

СПЕЦВЫПУСК

ЗА НАУКУ

НОЯБРЬ, 2011

№12

Высоко-
производительные
вычисления
в МФТИ



Дорогие коллеги!

Мы представляем новый научно-образовательный центр МФТИ по суперкомпьютерным технологиям – НОЦ СКТ МФТИ. Физтех всегда славился тем, что достойно отвечал на вызовы времени. Сейчас в сфере информатики, высокопроизводительных вычислений мы имеем один из таких вызовов. Для того, чтобы в России развивались современные технологии – от нанотехнологии и современной биотехнологии до физики высоких энергий и создания современной авиационной и космической техники – необходимо, чтобы методы компьютерного моделирования, вычисления на суперкомпьютерах, облачные вычисления вошли не только в научную практику, но и в полной мере были востребованы промышленностью.

МФТИ на протяжении всей своей 60-летней истории обеспечивал тесную связь фундаментальной и прикладной науки. Готовил кадры не только для научных исследований, но и для наукоемких отраслей промышленности. Таким образом, расширенная подготовка специалистов в области высокопроизводительных вычислений, новых технологий расчетов и моделирования становится одной из приоритетных задач нашего института. НОЦ СКТ МФТИ входит в число восьми научно-образовательных центров, созданных в рамках суперкомпьютерной инициативы МГУ, сформулированной ректором университета, академиком В.А. Садовничим. Эти центры призваны готовить необходимые стране кадры во всех регионах – от Владивостока до Санкт-Петербурга. НОЦ СКТ МФТИ призван внести свой весомый вклад в эту программу. Уже налажено взаимодействие Центра с другими аналогичными центрами в России, с рядом университетов страны, с зарубежными научными и образовательными организациями. Работа началась. Предстоит многое сделать, опираясь на энтузиазм и квалификацию профессорско-преподавательского состава Физтеха, на энергию и увлеченность наших студентов и аспирантов. Я уверен, что Физтех даст достойный ответ на новый научный вызов.

Содержание

ТЕМА НОМЕРА: КОМПЬЮТЕР
И ЧЕЛОВЕК _____ 4

Главный компьютер –
у человека в голове.
Кризисы программного жанра.

ПО СЛЕДАМ ИСТОРИИ _____ 22

С чего начинался «МФТИ-60».
От счет – до экзафлопса.

ПРОШУ СЛОВА _____ 42

Владимир Воеводин: «Как
избежать конфликта между
машиной и человеком».

РАН – СТРАТЕГИЧЕСКИЙ
ПАРТНЕР _____ 50

Межведомственный
суперкомпьютерный центр РАН.
Борис Четверушкин: «Давайте
общаться на простом языке».
Виктор Иванников: «Открытый
код на выдумку хитер».

НАШИ ПРОЕКТЫ _____ 66

Россия + Индия.
Неограниченные возможности.
Противодействие
силе природы.

НЕМНОГО ЛИРИКИ _____ 92

Программисты шутят.



Два года назад Совет безопасности России принял программу о перевооружении основных отраслей промышленности суперкомпьютерными технологиями. Это свидетельствует о том, что суперкомпьютерные технологии являются элементом национальной безопасности. Не только и не столько потому, что они могут использоваться для создания нового вооружения, но, в первую очередь, потому, что они быстро и качественно решают технологические задачи.



ТЕМА НОМЕРА: КОМПЬЮТЕР И ЧЕЛОВЕК





у человека в голове

В 2010 году в МФТИ был организован Научно-образовательный центр «Высокопроизводительные вычисления и распределенные вычислительные системы».

НОЦ создан для интеграции деятельности подразделений института, реализации новых форм учебно-научного взаимодействия и повышения качества выполняемых междисциплинарных научно-исследовательских работ в области высокопроизводительных вычислений.

Физтеховский научно-образовательный центр «Высокопроизводительные вычисления и распределенные вычислительные системы» создан приказом ректора МФТИ Н.Н. Кудрявцева.



Межвузовские школы

Одной из первых инициатив центра была организация межвузовских молодежных школ «Высокопроизводительные вычисления в прикладном численном моделировании». В этом году такая школа была проведена в третий раз. Если самая первая Школа проводилась энтузиастами при поддержке ряда высокотехнологичных компаний и Инновационного центра МФТИ, то с 2010 года Школы проводятся на средства национального проекта «Образование» Министерства образования и науки РФ, а также при спонсорной поддержке крупнейших высоко-

технологичных компаний AMD, Intel, Schlumberger, NVIDIA.

