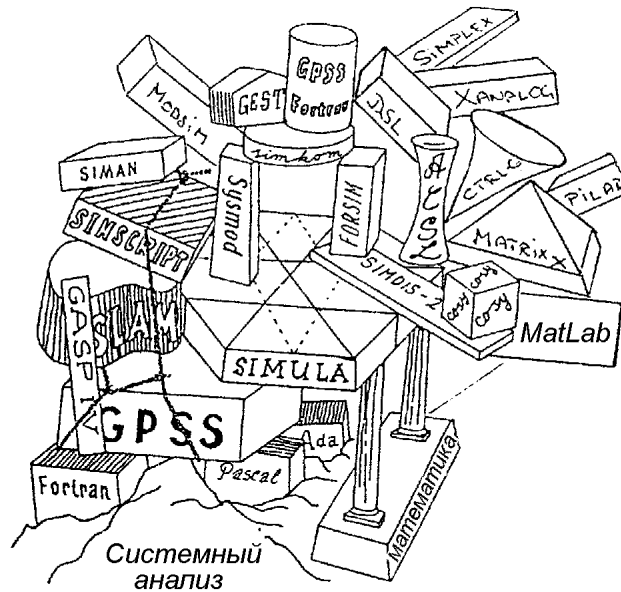


Рис. 1. “Вавилонское столпотворение”
в моделировании

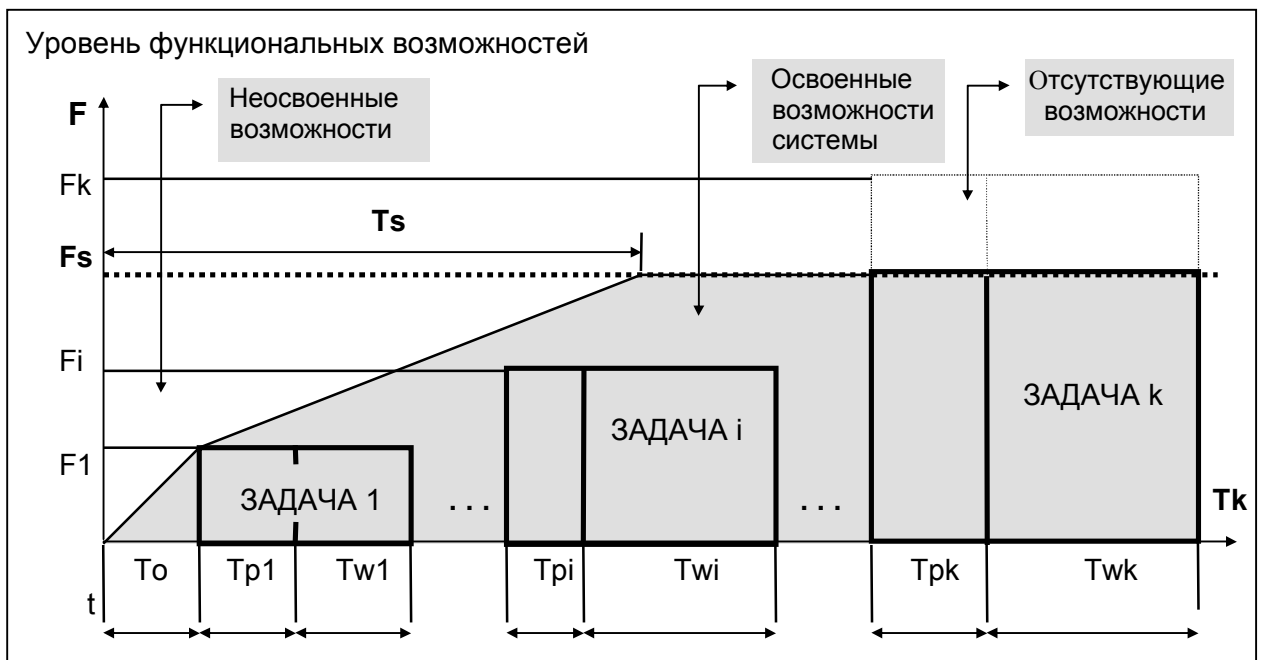


Рис. 2. Критерии качества системы моделирования в процессе эксплуатации:

а) уровни функциональных возможностей:

- F1 - минимально необходимый уровень;
- Fi - решение типичных задач;
- Fs - собственный предельный уровень;
- Fk - предельный уровень с учётом возможностей расширения;

б) затраты времени:

- To - начальное освоение системы;
- Ts - полное освоение функциональных возможностей системы;
- Tpi - подготовка моделей для решения i-й задачи;
- Twi - проведение модельных экспериментов по i-й задаче.

В качестве основных **минимизируемых критериев** качества могут рассматриваться следующие:

- Минимально необходимый, пороговый, уровень освоения функциональных возможностей F_1 системы, достаточный для начала её практической эксплуатации. В идеальной системе уровень F_1 может приближаться к нулю, так как предполагается возможность полезного использования системы для решения практических задач сразу же после начала её освоения. При этом функциональные возможности системы в полном объёме F_s осваиваются уже в процессе работы по мере необходимости.
- Отношение предельного уровня функциональных возможностей F_s системы к функциональной сложности F_i типичной задачи.
 - Период начального освоения системы T_0 .
 - Период полного освоения функциональных возможностей системы T_s .
 - Время на подготовку моделей T_{wi} .

С учетом вышеизложенного определение универсальной моделирующей среды (УМС) может быть сформулировано следующим образом: ***УМС — это совокупность информационно-вычислительной среды и программных средств моделирования, обеспечивающих максимальное соответствие перечисленным критериям качества путём гибкой адаптации к особенностям конкретных условий применения, кругу решаемых задач и уровню подготовки пользователей.***

2. Основные компоненты универсальной моделирующей среды

2.1. Обобщенная структура

На рис. 3 представлена обобщённая структура универсальной моделирующей среды, привязанная к осям, характеризующим относительное ускорение, обеспечиваемое отдельными компонентами среды (по горизонтали), и степень “жесткости” используемых средств (по вертикали).

Нижний уровень (максимальной “жесткости”) занимают различные аппаратные средства, которые могут привлекаться для моделирования. Причём, единичному коэффициенту ускорения соответствует единичный локальный компьютер пользователя, характеристики которого соответствуют наиболее массовому на текущий момент типу вычислительной техники — в настоящее время это 32-разрядная ПЭВМ. Расположение на оси ускорения остальных аппаратных средств является довольно условным и приближённо соответствует типичному соотношению между усреднённой производительностью каждого класса из представленных на рисунке вычислительных систем.

