

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СВЕРХБЫСТРЫХ МАССОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Дьяконов В.П.

E-mail: vpdyak@keytown.com

Смоленский государственный университет, г. Смоленск

Аннотация. Рассмотрены новые технологии сверхбыстрых массовых вычислений. Отражены результаты информационного сотрудничества автора с Российским отделением корпорации Intel и с зарубежными производителями систем компьютерной математики. Описан опыт подготовки и издания более 50 справочников и монографий по этому направлению.

New technologies of superfast mass calculations

Dyakonov V.

Abstract. The new technologies of superfast mass calculations are considered. The results of information cooperation of the author with the Russian branch of corporation Intel and with the foreign manufacturers of systems of computer mathematics are reflected. The experience of preparation and edition more than 50 handbooks and monographies on this direction is described.

Микрокалькуляторы – первые средства массовых вычислений

С момента появления первых ЭВМ стало ясно, что все их огромные функциональные возможности, в сущности, базируются на одной первичной возможности – выполнении вычислений. Прогресс в реализации массовых математических вычислений начался с создания первых малогабаритных устройств, ориентированных на выполнение таких вычислений – микрокалькуляторов [1, 2]. В 70-80-х годах прошлого века микрокалькуляторы интенсивно развивались, приближаясь по своим возможностям к микро-ЭВМ.

К сожалению, у нас в России эти полезные устройства перестали практически совершенствоваться и выпускаться уже в начале 90-х годов в период развала СССР. В системе образования и в науке школьники, студенты, инженеры и научные работники все чаще и чаще приучались к “стрельбе из пушки по воробьям”, т.е. применению куда более мощных и дорогих персональных компьютеров там, где вполне можно было обойтись программируемыми микрокалькуляторами [1].

Между тем ситуация за рубежом была совсем иной. Микрокалькуляторы не только не исчезли, но и получили серьезное дальнейшее развитие. Появились два новых класса микрокалькуляторов – графические и с встроенными системами компьютерной алгебры [2]. Нередко они объединяются в одном устройстве. Таковы, например, новейшие микрокалькуляторы с встроенной системой компьютерной алгебры фирмы Texas Instruments (США) типа TI-89, TI-92, TI-92 PLUS, TI Voyage 200и др. (рис. 1).



Рис.1. Современный микрокалькулятор TI Voyage 200 с встроенной системой компьютерной алгебры Derive.

Указанные калькуляторы не только имеют богатейший набор встроенных операторов и функций для научных и технических вычислений, но и богатый язык программирования BASIC и встроенную систему компьютерной алгебры Derive. Калькуляторы имеют возможность построения графиков функций в декартовой и полярной системе координат, трехмерных и даже анимационных графиков.

Микропроцессоры – основа персональных вычислений

Еще до появления калькуляторов основой серьезных вычислений стали ЭВМ. Первые ламповые ЭВМ выполняли тысячи простейших арифметических операций в секунду, занимали целые залы и потребляли десятки кВт электроэнергии. Положение не очень улучшилось с появлением транзисторов. Новые этапы развития массовых вычислений начались с разработок микропроцессоров для реализации массовых ЭВМ.

Именно задание фирме Intel на разработку микросхем для калькуляторов привело к появлению многофункциональной вычислительной микросхемы с программируемыми функциями – микропроцессора [3]. Первый микропроцессор 4004 был 4-разрядным прибором, содержащим около 2700 полевых транзисторов и работающим с тактовой частотой около 108 кГц. Но он не предназначался для обычных ЭВМ, поскольку имел малую разрядность.

Повышение разрядности – один из основных путей повышения производительности вычислительных устройств. Чем больше разрядность, тем с большими порциями исходных данных и промежуточных вычислений работает процессор ЭВМ во время выполнения каждой операции. Поэтому вслед за 4004 были разработаны и запущены в массовое производство 8-разрядные микропроцессоры 8086, 8088, Z80 и др., на основе которых в начале 80-х годов были созданы персональные компьютеры (ПК). В то время ничто не указывало на то, что ПК смогут соперничать с супер-ЭВМ, превосходящими их по скорости вычислений на 3-4 порядка и использующимися для моделирования физических и ядерных процессов, погоды и масштабных экономических проектов.