Программа Школы представляет российским и зарубежным студентам,

обработки данных;
– современные технологии и платформы параллельного программирования;
– параллельные вычисления и Grid-технологии;

С 2010 года Школы проводятся на средства национального проекта «Образование» Минобрнауки РФ, а также при поддержке спонсоров AMD, Intel, Schlumberger, NVIDIA

аспирантам и молодым ученым уникальную возможность дополнительной профессиональной и научной подготовки в сфере современных технологий. Программа включает следующие направления:
– методы параллельной

– программные инструменты AMD, NVIDIA, INTEL для высокопроизводительных вычислений. Актуальность программы школы отметил декан факультета управления и прикладной математики МФТИ профессор

Александр Алексеевич Шананин, сказав, что высокопроизводительные вычисления среди научных и прикладных инструментов выходят на первый план во всем мире и служат для решения самых разных по сложности и применению задач: от прогноза погоды до выхода из экономического кризиса. Сейчас все больше факультетов МФТИ (например, ФУПМ, ФАКИ, ФРТК) включают в свои учебные программы такие курсы как «дискретная оптимизация», «параллельное программирование» и другие. Летняя Школа является существенным дополнением к учебным программам МФТИ и, конечно же, отличной возможностью получить новые знания для студентов и аспирантов других вузов. География участников Школ весьма обширна. За три года в работе школ участвовали студенты и аспиранты Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта, Белгородского государственного университета, Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербургского государственного политех-

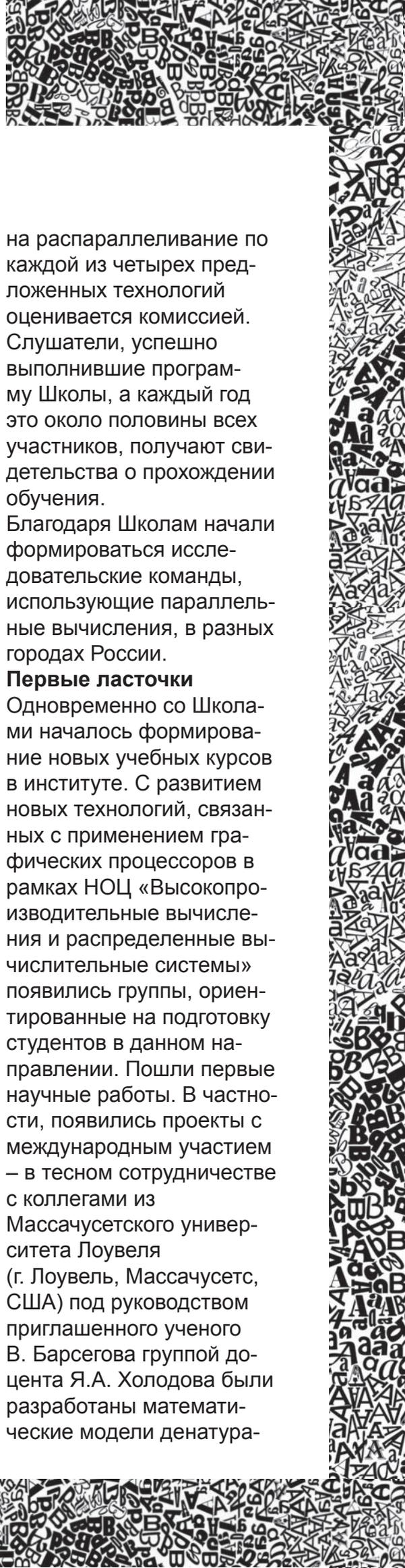
нического университета, Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Российского государственного гуманитарного университета, Московского государственного университета приборостроения и информатики, Ставропольского государственного университета, Астраханского государственного университета, Дагестанского государственного университета, Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Тюльяттинского государственного университета, студенты и аспиранты Белоруссии, Украины, Республики Куба. Школы имеют формат, в котором каждая тема представлена лекционной и практической компонентами. Уже в первый день на практических занятиях участники работают со специально подготовленными для Школы программами. Для выполнения итогового проекта участникам предлагаются четыре технологии: CUDA, OpenCL, OpenMP, MPI, установленные на вычислительных системах, часть которых специально для проведения Школ была представлена AMD, Intel и NVIDIA. В практикуме активно используется и «лягушатник» - отладочный кластер МФТИ. Решение задачи

на распараллеливание по каждой из четырех предложенных технологий оценивается комиссией. Слушатели, успешно выполнившие программу Школы, а каждый год это около половины всех участников, получают свидетельства о прохождении обучения.

Благодаря Школам начали формироваться исследовательские команды, использующие параллельные вычисления, в разных городах России.