Верхний уровень (минимальной “жесткости”) соответствует программным средствам универсальной системы моделирования, так как предполагается высокая степень её функциональной адаптируемости и модифицируемости со стороны пользователя.

2.2. Аппаратные средства

Учитывая высокий динамизм изменения технических характеристик современной вычислительной техники, при анализе аппаратной платформы моделирующей среды нельзя ограничиваться рассмотрением только текущей ситуации. Необходимо на базе выявления тенденций предшествующего периода определить прогнозную оценку, по меньшей мере, на ближайшее десятилетие.

С целью анализа всё многообразие компьютерных средств сведём к двум характерным группам, определяющим нижнюю и верхнюю границу производительности доступной пользователю вычислительной техники.

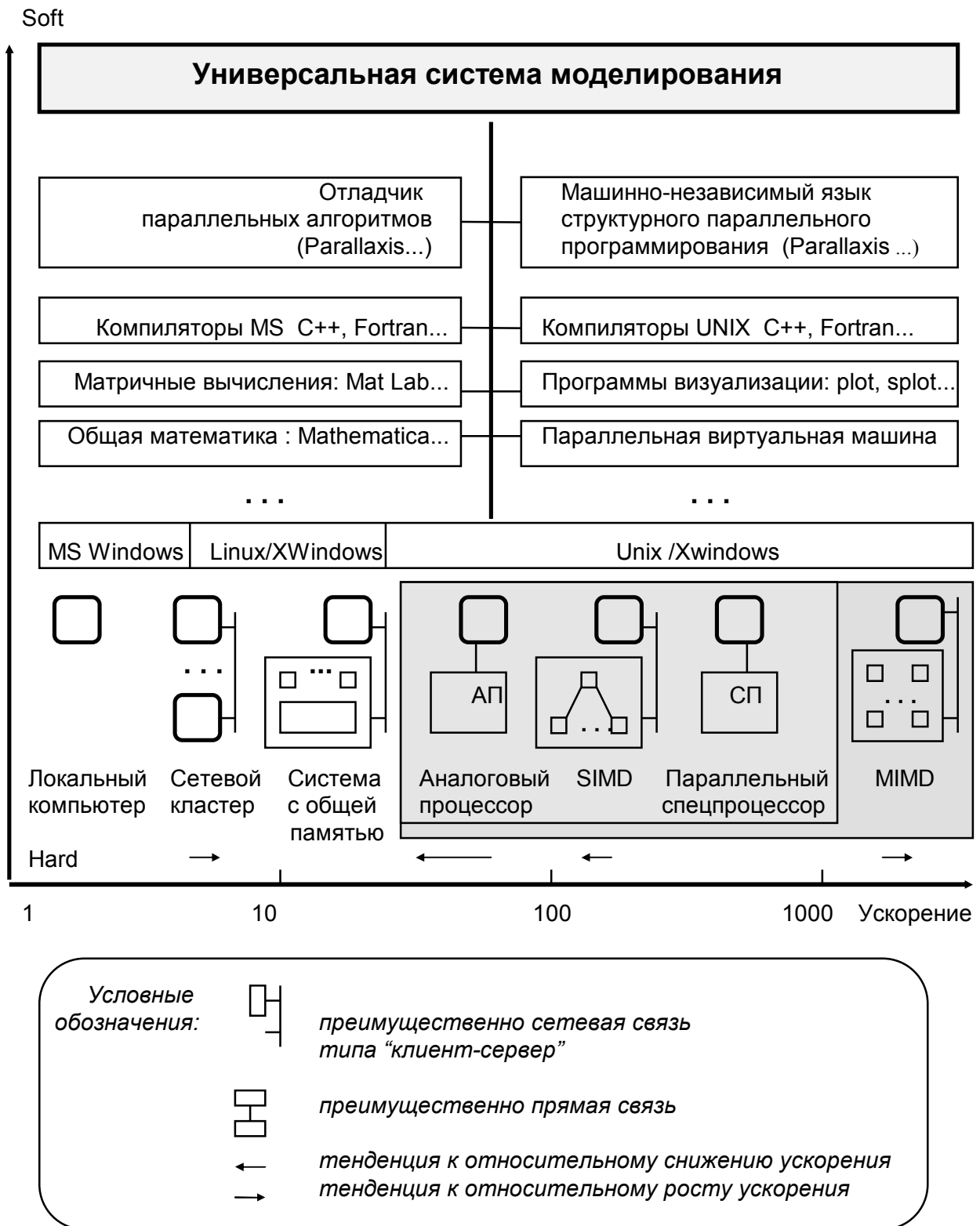


Рис. 3. Обобщенная структура универсальной моделирующей среды, привязанная к осям "Hardware-Software" (по вертикали) и "Коэффициент ускорения" (по горизонтали)

Первая группа будет соответствовать системам рекордной производительности, доступным только узкому кругу научной и инженерной элиты. Влияние, однако, этих систем на ситуацию во всём научном сообществе существенно превосходит их удельный вес среди

прочей вычислительной техники. Основных причин для этого две: во-первых, концентрация вокруг них интеллектуального потенциала позволяет эффективно сочетать их вычислительную мощность со значимостью и сложностью решаемых на них задач, и, во-вторых, большинство новых подходов и решений, которые становятся впоследствии стандартными, впервые апробируются именно на таких системах.

Вторая группа соответствует массовым системам, т. е. таким, которые на текущий момент доступны практически любому инженеру и научному сотруднику. Естественно, что степень доступности при этом прямо пропорциональна общему объёму инсталляции таких систем. Но так как уже сейчас речь идёт о десятках миллионов таких систем, выпускаемых ежегодно, вполне правомерно говорить об их массовой общедоступности.

Анализ двух названных групп позволил достаточно чётко выявить три следующих закономерности (рис. 4):

- начиная с 1955 года производительность рекордных систем каждые 10 лет увеличивается примерно на два порядка;

- начиная с 1985 года (начало действительно массового распространения ЭВМ) аналогичная тенденция наблюдается и для массовых вычислительных систем;

- текущая разница в производительности рекордных и массовых систем является примерно 1000-кратной и сохраняет тенденцию к стабильности на обозримое будущее.