Однако чуть более 40 лет тому назад один из создателей корпорации Intel Гордон Мур предсказал, что число транзисторов на кристалле микросхем процессоров будет расти вдвое за каждые 1-2 года. Хотя этот прогноз носил скорее эмоциональный, чем научный характер, корпорация Intel сделала его своим знаменем и вот уже более 40 лет старается выдержать его справедливость. В результате число транзисторов в некоторых современных процессорах, например Titanium 2, превысило 1 миллиард. Intel распространила этот прогноз на ряд других характеристик процессоров, например, на рост их производительности.

В течение первого десятка лет развития микропроцессоров их разрядность возросла до 16 и даже 32, что позволило осуществлять быстрые арифметические операции не только над большими целыми числами, но и числами с плавающей точкой в инженерной и научной нотации. Получили развитие традиционно трудоемкие методы вычислений линейной алгебры, графики со сложными световыми эффектами, быстрого преобразования Фурье и др. Менялись поколения процессоров (80386, 486, Pentium, Pentium PRO). Росла сложность микропроцессоров – число транзисторов в них превысило десятки и сотни миллионов. Тактовая частота работы процессоров Pentium 4 впервые превысила 1 ГГц и ныне достигла 4 ГГц.

Из других средств повышения производительности вычислений надо отметить введение памяти приоритетов (кэш-памяти), конвейерной обработки данных, предсказания команд, двойной независимой шины и др. архитектурных усовершенствований микропроцессоров. Разрядность некоторых процессоров выросла до 64.

Математические и графические сопроцессоры

Эффективность первых микропроцессоров в выполнении научных вычислений оказалась невысокой – прежде всего из-за реализации, в основном, целочисленных вычислений. Для операций с плавающей точкой были нужны специальные средства. Они были реализованы в математических сопроцессорах. Начиная с процессоров 486 математические сопроцессоры стали встраиваться в микропроцессоры как обязательная их часть.

Следует особо отметить, что математические сопроцессоры (как и появившиеся несколько позже графические процессоры) являются типичной аппаратной реализацией систем компьютерной математики на кремниевом кристалле. Эти сопроцессоры не только ускоряют в десятки раз выполнение операций с плавающей точкой, но и содержат специальные средства быстрого вычисления элементарных и многих специальных математических функций, обеспечивают быстрый пересчет систем координат, формирование отрезков прямых, дуг и многих других фигур геометрии и трехмерной графики.

Средства мультимедиа и Интернет в микропроцессорах

Очередной этап качественного и количественного развития микропроцессоров был связан с расширением мультимедийных возможностей ПК и их применением в Интернете. Созданная для этого технология MultiMedia eXtension (MMX) привела к появлению в процессорах класса Pentium MMX 57 новых команд и существенному изменению архитектуры процессоров. Затем, начиная с процессора Pentium III появились две обширные группы команд потоковых расширений, повысивших эффективность работы микропроцессоров в Интернете. Так родился самый известный из классических процессоров с одним ядром - Pentium 4.

Последние варианты Pentium 4, появившегося в 2000 г., имеют число транзисторов более 100 миллионов и тактовую частоту работы до 4 ГГц. К сожалению, потребляемая мощность таких процессоров достигла 100 Вт и более, хотя были созданы и процессоры (например, Pentium M из средств технологии Centrino с существенно уменьшенной потребляемой мощностью).

Мультипроцессоры и параллельные вычисления

Новый этап в развитии микропроцессоров начался с внедрением в них технологии параллельных вычислений. Эта технология развивается уже давно. Например, у нас она лежала в основе супер-ЭВМ “Эльбрус”, созданной под руководством член-корреспондента АН РФ Б. Бабаяна. Недавно это было признано ведущей в разработке микропроцессоров корпораций Intel и Б. Бабаян стал директором Intel по архитектуре компьютеров.

Однако реальное внедрение параллельных вычислений в процессоры для обычных ПК и серверов началось всего 2-3 года тому назад. Первый скромный шаг был сделан с помощью технологии объединения

потоков Hyper Threading (HT). Это повысило производительность процессоров Pentium 4 на 30-40%. Затем последовали разработки доведенных до серийного производства 2- и 4-ядерных процессоров, которые делались по технологии с разрешением 90 нм.