Первые ласточки

Одновременно со Школами началось формирование новых учебных курсов в институте. С развитием новых технологий, связанных с применением графических процессоров в рамках НОЦ «Высокопроизводительные вычисления и распределенные вычислительные системы» появились группы, ориентированные на подготовку студентов в данном направлении. Пошли первые научные работы. В частности, появились проекты с международным участием – в тесном сотрудничестве с коллегами из Массачусетского университета Лоувеля (г. Лоувель, Массачусетс, США) под руководством приглашенного ученого В. Барсегова группой доцента Я.А. Холодова были разработаны математические модели денатура-





ции белков.

В 2010 году МФТИ подписал Соглашение о научно-техническом сотрудничестве и академическом обмене с Лозанским политехническим университетом (EPFL) (Лозанна, Швейцария).

В настоящее время согласована тематика совместного проекта с Лабораторией гемодинамики и сердечно-сосудистых исследований EPFL. Совместный проект будет посвящен исследованию процессов, происходящих в системе сосудов головного мозга, с помощью математического моделирования на высокопроизводительных системах. В настоящее время

на базе Научно-образовательного центра (НОЦ) «Высокопроизводительные вычисления и распределенные вычислительные системы» по суперкомпьютерной инициативе МГУ, сформулированной ректором МГУ

НОЦ «Суперкомпьютерные технологии – МФТИ». О применениях суперкомпьютерных технологий говорит заведующий кафедрой вычислительной математики МФТИ, член-корреспондент РАН Александр Сергеевич Холодов.

Благодаря Школам начали формироваться исследовательские команды, использующие параллельные вычисления, в разных городах России

академиком В.А. Садовничим, в рамках программы СКТ– образование и при активном участии члена-корреспондента РАН В.В. Воеводина создается

«На мой взгляд, главный суперкомпьютер находится все-таки у человека в голове. Достигнутая современными вычислительными системами произво-

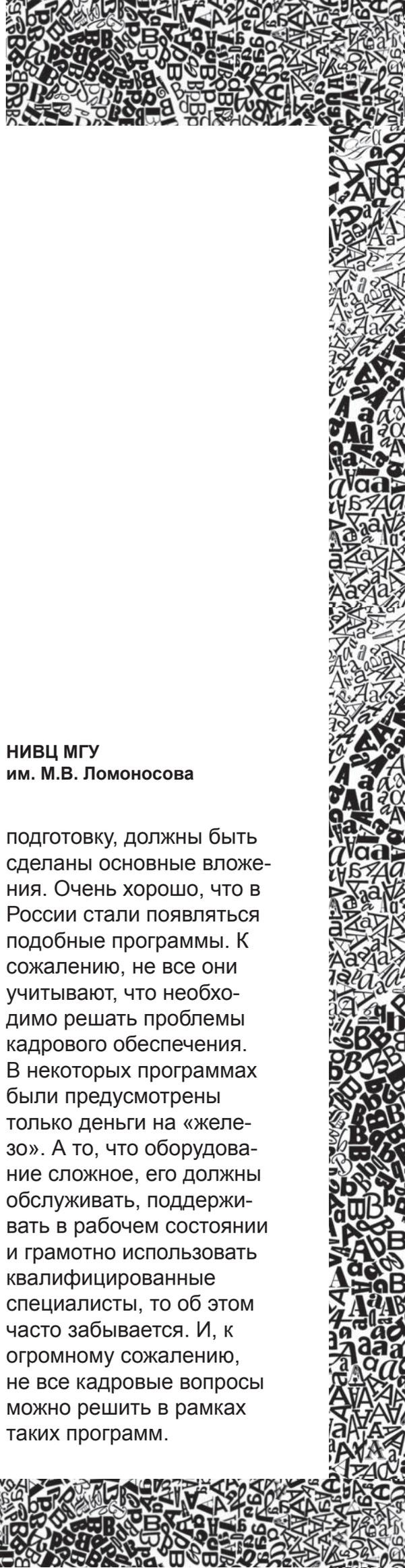


**НИВЦ МГУ
им. М.В. Ломоносова**

дительность впечатляет. Ее непросто эффективно использовать, но можно очень легко растерять небрежно выбранными постановками задач, численными методами и алгоритмами. Даже современные суперкомпьютеры никаких качественно новых проблем сами по себе решить не могут. Несмотря на очевидный прогресс в вычислениях, принципиально новые задачи и в настоящее время решаются достаточно редко. Недавно при подготовке обзора по численному моделированию ионосферно-магнитосферной плазмы я обратил внимание, что задача об обтекании магнитосферы Земли плазмой