В таблицах 1 и 2 для каждой группы приведены примеры характерных для каждого десятилетия вычислительных систем с краткой их характеристикой. Значения производительности при этом существенно округлены, так как в данном случае нас интересует, прежде всего, тенденция, а не точное значение конкретных цифр. Так, например, рекордная производительность, достигнутая в 1995 году на системе Intel Paragon XP/S с 6768 процессорами, составила 338 Гфлопс (миллиардов операций с плавающей запятой в секунду). Но в то же время отмечается [4], что реализация данной системы на 9-ти тысячах уже имеющихся процессоров Pentium Pro позволит получить производительность порядка 1,8 Тфлопс (триллионов операций с плавающей запятой в секунду). В строке 2005 года обозначен проект министерства энергетики США ASCI (Accelerated Strategic Computing Initiative, бюджет на 1996-2002 гг. составляет около 1 млрд. долларов), направленный на стимулирование гонки суперкомпьютеров с целью увеличения в предстоящем десятилетии их производительности примерно на два порядка. В аналогичной строке для массовых вычислительных систем стоит обозначение "Super Pentium", что предполагает будущие усовершенствованные варианты нынешнего семейства Pentium фирмы Интел (в соответствии с существующей традицией нумерации микропроцессорных поколений их можно также обозначить как P7, P8, P9...). Миллиардный объём инсталляции предполагает также, что в распоряжении активно работающих пользователей будет одновременно более одной вычислительной системы, т. е. по меньшей мере, две: стационарная с полным набором функциональных возможностей и мобильная с развитыми средствами связи.

Особо следует сказать о коммуникационных средствах, которые играют важнейшую роль в формировании единой информационно-вычислительной среды. Основные параметры их эволюции (по материалам работы [14]) приведены в таблице 3. В интегрированном виде эволюция информационно-вычислительной среды представлена на рис. 5. При этом для каждого десятилетия (с усреднённым приведением параметров к середине десятилетнего периода) показаны характеристики следующих основных элементов среды:

- тип и порядок производительности основных ЭВМ коллективного пользования в вычислительных центрах;

- пропускная способность основных видов коммуникационных сетей;

- ёмкость внешних носителей информации, порядок производительности и пропускная способность внутренних магистралей массовых вычислительных систем, используемых в качестве локальных ЭВМ.

Каждый из представленных параметров может существенно влиять на потенциальные характеристики и функциональные возможности реализуемой на данной технической базе универсальной моделирующей среды.

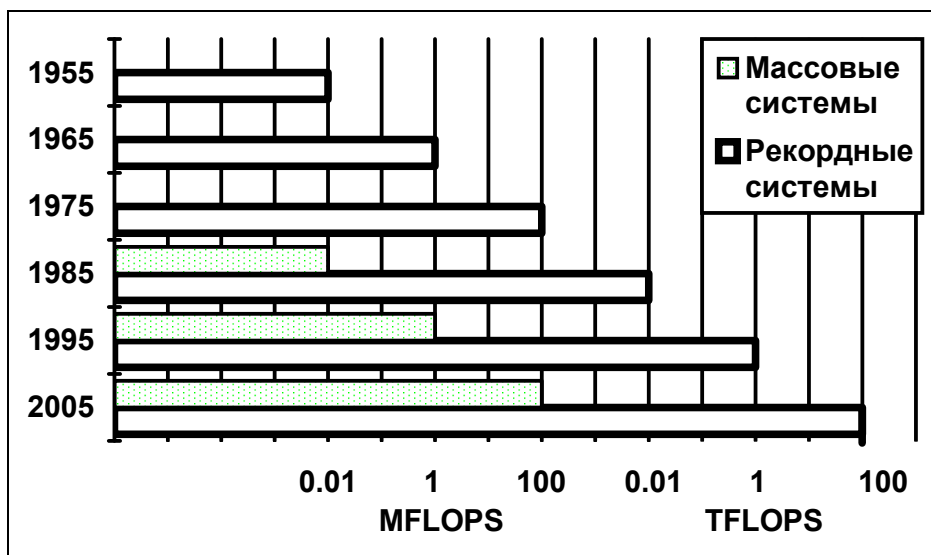


Рис. 4. Рост рекордной и массовой производительности вычислительных систем

Эволюция рекордных вычислительных систем

Таблица 1

Год	Производительность	Типичная система	Описание
1955	0,01 MFLOPS	IBM-704, БЭСМ	ЭВМ с аппаратной реализацией ПЗ
1965	1 MFLOPS	CDC-6600	Многопроцессорная ЭВМ
1975	100 MFLOPS	Cray-1	Конвейерно-векторная суперЭВМ
1985	0,01 TFLOPS	ETA-10	Многопроцессорная суперЭВМ
1995	1 TFLOPS	Paragon	Массивно-параллельная MIMD-система
2005	100 TFLOPS	Проект ASCI	Массивно-параллельная MIMD-система

Эволюция массовых вычислительных систем

Таблица 2

Год	Производительность	Типичная система	Описание / Объем инсталляции
1985	0,01 MFLOPS	IBM PC XT / AT	16-разр. ПЭВМ / 10 млн.
1995	1 MFLOPS	PC 386 / 486	32-разр. ПЭВМ / 100 млн.
2005	100 MFLOPS	Super Pentium	64-разр. ПЭВМ / 1 млрд.

Эволюция пропускной способности основных видов сетей

Таблица 3

Вид сети	Диаметр	1985	1995	2005
Кластер, вычислительный центр (ВЦ)	100 м	10 Мбит/с	100 Мбит/с	1 Гбит/с
Локальная сеть (ЛС)	1 км	1 Мбит/с	10 Мбит/с	1 Гбит/с
Региональная сеть (РС)	100 км	50 Кбит/с	1 Мбит/с	100 Мбит/с
Глобальная сеть (ГС)	10 000 км	1 Кбит/с	50 Кбит/с	100 Мбит/с