Наиболее удачной стала разработка двуядерных процессоров Intel Core 2 Duo. Новая архитектура процессоров обеспечивает автоматическое отключение всех не работающих в данный момент блоков и позволяет резко уменьшить потребляемую мощность на 40% при одновременном повышении производительности процессоров на 40% по сравнению с более ранними разработками. Приборы выполняются по технологии с разрешением 90 и 65 нм и полную работу с ними обеспечивает новая операционная система Microsoft Windows Vista, созданная практически одновременно с созданием микропроцессоров Intel Core 2 Duo.

Процессоры с технологией Intel® Core™ 2 поддерживают специальную технологию Intel® Dynamic Acceleration Technology. Она позволяет использовать вычислительную мощность, высвобождающуюся при отключении одного из ядер, для повышения производительности работающего ядра. Это напоминает “дву-главый” душ – если перекрыть один кран, то напор воды (производительность) во втором душе возрастает.

Но и эти характеристики процессоров будут существенно улучшены с переходом на технологию с разрешением 45 нм. Новейшие микротранзисторы корпорации Intel, изготовленные по этой технологии имеют в 30 раз меньшую площадь, чем приборы в процессорах 10-летней давности. Применением специального материала на основе гафния для изолятора затвора High-k и металла для затвора обеспечило снижение на порядок неуправляемых токов транзисторов. На основе этой технологии Intel готовит новое поколение из шести 2-х и 4-ядерных процессоров с названием Penryn, которые содержат 820 миллионов транзисторов и обеспечивают очередное повышение быстродействия процессоров с архитектурой Core 2 Duo и Core 2 Quad.

Площадь кристалла 2-ядерной модели Penryn составляет 107 кв. мм, что на 25% меньше, чем у современной продукции Intel, выпускаемой по 65-нанометровой производственной технологии, и в четыре раза меньше размера средней почтовой марки; при этом энергопотребление останется на том же уровне, что и в современных двухъядерных процессорах Intel или даже будет снижено. Мобильный процессор Penryn имеет новый режим работы с усовершенствованными функциями управления энергопотреблением (называемый Deep Power Down Technology), который позволяет существенно снизить энергопотребление процессора в моменты его простоя за счет снижения влияния токов утечки внутри транзисторов. Эта технология, которая поможет продлить срок автономной работы ноутбука от батарей, является важнейшим усовершенствованием по сравнению с предыдущим поколением лучших в отрасли мобильных процессоров Intel.

Технология Intel Dynamic Acceleration Technology повысит производительность однопоточных приложений. В мобильном процессоре с кодовым названием Penryn будет реализована усовершенствованная версия технологии Intel® Dynamic Acceleration Technology, поддерживаемой современными процессорами с торговой маркой Intel® Core™ 2 (см. выше)..

Процессоры Penryn поддерживают набор инструкций Intel® Streaming SIMD Extensions 4 (SSE4), который является наиболее значительным расширением набора команд со времен введения SSE Instruction Set Architecture (ISA). В SSE4 включены дополнительные инструкции Intel® 64, позволяющие повысить производительность и создать новые функциональные возможности для 64-разрядной архитектуры Intel®.

Среди других особенностей новых процессоров можно отметить заметное усовершенствование архитектуры, повышение тактовых частот до 3 ГГц и выше, ускоренное выполнение операции деления, увеличение на 50% объема улучшенной кэш-памяти.

После выпуска процессоров семейства Penryn запланирован переход на микроархитектуру нового поколения с кодовым наименованием Nehalem, а начало массового производства с ее применением начнется в 2008 году. Вот ее отличительные особенности:

- Динамически управляемые ядра, вычислительные потоки, кэш-память, интерфейсы и энергопотребление;
- Выполнение четырех инструкций за такт благодаря технологическим инновациям, заложенным в микроархитектуру Intel Core;
- Одновременная многопоточная обработка данных (аналогично технологии Intel® Hyper-Threading), обеспечивающая рост производительности и эффективность энергопотребления;
- Инновационный набор инструкций Intel® SSE4 и ATA, дополнительно поддерживаемый архитектурой;
- Использование технологией Intel® Smart Cache Technology многоуровневой кэш-памяти;
- Выдающаяся пропускная способность всей системы и подсистемы памяти;
- Динамическое управление питанием, повышающее производительность.
- Передовая системная архитектура для процессоров и платформ нового поколения;

– Масштабируемая производительность: от 1 до 16 (и более) потоков, от 1 до 8 (и более) ядер, масштабирование размера кэш-памяти;

- Масштабируемые и конфигурируемые межкомпонентные соединения и интегрированные контроллеры памяти;
- Высокопроизводительная интегрированная графическая подсистема.