солнечного ветра (правда, только в двумерной постановке, а не в трехмерной, как сейчас стало возможным) с аккуратным выделением магнитопаузы – поверхности разрыва – и с получением довольно точных значений ее положения была успешно решена еще в середине 1960-х годов. Хотя техника тогда, конечно, была несравнима с современной (работала в тысячу раз медленнее встроенного в приличный мобильник процессора). Так что прогресс определяется не только развитием техники и программного обеспечения. Главный ресурс – это люди, специалисты. Именно в эти ресурсы, в их

подготовку, должны быть сделаны основные вложения. Очень хорошо, что в России стали появляться подобные программы. К сожалению, не все они учитывают, что необходимо решать проблемы кадрового обеспечения. В некоторых программах были предусмотрены только деньги на «железо». А то, что оборудование сложное, его должны обслуживать, поддерживать в рабочем состоянии и грамотно использовать квалифицированные специалисты, то об этом часто забывается. И, к огромному сожалению, не все кадровые вопросы можно решить в рамках таких программ.





**Достигнутая современными
вычислительными
системами
производительность
впечатляет**

Заметную роль играют и проведенные на Физтехе летние Школы. Надо шире привлекать молодежь к подобным исследованиям. Тем более, что вокруг кластера на Физтехе сложилась уникальная атмосфера. На нем решались практически задачи из самых разных областей. Тут и традиционная для такой техники молекулярная динамика – можно отметить коллектив, в который входят Г.Э. Норман, И.В. Морозов. Посмотрите, как они, их ученики активно публикуются в научной печати. Причем значительная часть результатов получена на нашем кластере. Это и задачи о моделиро-

вании процессов в деформируемых телах (задачи соударения, задачи сейсмомодинамики, физиологии человека и многие другие). В решении задач о распространении сейсмичес-

РАН считали, в том числе на физтеховском кластере задачи по моделированию климата. Руководители этих работ – академики Г.И. Марчук и В.П. Дымыников. На кластере про-

**Даже современные суперкомпьютеры
никаких качественно новых проблем
сами по себе решить не могут**

ких волн и связанных с этим вопросами безопасности, прочности зданий и промышленных объектов велика роль И.Б. Петрова и его учеников. Коллеги из Института вычислительной математики

водятся также расчеты по динамике плазмы – «лабораторной» в различных установках и космической. Это работы под руководством А.С.Холодова, А.И. Лобанова. Обычно раньше студенты

после второго-третьего курса приходили с Физ-техна на «базы» – на кафедры, расположенные в академических и отраслевых институтах – получать специализацию, (в том числе выполнять расчетные работы).

Сейчас пошел и обратный процесс – на центральной площадке МФТИ появляются задачи из Института вычислительной математики РАН (ИВМ РАН), Объединенного института высоких температур РАН (ОИВТ РАН) и других базовых физтеховских организаций. Вокруг этих коллективов собираются талантливые ребята, аспиранты, студенты. Потом они с удовольствием преподают, в том числе на летних Школах, консультируют иногородних ребят. Именно эта деятельность, дружный коллектив, творческая атмосфера, а не только «железо», и есть главный ресурс нашего Центра».

Алексей ЛОБАНОВ
Елена ПАВЛЮКОВА

Подробнее о
деятельности НОЦ:
hpc.mipt.ru



Лобанов

Алексей Иванович,

выпускник МФТИ 1984 года, доктор физико-математических наук, профессор кафедры вычислительной математики МФТИ, заведующий кафедрой высшей математики Московской государственной академии водного транспорта, заведующий кафедрой высокопроизводительных вычислений и прикладного математического моделирования Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова. Автор 130 научных работ, нескольких учебников и учебных пособий. Область научных интересов: высокопроизводительные вычисления, математическое моделирование в динамике высокотемпературной плазмы, математическое моделирование в биологии, в частности, процессов свертывания крови.



Павлюкова

Елена Раилевна,

выпускница МФТИ 1982 года, старший научный сотрудник Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, помощник директора по международным проектам. Автор более 30 научных работ. Область научных интересов: высокопроизводительные вычисления, математическое моделирование в гидродинамике, математическое моделирование в сейсмике. Неоднократно являлась ответственным исполнителем в международных проектах учреждений РАН с Индией, Польшей и Грецией в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы».



КРИЗИСЫ

программного жанра

В последние годы во всем мире наблюдается бум построения мощных вычислительных систем.