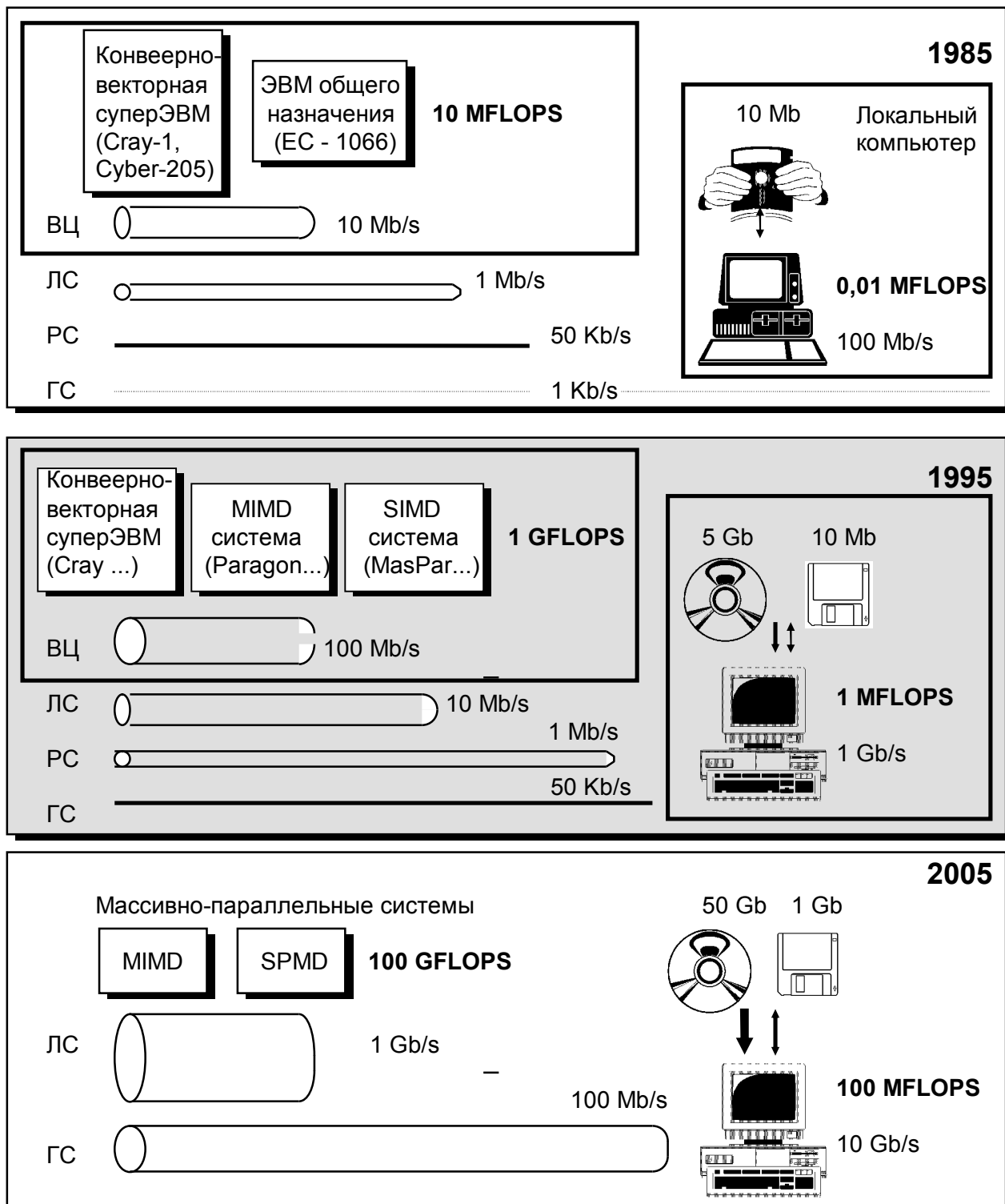


Рис. 5. Эволюция основных параметров информационно-вычислительной среды

Локальный компьютер при недостаточном развитии коммуникационной инфраструктуры служит для большинства пользователей единственной аппаратной платформой для моделирования, и, соответственно, его характеристики в этом случае являются основным ограничивающим фактором. Предполагается, что во всех остальных случаях локальный компьютер выступает в качестве терминала удалённого доступа к имеющимся в сети ресурсам.

Сетевой кластер позволяет увеличить суммарную производительность используемых при моделировании вычислительных ресурсов в несколько раз за счёт объединения возможностей нескольких объединённых локальной сетью компьютеров. Такое

объединение обеспечивается специальными программными средствами типа системы PVM (Parallel Virtual Machine - параллельная виртуальная машина) в операционной среде UNIX. Достижимый при этом рост производительности существенно ограничен пропускной способностью локальной сети.

Система с общей памятью позволяют с большей эффективностью, чем в предыдущем случае, объединить ресурсы десятков процессоров, и, соответственно, получить больший рост производительности [7]. В новейших модификациях массовых микропроцессоров (P6 и др.) предусмотрены развитые средства для построения на их базе такого рода систем.

Аналогово-цифровой процессор ещё в недавнем прошлом признавался основным средством высокопроизводительного моделирования динамических объектов, описываемых сложными системами дифференциальных уравнений. В работах [3] и [6] показано, что достигаемое при этом эквивалентное быстродействие примерно на два порядка может превышать показатели массовых цифровых ЭВМ. И ещё в начале 90-х годов велись разработки новых систем такого рода [2]. Однако резко возросшие показатели производительности при выполнении операций с плавающей запятой в последних модификациях массовых микропроцессоров и стремительно расширяющиеся возможности сетевого доступа к ресурсам суперЭВМ сводят в перспективе практически на нет использование аналого-цифровой техники для высокопроизводительного моделирования.

Системы с массовым параллелизмом типа SIMD (“одиночный поток команд при множественном потоке данных”) явились исторически первыми вычислительными системами с массовым параллелизмом (сотни и тысячи процессоров), которые позволили на широком классе задач получить рост производительности на два порядка и более. Однако, при использовании их в качестве компонентов универсальной моделирующей среды усредненный рост производительности на широком классе задач будет существенно меньшим. В перспективе предполагается, что SIMD-системы постепенно эволюционируют в системы SPMD (“одиночный поток программ при множественном потоке данных”).

Специализированные параллельные процессоры за счёт аппаратной поддержки специальных операций и алгоритмов при широком функциональном распараллеливании позволяют в ряде случаев увеличить производительность почти на три порядка. Одним из наиболее характерных примеров использования такого подхода являются средства для синтеза высокопроизводительной реалистичной графики, входящие в состав специализированных аппаратно-программных моделирующих комплексов [1]. В целом можно констатировать, что такого рода компоненты в составе универсальных моделирующих сред позволяют эффективно ликвидировать наиболее узкие места, но являются относительно дорогостоящими, что существенно ограничивает их использование.