В последнее время под покровительством Intel велось более 100 проектов создания многоядерных процессоров (multicore processors), цель которых состояла в создании одного многоядерного процессора, способного превратить обычный настольный персональный компьютер (ПК) в суперкомпьютер с производительностью более 1 Терафлор. В результате проведенных исследований и разработок недавно был представлен первый образец 80-ядерного микропроцессора, вид которого на системной плате ПК показан на рис. 2.

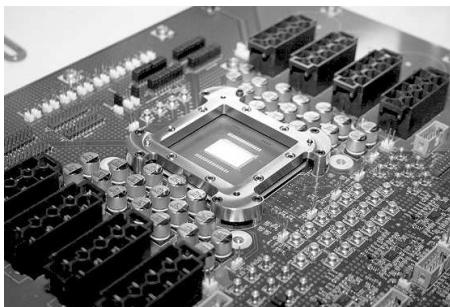


Рис.2. 80-ядерный микропроцессор корпорации Intel на системной плате ПК.

Данная разработка была выполнена в рамках инновационной исследовательской программы Intel “Тера-вычисления”. Один из вариантов процессора при огромной производительности около 1 Тфлор имеет потребляемую мощность всего около 60 Вт.

Микрофотография поверхности нового микропроцессора представлена на рис. 3. На ней отчетливо видно 80 ядер, сформированных на чипе. Процессор создан по новейшей серийной технологии с геометрическим разрешением 60 мкм. В таблице приведены данные трех вариантов микропроцессора.

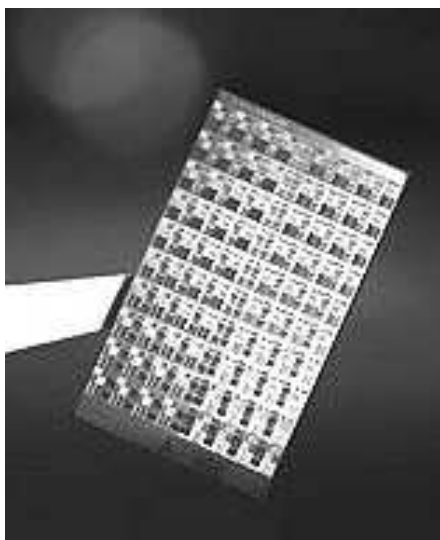


Рис.3. Фотография поверхности 80-ядерного микропроцессора корпорации Intel.

Фантастический прогресс в создании супер-процессора становится особенно очевидным, если сравнить ПК с таким процессором с кластерным суперкомпьютером ASCII Red, созданным всего десять лет назад (1996 г.), имеющим такую же производительность, но занимающим целый зал с площадью 185 кв. м. (рис. 4). Этот компьютер содержал 10 000 микропроцессоров Pentium Pro с тактовой частотой 200 МГц и потреблял мощность в 500 кВт.

Частота работы ядра	Напряжение питания	Потребляемая мощность	Скорость Обмена	Производительность
3,16 ГГц	0,95 В	62 Вт	1,62 Тбит/с	1,01 Тфлоп
5,1 ГГц	1,2 В	175 Вт	2,61 Тбит/с	1,63 Тфлоп
5,7 ГГц	1,35 В	265 Вт	1,02 Тбит/с	1,81 Тфлоп



Рис.4. Кластерный суперкомпьютер ASCI Red с производительностью в 1 Тфлоп (1996 г.)

Новый чип микропроцессора имеет инновационную “ячеистую” структуру: небольшие повторяющиеся однотипные ядра подобны черепице на крыше. Это позволяет облегчить проектирование многоядерных кристаллов. Исследования корпорации Intel по созданию транзисторов из новых и устойчивых материалах открывают новые пути для разработки эффективных технологий производства многоядерных процессоров будущего, насчитывающих миллиарды транзисторов.

Ячеистая архитектура межъядерных соединений, называемая “внутрикристалльной сетью”, обеспечивает сверхвысокую скорость обмена данными между ядрами – порядка нескольких Тбит/с. Чтобы повысить эффективность использования электроэнергии, была разработана технология независимого включения и отключения вычислительных ядер микропроцессора. В каждый момент времени используются только те ядра, которые необходимы для решения текущей задачи.