Страны, научные организации и университеты соревнуются за попадание в верхние строки рейтингов производительности. Наиболее мощными в мире сейчас считаются японский вычислительный комплекс RIKEN – 8.776 PFlor, суперкомпьютер в Тайваньском суперкомпьютерном центре – 4.701 PFlor и вычислительный комплекс Oak Ridge National Laboratory (США) – 2.331 PFlor. В одном петафлопсе 1000

терафлопс. В США объявлено о начале разработки эксафлопсного компьютера, один эксафлопс равен миллиону терафлопс. Однако во многих случаях эти потрясающие вычислительные мощности оказываются загруженными не полностью и используются неэффективно. Почему? Неужели не хватает задач, которые требовали бы для своего решения их применения? Задачи, конечно, есть. Рассмотрим прогноз по-

годы в масштабах всей планеты. Для расчета атмосферных явлений будем использовать ячейки размером 1 кубическая миля до высоты в 10 миль. Тогда при шаге по времени в 1 минуту при решении уравнений математической модели с целью получения прогноза погоды на 10 дней нам потребуется 10^{15} операций с плавающей точкой. Это как раз и составит 10 дней работы персонального компьютера произво-

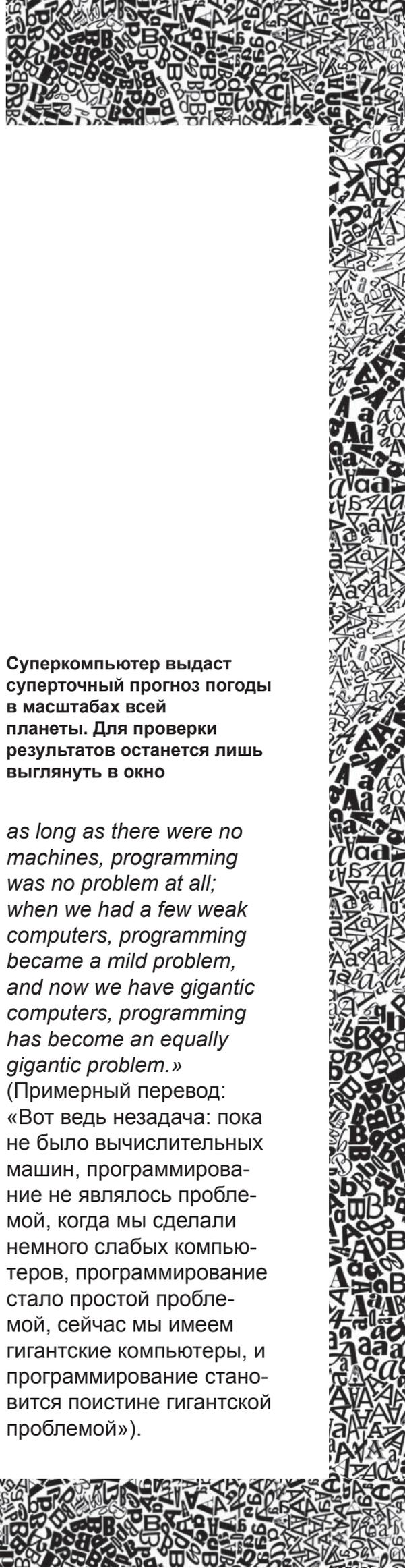


длительностью 1.5 Gflop. Для проверки результатов останется лишь выглянуть в окно. Понятно, что решение такой задачи требует использования более мощной техники. Еще более впечатляющими по требуемому времени выполнения являются задачи астрофизики и биофизики. Для моделирования развития галактики из 10^{11} звезд на один шаг интегрирования уравнений математической модели требуется примерно 1 год времени работы современного персонального компьютера. Таких шагов для получения сколь-нибудь адекватных результатов требуется несколько миллиардов. А

для моделирования образования белка методами молекулярной динамики у вас уйдет 10^{25} машинных команд, что займет на одноядерном персональном компьютере с тактовой частотой 3.2 Ghz 10^6 веков. Понятно, что при таких сроках расчетов ни один исследователь результатов не дожидается. Есть задачи, и есть техника для их решения. Что же мешает эффективному использованию высокопроизводительных вычислительных комплексов? Для ответа на этот вопрос проще всего привести цитату из лекции Дейкстры, прочитанной им при получении Тьюринговской премии: «*To put it quite bluntly:*

Суперкомпьютер выдаст суперточный прогноз погоды в масштабах всей планеты. Для проверки результатов останется лишь выглянуть в окно

as long as there were no machines, programming was no problem at all; when we had a few weak computers, programming became a mild problem, and now we have gigantic computers, programming has become an equally gigantic problem.» (Примерный перевод: «Вот ведь незадача: пока не было вычислительных машин, программирование не являлось проблемой, когда мы сделали немного слабых компьютеров, программирование стало простой проблемой, сейчас мы имеем гигантские компьютеры, и программирование становится поистине гигантской проблемой»).