Системы с массовым параллелизмом типа MIMD (“множественный поток команд и данных”) являются наиболее перспективным высокопроизводительным компонентом универсальной вычислительной среды, позволяющим обеспечивать максимальный рост производительности для широкого класса задач.

2.3. Программное обеспечение

Системное программное обеспечение является наиболее консервативным элементом программной части моделирующей среды. Причём, если для широкого спектра высокопроизводительных средств, начиная от рабочих станций и заканчивая системами рекордной производительности, в качестве стандартной операционной среды принята фактически UNIX / Xwindows, что существенно облегчает интеграцию разнородных систем в единую среду, то для массовых компьютеров основной является своя специфическая операционная среда, которая обозначена как MS Windows. Причём, это обозначение в данном контексте следует понимать скорее как Massive System Windows (т. е. многооконная среда массовых систем), чем просто как Microsoft Windows. Указанное обстоятельство требует от программного продукта, претендующего на универсальность, поддержки работы

как минимум в двух указанных операционных средах. Правда, дистанция между ними постоянно сокращается, а появление Linux, свободно распространяемого варианта UNIX / Xwindows для ПЭВМ, можно считать первым шагом к будущей полной интеграции операционных сред.

Чрезвычайно важным компонентом моделирующей среды являются различные **прикладные программные продукты**, которые представляют ценность не только сами по себе, но и как подсистемы, интегрированные в универсальную систему моделирования. Так, например, в работе [16] рассматривается использование известной системы Mathematica в качестве символьного препроцессора специализированной системы моделирования промышленных химических процессов.

Особой проблемой является эффективная реализация алгоритмов моделирования на высокопроизводительных параллельных системах с различной архитектурой. Наиболее эффективным средством решения этой проблемы является использование **машинно-независимого языка параллельного программирования**, весьма удачным примером которого является язык Parallax, разработанный в Штутгартском университете (Германия) [11].

2.4. Универсальная система моделирования (УСМ)

В работе [17] эволюция программных средств моделирования представлена в виде последовательной смены пяти поколений:

первое поколение (50-е годы, FORTRAN, ALGOL...) — программирование моделей на языках высокого уровня без какой-либо специальной поддержки;

второе поколение (60-е годы, GPSS, SIMULA, SIMSCRIPT...) — специальная поддержка моделирования в виде соответствующих выражений языка, генераторов случайных чисел, средств представления результатов;

третье поколение (70-е годы, ACSL...) — возможность комбинированного непрерывно-дискретного моделирования;

четвёртое поколение (80-е годы, SIMFACTORY, XCELL...) — ориентация на конкретные области приложения, возможность анимации;

пятое поколение (90-е годы, SIMPLEX II, SIMPLE++...) — графический интерфейс, интегрированная среда для создания и редактирования моделей, планирования экспериментов, управления моделированием и анализа результатов.

Универсальную систему моделирования можно рассматривать в качестве программного средства моделирования шестого поколения, интегрирующего и развивающего важнейшие особенности средств пятого поколения, ориентированного на использование не только массовых компьютеров, но и массивно параллельных высокопроизводительных систем, а также построенную в соответствии с принципами, перечисленными в следующем разделе.

3. Принципы построения УСМ

В качестве основных принципов построения УСМ могут быть названы следующие:

- чёткая модульная структура;
- масштабируемость;
- открытая архитектура;
- иерархия моделей;
- развитый графический интерфейс.

Далее кратко поясняются содержание и значение каждого из перечисленных принципов.

3.1. Модульная структура

Разбиение системы на относительно автономные модули с чётко специфицированным интерфейсом полностью соответствует современным технологиям программирования и позволяет обеспечить целый ряд преимуществ:

- снижение порога сложности системы и максимальное распараллеливание работ по её разработке, развитию и сопровождению за счёт независимой разработки и отладки отдельных модулей;
- возможность постепенного развития системы за счет эволюции и замены отдельных модулей;
- вариативность функциональных возможностей, обеспечиваемая возможностью разработки альтернативных наборов модулей соответствующего назначения;
- высокая гибкость и адаптируемость системы за счёт комплектации такими наборами модулей, которые максимально соответствуют текущим требованиям;
- расширение возможностей интеграции системы с другими программными продуктами как за счёт использования различных интерфейсных модулей для связи с внешними системами, так и за счёт независимого использования отдельных модулей в других системах.

Примерный состав программных модулей универсальной системы моделирования показан на рис.6.

3.2. Масштабируемость

Данный принцип предполагает реализацию на основе модульности различных вариантов УСМ, отличающихся как сложностью и объёмом, так и требованиями к аппаратным средствам. При этом обеспечивается:

- возможность реализации простейших вариантов системы для целей ознакомления и первоначального обучения с минимальными требованиями к аппаратным средствам и ориентацией на компьютерные средства, массово используемые в учебном процессе;
- постепенное наращивание функциональных возможностей системы по мере роста подготовленности пользователя и использования более производительных и совершенных аппаратных средств;
- возможность эффективного использования массового параллелизма различных высокопроизводительных вычислительных систем при решении задач повышенной сложности и ресурсоёмкости.

3.3. Открытая архитектура

Чёткая спецификация межмодульных интерфейсов позволяет обеспечить их взаимозаменяемость, а также:

- возможность докомpletации системы при необходимости наборами специализированных модулей, дополняющими и оптимизирующими её функциональные характеристики в требуемом направлении;
- возможность разработки сторонними организациями отдельных комплектующих модулей, ориентированных на конкретные приложения, что позволяет существенно расширить потенциальные области применения системы;
- развитие системы непосредственно пользователем путём разработки и совершенствования соответствующих модулей;
- расширение возможностей системы за счёт интеграции в систему внешних программных средств, например, различных редакторов, средств символьной манипуляции, средств визуализации и т.п.

- возможность интеграции отдельных программных модулей системы в другие программные продукты различного назначения.

3.4. Иерархия моделей

Поддержка создания и редактирования иерархически специфицированных моделей обеспечивает:

- построение на базе элементарных модельных блоков и структур синтезированных блоков и структур, соответствующих конкретным моделируемым объектам (электродвигатель, регулятор и т.п.), которые в свою очередь также могут использоваться в качестве элементов для построения более укрупненных моделей (производственный участок, устройство и т.п.) и т.д., что позволяет успешно преодолеть модельную сложность реальных динамических объектов;
- формирование библиотек различного уровня модельной иерархии, ориентированных на широкий спектр приложений и различный уровень подготовки пользователя;
- возможность создания модельных библиотек высокого уровня готовности и специализации для конкретных областей применения.