Корпорация Intel сообщила, что она пока воздерживается от серийного выпуска новых 80-ядерных процессоров и создала их для наглядной демонстрации путей развития ПК в ближайшие годы. Очевидно, что новые ПК ближайшего будущего становятся суперкомпьютерами.

Системы компьютерной математики

Наряду с аппаратными средствами массовых быстрых вычислений интенсивное развитие получили программные средства вычислений. Ныне они представлены системами компьютерной математики (СКМ) [4]. СКМ используют не только весь багаж математических познаний за многие века развития математики, но и новые и пока малоизвестные методы автоматических математических преобразований, специально созданные для решения математических задач на компьютерах – прежде всего персональных. К сожалению, специфические методы компьютерной математики относятся к ноу-хау фирм, разработчиков систем компьютерной математики (СКМ) и потому закрытых и мало известных.

Вначале СКМ делились на два принципиально различных класса: системы для численных и символьных (аналитических) вычислений. К первым обычно относили системы Eureka, Mathcad, MATLAB, электронные таблицы, например, Excel. Ко вторым относились системы компьютерной алгебры Derive, MuPAD, Mathematica и Maple.

В настоящее время такое деление является излишним и ошибочным. Все указанные выше системы получили дальнейшее развитие как универсальные математические системы, обеспечивающие автоматизацию как численных, так и аналитических вычислений. Среди универсальных СКМ надо отметить программы Derive, MuPAD, Mathcad, Maple, Mathematica и MATLAB. Первые две программы создавались как средства автоматизации учебных расчетов. Самая малая по объему кодов система Derive создавалась средствами языка искусственного интеллекта MuLISP, большинство других СКМ построено на основе языка С и его модификаций. Все системы имеют собственный входной язык общения с пользователями и язык программирования.

Ниже представлены единовременные (март 2007 г) данные о числе ссылок в Интернете по наиболее известным СКМ, полученные по данным крупнейшей поисковой системы Google. Поиск проводился по названиям систем в Интернете в целом и в его русскоязычном секторе (Рунете).

Число ссылок на СКМ в Интернете (поисковая система Google)

Популярность СКМ в мире и в России

Система	Число ссылок в Интернете	Число ссылок в Рунете
Derive	53 600 000	56 500
MuPAD	554 000	2 350
Mathcad	2 410 000	477 000
Mathematica	8 980 000	202 000
Maple	62 000 000	539 000
MATLAB	17 800 000	632 000

Система	Место в мире	Место в России
Derive	2	5
MuPAD	6	6
Mathcad	5	3
Mathematica	4	4
Maple	1	2
MATLAB	3	1

Результаты поиска весьма показательны. В мире первое место принадлежит системе Maple, которая изначально была университетской разработкой, ориентированной на применение в системе образования. Ныне Maple мощная универсальная СКМ, способная решать весьма широкий класс задач и лидирующая в области аналитических (символьных вычислений). Наиболее популярными стали последние версии Maple 9.5 и Maple 10, описанные в новой книге автора данного доклада [5]. Но совсем недавно появилась версия Maple 11.

Развитие новых версий Maple шло в нескольких направлениях:

- совершенствования интерфейса, который в максимальной степени должен быть приемлемым даже для начинающих пользователей;
- увеличение числа маплетов – специальных диалоговых окон для предельно простого решения конкретных задач, в том числе для демонстрации пошаговых аналитических вычислений (рис. 5);
- расширения числа пакетов расширения системы.

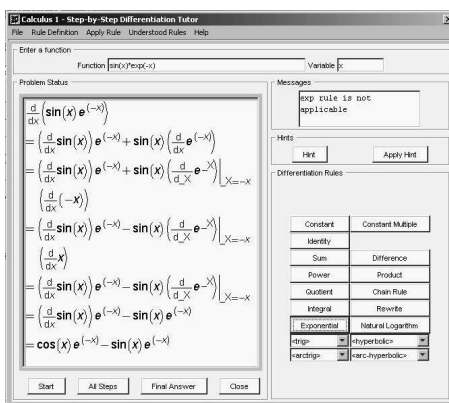


Рис.5. Пример применения маплета для реализации пошагового дифференцирования в аналитическом виде.

Число функций ядра Maple возросло с 2500 до более чем 3000. Для приверженцев “классического” Maple, наряду со стандартной версией интерфейса поставляется и система с классическим интерфейсом. Большинство вычислений в нем выполняется заметно быстрее, чем в варианте со стандартным интерфейсом. Увы, полной совместимости между ними не предусмотрено. В поставку входит также графический калькулятор, возможности которого, однако, намного скромнее возможностей в целом этой мощной системы.