Для моделирования развития галактики из 10^{11} звезд требуется целый год работы современного персонального компьютера

Эта гигантская проблема заключается в том, что для решения имеющихся задач на существующих мощных компьютерах нужно написать соответствующие программы, а это не всегда просто. Мы столкнулись с очередным кризисом программного обеспечения.

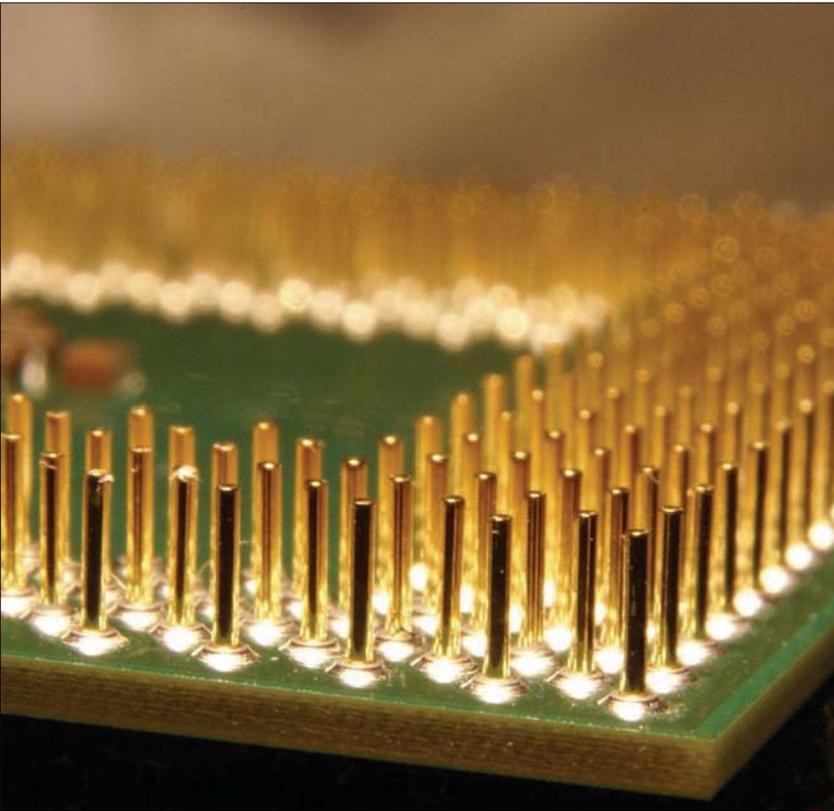
Три кризиса программного обеспечения

В процессе развития вычислительных систем программное обеспечение (software) и аппаратное обеспечение (hardware) эволюционировали совместно, оказывая влияние друг на друга. Появление новых технических возможностей приводило к

прорыву в области создания удобных, безопасных и эффективных программ, а свежие программные идеи стимулировали поиски новых технических решений. Несоответствие выросших технических способностей ЭВМ решать сложные задачи и существующего программного обеспечения трижды приводило к кризисам software, два из которых были успешно преодолены.

Программирование можно разделить на низкоуровневое и высокоуровневое. Языки низкого уровня называются так, потому что они приближены к системе команд процессора (или других устройств). Приме-

рами таких языков служат различные ассемблеры, автокоды и т.п.. Программирование сложных задач на таких языках возможно, но представляет значительные трудности. Первый кризис программного обеспечения можно датировать концом 1950-х – началом 1970-х годов, когда программирование на языках низкого уровня вошло в противоречие с возможностями компьютеров. Тогда назрела необходимость перехода на более высокий уровень абстракции и переносимости программ. Решением появившейся проблемы стало развитие языков высокого уровня (ALGOL, FORTRAN, C и