3.5. Графический интерфейс

Развитый графический интерфейс должен гарантировать:

- наглядность создаваемых моделей, процессов и результатов моделирования;
- возможность выполнения большинства операций на всех этапах от начального синтеза модели до анализа полученных результатов без использования алфавитно-цифровой клавиатуры, а при помощи только указательного устройства (манипулятора типа “мышь”, трекбола и т. п.), что существенно упрощает эксплуатацию системы;
- возможность непосредственного “визуального проектирования” моделей путём манипуляции с пиктограммами без привлечения специальных языков описания моделей, требующих особого изучения, что позволяет значительно сократить время освоения системы и, во многих случаях, затраты времени на подготовку, отладку и документирование моделей.

Примерная структура графического интерфейса универсальной системы моделирования показана на рис.7.

4. Заключение

Разработка концепции универсальной моделирующей среды ведётся в рамках сотрудничества факультета вычислительной техники и информатики ДонГТУ с институтом параллельных и распределённых суперЭВМ Штутгартского университета (Германия), а также — институтом системной динамики и управляющей техники Штутгартского университета. К настоящему времени выполнена разработка ряда прототипов и компонентов моделирующей среды, в том числе с использованием параллельной системы с общей памятью Sequent [7] и массивно параллельной SIMD-системы MasPar [8, 9]. Ближайшей целью сотрудничества является разработка массивно-параллельной моделирующей среды для исследования динамических систем с сосредоточенными (рис.8) и распределёнными (рис.9) параметрами, описываемых, соответственно, системами обыкновенных дифференциальных уравнений и системами дифференциальных уравнений в частных производных. В перспективе планируется практическая реализация концепции универсальной моделирующей среды в полном объёме.