Довольно неожиданно, с очень малым отрывом от Maple, в мире стала лидировать малая система Derive (последняя версия Derive 6.2) [6]. Ее резко возросшая популярность связана с удачным слиянием разработчика системы (небольшой компании Soft Warehouse, Inc.) с крупной корпорацией Texas Instruments, Inc. – разработчиком популярных микрокалькуляторов, в том числе имеющих встроенную систему Derive (TI-89,

TI-92, TI-92 Plus и др.). Их массовый выпуск способствовал росту популярности этой очень интересной и полезной системы. В целом можно сделать вывод о том, что применение СКМ в образовании резко повышает их статус.

Третье место в мировом Интернете заслуженно заняла система MATLAB, явно лидирующая в области численных вычислений и в математическом моделировании. Это самая громоздкая из описываемых СКМ – ее последние версии MATLAB R2006a,b и R2007a занимают на жестком диске ПК до 2-3 Гбайт памяти. Частичное описание системы занимает 5 томов – первый из них [7]. Система поставляется с более чем 60-ю пакетами расширения в самых новых областях науки и технике, таких как: вейвлеты, средства обработки изображений и сигналов, нейронные сети, нечеткая логика, биоинформатика и др. Все это быстро вывело эту мощную матричную систему в число лидеров, причем бесспорных в области технических вычислений и визуально-ориентированного блочного математического моделирования. Последнее реализуется с помощью главного пакета расширения - Simulink.

Новые версии MATLAB R2006b/2007a поддерживают многоядерные процессоры и параллельные вычисления, что обеспечивают резкое повышение скорости вычислений. Так, тестирующая программа bench показывает, что производительность ПК с процессором Intel Core 2 Duo (рис. 6) достигает 70 условных единиц, что примерно в 5 раз превосходит производительность ПК на процессоре Pentium 4 Hyper Threading с частотой 2,6 ГГц.

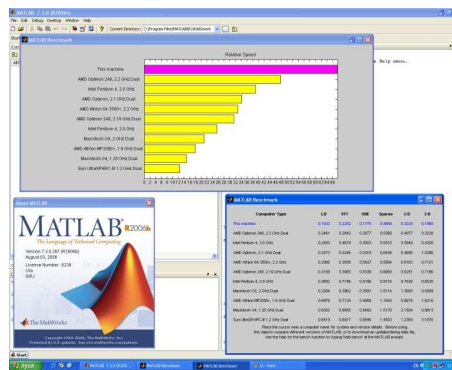


Рис.6. Результаты комплексного тестирования программы MATLAB R2006b на ПК с процессором Intel Core 2 Duo.

В России положение с популярностью СКМ резко отлично от описанного и характерного для мировой популярности систем. Так, бесспорным лидером у нас стала система MATLAB, а затем система Maple. До недавних пор явно лидирующая система Mathcad [8] опустилась на третье место. Впрочем, надо отметить, что на форумах (например, Exponenta.Ru) Mathcad уступает по популярности лишь СКМ MATLAB.

Падение интереса к системе Mathcad порождено двумя факторами. Изначально система Mathcad была системой для массовых численных расчетов с удобным математически ориентированным интерфейсом. Однако в области численных вычислений она явно уступает куда более мощной системе MATLAB. Символьные вычисления появились в Mathcad давно – начиная с версии Mathcad 3.0 for Windows. Они базировались не на средствах собственного ядра, а на использовании урезанного ядра системы Maple. При этом доступ осуществлялся всего к паре десятков функций ядра Maple (из почти 3000 функций, встроенных в ядро и доступных в СКМ Maple). Впрочем, это не касается промежуточных вычислений, в которых могут быть задействовано большинство функций ядра Maple.

Вторым фактором стали метания корпорации MathSoft, Inc. – разработчика системы Mathcad. Когда стало ясно, что Mathcad уступает по математическим возможностям более мощным системам Mathematica, Maple и MATLAB, корпорация MathSoft решила занять место на рынке программных средств для образования. Она была переименована в Mathsoft Engineering and Education. Однако место на этом рынке тоже не пустовало – там давно обосновались Derive и MuPAD. Недавно корпорация прекратила свое существование и волилась в компанию PTC, занимающуюся поддержкой систем автоматизированного проектирования (САПР).