Экспериментальный
многоядерный процессор

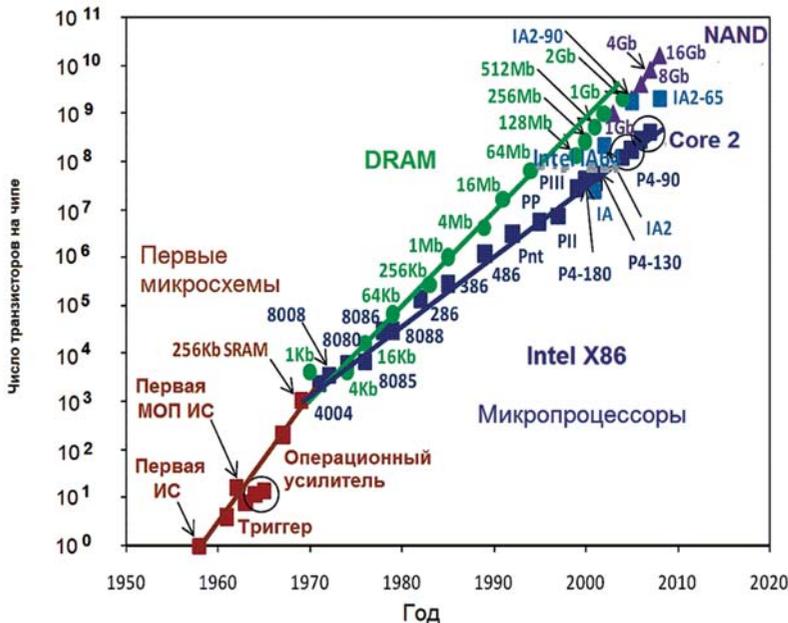
так далее) для машин неймановской архитектуры. Тогда же стали возникать служебные программы. Это трансляторы и компиляторы, позволявшие переводить программы с языка высокого уровня на язык низкого уровня, а затем – в машинные коды. Тогда же стали появляться системы управления заданиями, первые операционные системы. Второй кризис software разразился в 1980-е – 1990-е годы. Технический уровень вычислительных систем разрабатывал сложные и надежные программные комплексы, содержащие миллионы строк кода и написанные сотнями программистов.

Но существовавшее программное обеспечение сдерживало этот процесс. Выход из сложившейся ситуации появился с созданием объектно-ориентированных языков программирования и инструментария для поддержки больших программных проектов. До начала нынешнего века повышение производительности массовых вычислительных систем осуществлялось двумя путями. Первый путь – экстенсивный: повышение плотности полупроводниковых элементов на одном кристалле и увеличение тактовой частоты их работы без существенного изменения архитектуры

компьютеров. Второй путь – интенсивный: внедрение элементов параллелизма в компьютерных комплексах – от параллельной выборки разрядов из памяти до многих устройств, одновременно выполняющих различные операции.

В 1965 году Гордон Мур, один из основателей Intel, сформулировал эмпирический закон, который обычно принято записывать так: количество полупроводниковых элементов на кристалле и производительность процессоров будут удваиваться в среднем каждые полтора–два года. Однако в реальности закон Мура носил экономический характер и перво-



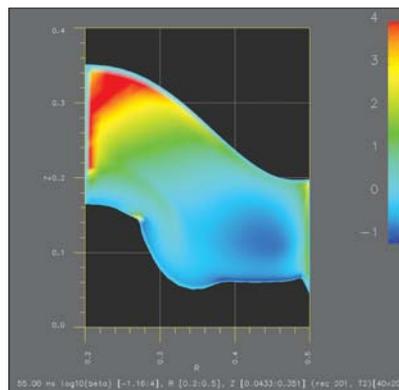
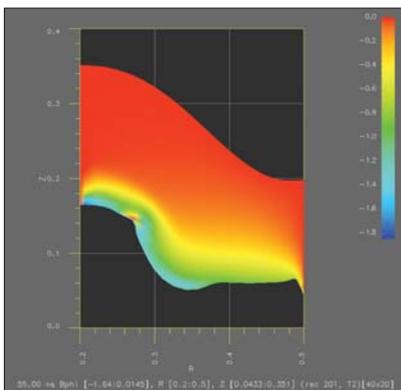
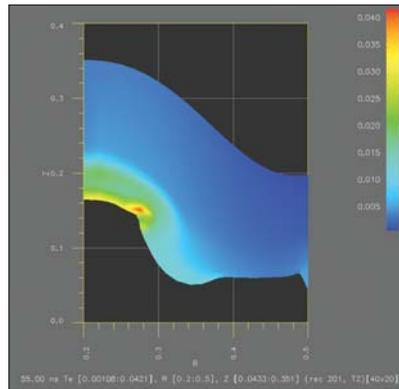
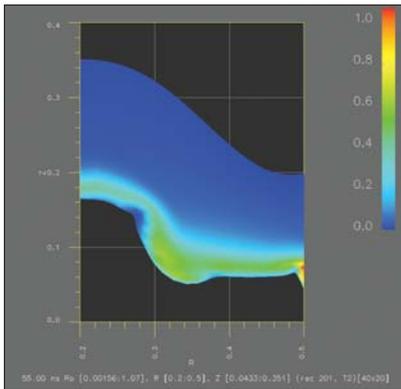


По закону Мура, удвоение количества ядер на процессоре будет происходить каждые полтора–два года