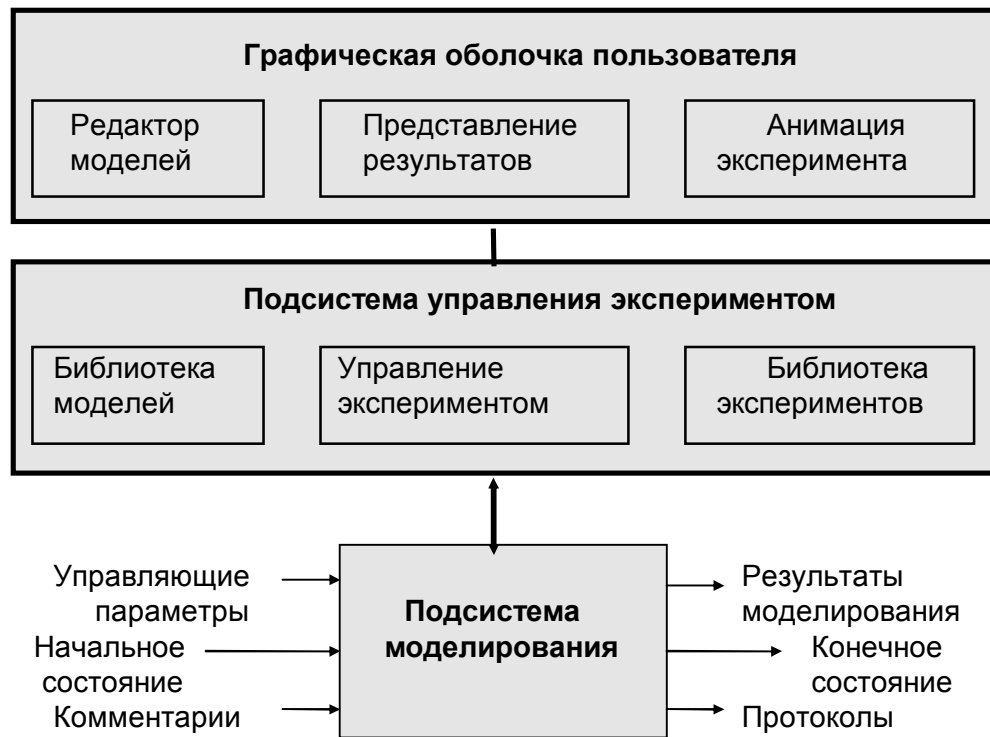


Рис. 6. Состав программных модулей универсальной системы моделирования

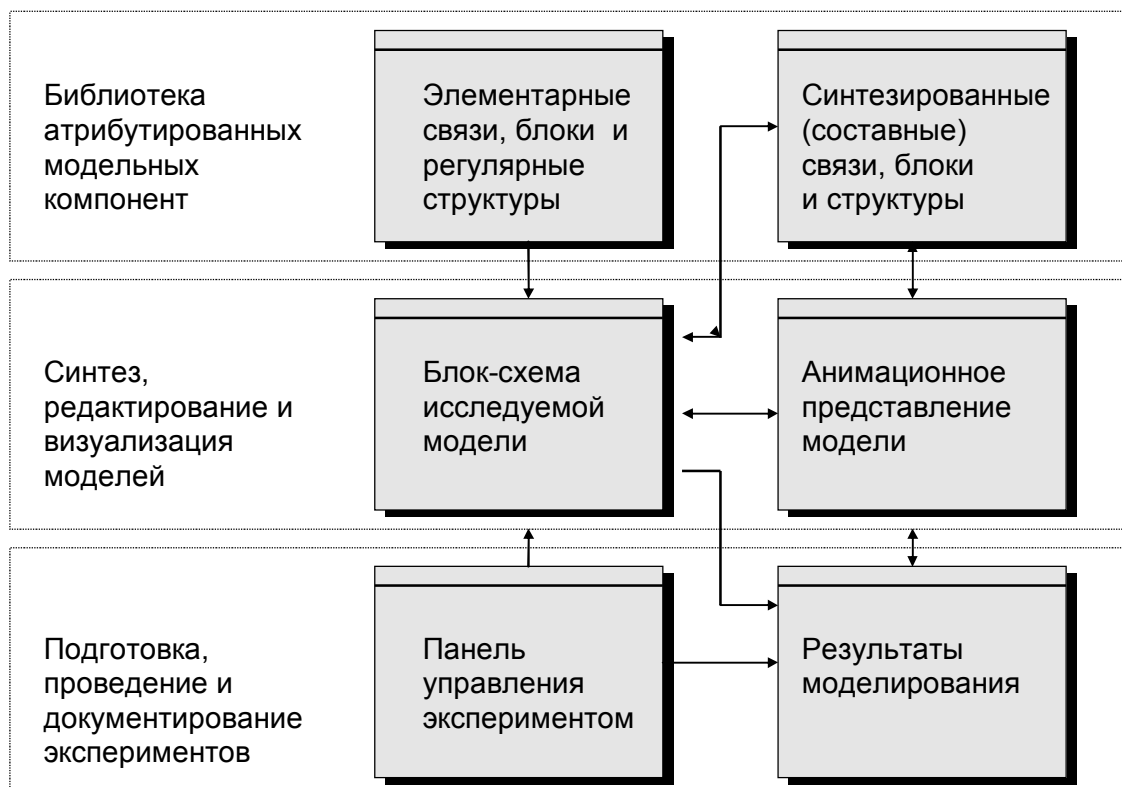


Рис. 7. Структура графического интерфейса пользователя универсальной моделирующей среды