Насколько полноценно Mathcad волеется в ряды САПР пока не вполне ясно. Новейшая версия Mathcad 14, к сожалению, лишилась мощного ядра символьных вычислений от СКМ Maple. Видимо, это связано с ограничением сроков лицензии на применение этого ядра и переходом MapleSoft, Inc. к коммерческому использованию ее продуктов. В Mathcad 14 применено ядро от СКМ MuPAD – неплохой системы учебного характера, но имеющей последнее место в рейтинге СКМ и возможности, сильно уступающие возможностям ядра Maple, увы так и не реализованным в Mathcad. В России нет книг по системе MuPAD, но она достаточно полно описана в монографии [4]. Система Mathcad 14 на момент подготовки данного доклада

на рынке России отсутствовала, некоторые данные о ней можно найти в Интернет-отчете В. Ф. Очкова [9], который многое сделал для использования средств Mathcad в Интернете. Кстати, работа СКМ в Интернете реализована и в ряде других систем, например Mathematica [10].

Представляется, что СКМ Mathematica, занявшая в приведенном рейтинге четвертое место как в мире, так и у нас, явно недооценивается. Наши исследования, в частности работы Р. Е. Кристаллинского (например, [11]) показали, что в ряде случаев Mathematica дает решение задач, которое не удавалось получить в системе Maple. Впрочем, в более редких случаях, наблюдалась и обратная ситуация. Mathematica 5.2 оказалась первой СКМ, которая поддерживает новейшие многоядерные процессоры, обеспечивая реальное ускорение многомерных вычислений в несколько раз. Очередной рывок этой системы ожидается с появлением версии Mathematica 6, работа над которой завершается.

Важная роль во внедрении новых информационных технологий принадлежит качественной подготовке учебной, справочной и монографической литературы по ним и системам компьютерной математике. В Смоленском государственном университете проводится обширная работа в этом направлении. Подготовлен большой (около 60 книг) комплекс литературы различного характера. В докладе автор делится опытом работы в этом направлении, проводимой при поддержке ведущих зарубежных производителей средств компьютерной математики.

Заключение

Становится очевидным, что рост вычислительной мощности современных многоядерных процессоров уже в ближайшие годы приведет к тому, что настольный ПК превратится с супер-компьютер с производительностью 1 Тфлоп/с. Многообразие видов вычислений, прежде всего в научно-технической сфере и удобный интерфейс пользователя обеспечат программные системы компьютерной математики. Они станут важнейшим средством обучения во многих дисциплинах – от математики и физики и до различных специализированных дисциплин естественно-научного цикла. Автор благодарит Российское отделение корпорации Intel за информационную поддержку и предоставление материалов, представленных в данном докладе.

Литература

1. Дьяконов В. П. Справочник по расчетам на микрокалькуляторах. М.: Наука, Физматлит – 3-е изд. дополн. и переоб.- 1989, 464 с.
2. Дьяконов В. П. Современные зарубежные микрокалькуляторы. М.: СОЛОН-Р, 1989, 464 с.
3. Дьяконов В. П. Intel. Новейшие информационные технологии. Достижения и люди. М.: Нолидж.- 2004, 416 с.
4. Дьяконов В. П. Компьютерная математика. Теория и практика. М.: Нолидж.- 2000, 1306 с.
5. Дьяконов В. П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании. М.: СОЛОН-Пресс.-2006, 720 с. (с CD-ROM).
6. Дьяконов В. П. Системы компьютерной алгебры Derive. Самоучитель и руководство пользователя. М.: СОЛОН-Р.- 2002, 320 с.
7. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP1/ 7.0, Simulink 5/6. Основы применения. М.: СОЛОН-Пресс.- 2005, 800 с.
8. Дьяконов В. П. Mathcad 11/12/13 в математике. Справочник. М.: Горячая линия. Телеком.- 2007, 958 с. (с CD-ROM).
9. http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Mathcad_14/
10. Дьяконов В. П. Mathematica 4.1/4.2/5.0 в математических и научно-технических расчетах. М.: СОЛОН-Пресс.-2004, 696 с.
11. Кристаллинский Р. Е., Кристаллинский В. Р. Преобразования Фурье и Лапласа в системах компьютерной математики. Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия. Телеком.- 2006, 216 с.