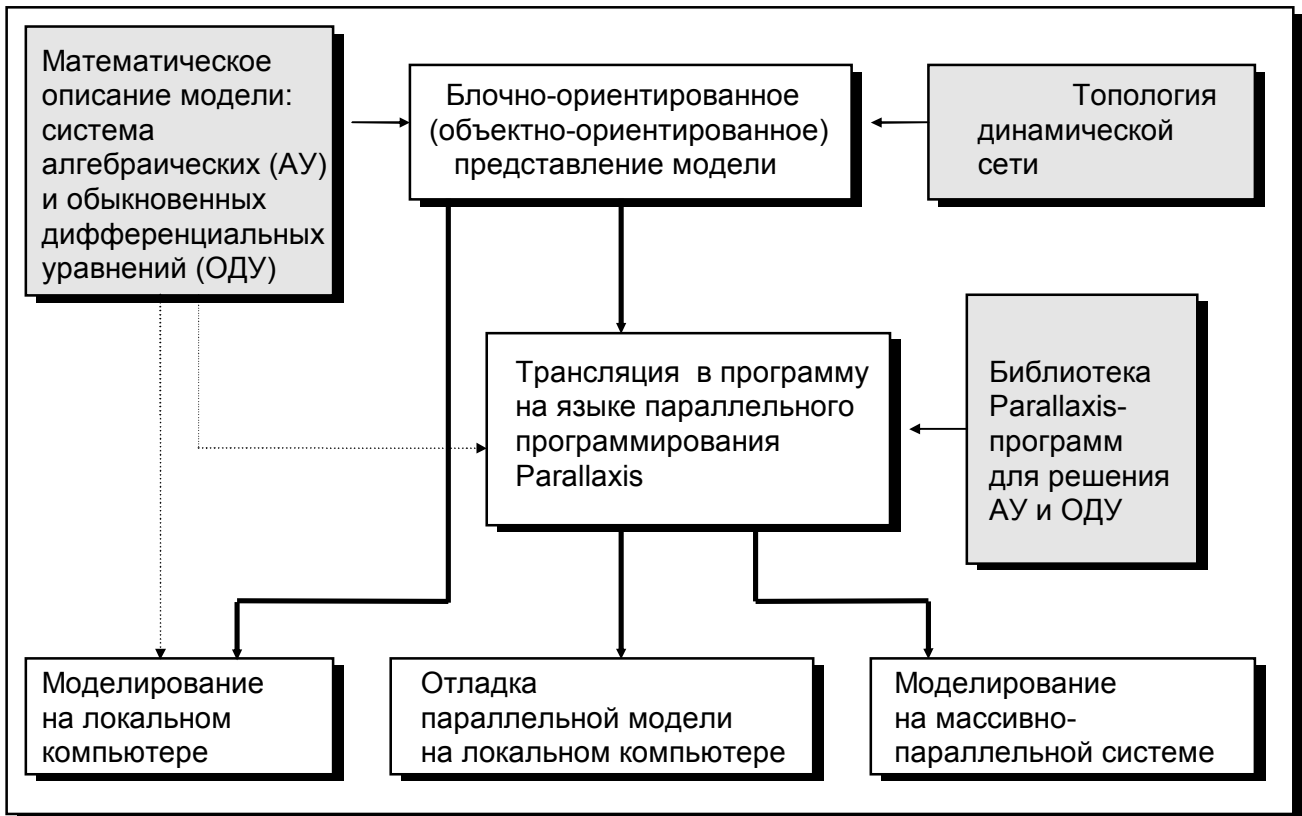


Рис. 8. Моделирование динамических систем с сосредоточенными параметрами

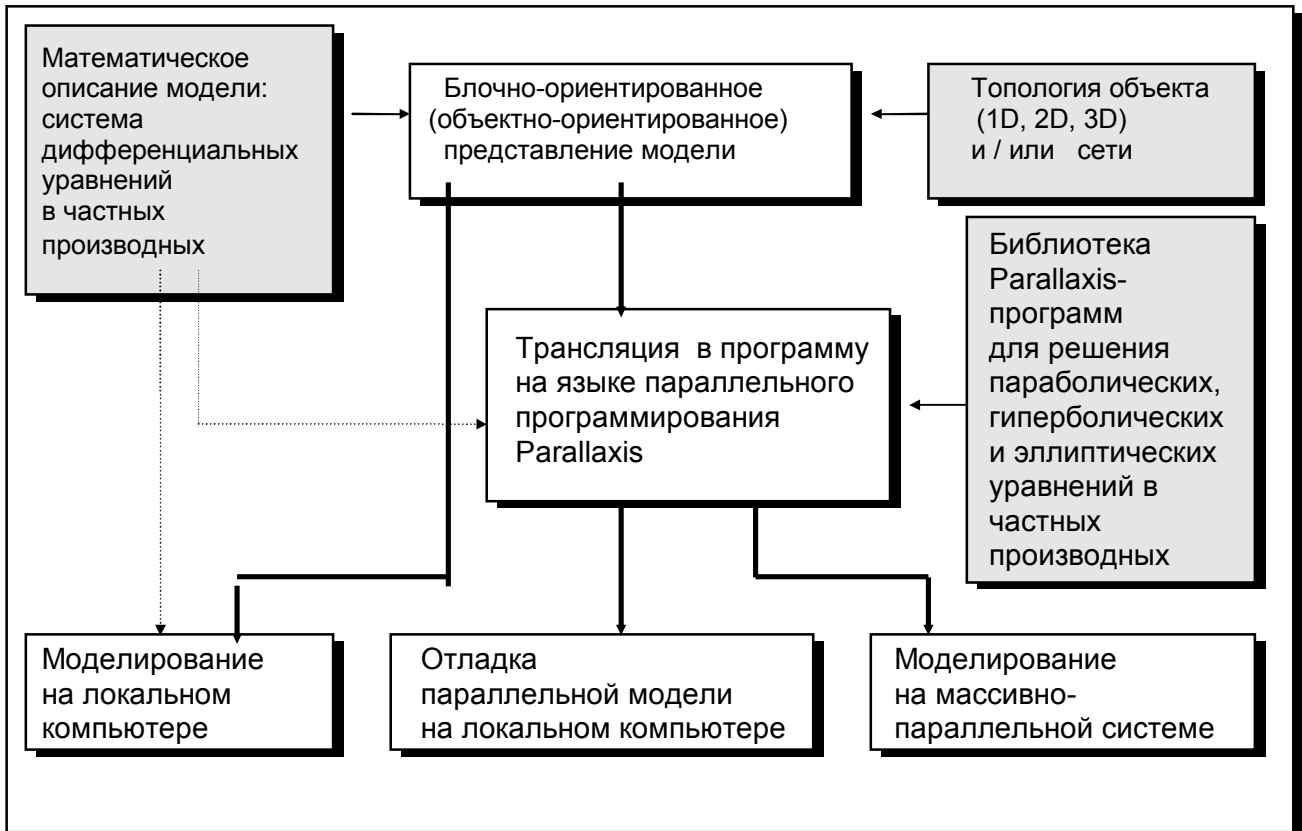


Рис. 9. Моделирование динамических систем с распределенными параметрами

Литература:

1. Башков Е.А., **Аноприенко А.Я.**, Коба Ю.А., Кухтин А.А., Мальчева Р.В., Система синтеза изображений в реальном времени для испытательных стендов. "Гибридные вычислительные машины и комплексы", вып.15, Киев, "Наукова думка", 1992, с. 72 - 76.
2. Беляков В. Г., Володина Г. Г., Панафидин В. В. Основные направления разработки АЦВС- "Вопросы радиоэлектроники", серия "ЭВТ", вып. 2, 1991, с. 10 - 18.
3. Беляков В.Г., Вороной С.М., Фельдман Л.П. Оценка эффективности аналого-цифровой реализации метода прямых на последовательности сгущающихся сеток. "Вопросы радиоэлектроники", серия "ЭВТ", вып.2, 1991, с. 48 - 56.
4. "В США создаются суперкомпьютеры с быстродействием класса Тфлопс", Computer Week, № 40, Ноябрь 1995 г.
5. Высокоскоростные вычисления. Архитектура, производительность, прикладные алгоритмы и программы суперЭВМ. М., "Радио и связь", 1988, 431 с.
6. **Святный В. А.** Гибридные вычислительные системы. Киев, "Вища школа", 1980, 247 с.
7. **Святный В.А.**, Цайтц М., **Аноприенко А.Я.**. Реализация системы моделирования динамических процессов на параллельной ЭВМ в среде сетевого графического интерфейса. "Вопросы радиоэлектроники", серия "ЭВТ", вып. 2, 1991, с. 85 - 94.
8. **Anoprienko, L. Feldman, V. Lapko, V. Svyatnyj, T. Brgdunl, A. Reuter, M. Zeitz.** Massive parallel models of net dynamic objects. Proceedings of the 1995 EUROSIM Conference, EUROSIM-95, Vienna, Austria, 11-15 September 1995, ELSEVIER, 1995, 237 - 242.
9. **Anoprienko, V. Svyatnyi, T. Brgdunl, A. Reuter, M. Zeitz.** Massiv parallele Simulationsumgebung für dynamische Systeme mit konzentrierten und verteilten Parametern. Simulationstechnik. 9 Simposium in Stuttgart, Oktober 1994, Vieweg, 1994, S. 183-188.
10. Apsel T. Funktionale Dekomposition eines universell einsetzbaren Simulationssystems. "Simulation in Passau", Heft 2, 1995, 18 - 20.
11. Brgdunl. Parallaxis-III: A Language for Structured Data-Parallel Programming, User Manual. Computer Science Report. IPVR Univ. Stuttgart, Oktober 1994.
12. Breitenecker. Simulation und Animation mit GPSS/H und Proof in der Lehre. Mitteilungen aus den Arbeitskreisen "Visualisierung und Präsentation von Modellen und Resultaten der Simulation". Fachtagung 18 - 19. März 1992 in Magdeburg. Heft Nr.31, Z. 179 - 190.
13. Buchberger. Symbolic Computation Software Systems: The Current State of Technology. EUROSIM-95, Vienna, Austria, 11-15 September 1995, ELSEVIER, 1995, p. 85 - 94.
14. Gray, A. Reuter. Transaction processing: concepts and techniques. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 1993, 1070 p.
15. Fischer. Beyond Human-Computer Interaction. Mensch-Computer-Kommunikation. Springer-Verlag, 1993, Z. 274 - 287.
16. Raumschussel, A. Gerstlauer, E. D. Gilles, M. Zeitz. Ein Pädprozessor für den verfahrenstechnischen Simulator DIVA. Simulationstechnik. 9 Simposium in Stuttgart, Oktober 1994, Vieweg, 1994, 177 - 182.
17. Schmidt B. Simulationssysteme der 5. Generation. "Simulation in Passau", Heft 1, 1994, 5 - 6.
18. Watzdorf, F. Allgower, A. Helget, W. Marquardt, E. D.Gilles. Dynamische Simulation verfahrenstechnischer Prozesse und Anlagen: Ein Vergleich von Werkzeugen. Simulationstechnik. 9 Simposium in Stuttgart, Oktober 1994, Vieweg, 1994, S. 171 - 176.

Как правильно сослаться на эту статью:

Аноприенко А.Я., Святный В.А. Универсальные моделирующие среды // Сборник трудов факультета вычислительной техники и информатики. Вып.1. – Донецк: ДонГТУ. – 1996. С. 8-23.