начально утверждал, что стоимость производства одного транзистора будет вдвое снижаться каждые полтора года. Закон Мура в экономической форме, по мнению сотрудников Intel, будет действовать вплоть до 2015 года. Начиная с 2005 года, интенсивный путь повышения производительности компьютеров стал преобладающим – появились многоядерные процессоры. Теперь закон Мура в среде людей, близких к информационным наукам, принято формулировать так: удвоение количества ядер на процессоре будет происходить каждые полтора–два года. Начался третий кризис

software. Существующая массовая парадигма программирования — создание последовательных программ – пришла в противоречие с массовым появлением нескольких исполнителей в вычислительной системе. Сейчас в продаже почти невозможно найти ноутбук с одним вычислительным ядром на процессоре. Скоро в продаже появятся мобильные телефоны с многоядерными процессорами внутри. Каким окажется путь разрешения этого кризиса, покажет время. Однако в настоящий момент невозможно оставаться на острие научных исследований без изменения парадигмы программирования

вания в математическом моделировании. **Последовательная и параллельная парадигмы программирования.** В научной среде до сих пор нет единого мнения о том, что следует понимать под термином «парадигма программирования». Под парадигмой программирования мы будем понимать совокупность этапов работы, которую должен проделать специалист в области математического моделирования от постановки задачи до получения результатов ее решения на компьютере. При решении задачи на последовательной вычислительной системе (один процессор и одно ядро)



Результаты расчета динамики плазменной перетяжки – цветные карты плотности плазмы, электронной температуры, магнитной индукции и отношения магнитного и гидродинамического давлений

принято считать, что эта совокупность состоит из пяти этапов.

Первый этап.

Постановка задачи.

На этом этапе проводится предварительная работа, коллективы заказчиков (физиков, химиков, биологов и так далее) определяются, что они хотят от математиков и программистов. На этом обязательном этапе никакого творчества не происходит, специалисты в разных предметных областях вырабатывают единый язык, на котором им предстоит общаться.

Второй этап.

Создание

математической модели.

Это первая часть так

называемой «Триады Самарского». Именно академик Александр Андреевич Самарский впервые сформулировал тезис, что с появлением ЭВМ математика становится экспериментальной наукой. Записывая уравнения (математическая модель, описывающая физический, биологический, социальный феномен), мы можем решать их приближенно с помощью компьютера, менять данные и параметры задачи, смотреть, что будет с системой при изменении тех или иных условий.

Третий этап.

Разработка алгоритма решения в рамках созданной

математической модели. Это – основная часть работы математика-прикладника.

После того, как сформулировал уравнения математической модели, но до того, как начал писать программу, математик-прикладник должен выбрать метод приближенного решения задачи (одной и той же системе уравнений модели могут соответствовать разные методы решения) и разработать алгоритм реализации метода (одному и тому же методу могут соответствовать различные алгоритмы). Здесь необходим специалист, обладающий глубокими знаниями математики и некоторым

чутьем, так как многие вопросы выбора метода и алгоритма для сложных задач неформализованы.

Четвертый этап.

Написание программы, реализующей алгоритм, в одной из выбранных моделей программирования и на выбранном алгоритмическом языке.

Модель программирования определяет основные идеи и стиль программной реализации, абстрагируясь от алгоритмического языка и, частично, от hardware. Например, модель функционального программирования, модель объектно-ориентированного программирования, модель продукционного программирования и так далее.

Пятый этап.

Работа программы как набора процессов и/или нитей исполнения на вычислительной системе и получение результатов. После того, как прошли все пять этапов, наступает этап интерпретации результатов, здесь снова необходимо взаимодействие разных специалистов. Иногда после этого снова наступает первый этап. При решении задачи на параллельной вычислительной системе (несколько процессоров и/или несколько ядер) в этой совокупности появляются дополнительные этапы.

Теперь этапов становится восемь:

Первые три этапа ничем не отличаются от случая реализации проекта на компьютере с неймановской архитектурой.

Первый этап. Постановка задачи.

Второй этап. Создание математической модели.

Третий этап. Разработка алгоритма.

Четвертый этап.

Декомпозиция алгоритма (decomposition).

При параллельной реализации алгоритма мы предполагаем, что он будет выполнен несколькими исполнителями. Для этого нужно выделить в алгоритме наборы действий, которые могут быть осуществлены одновременно, независимо друг от друга – декомпозировать алгоритм. Различают два вида декомпозиции – по данным и по вычислениям. Если в алгоритме сходным образом обрабатываются большие объемы данных, то можно попробовать разделить эти данные на зоны ответственности, каждая из которых допускает независимую обработку отдельным исполнителем, и выявить вычисления, связанные с этими зонами. Это – декомпозиция по данным. Другой подход предполагает разделение вычислений на зоны ответственности для их выполнения

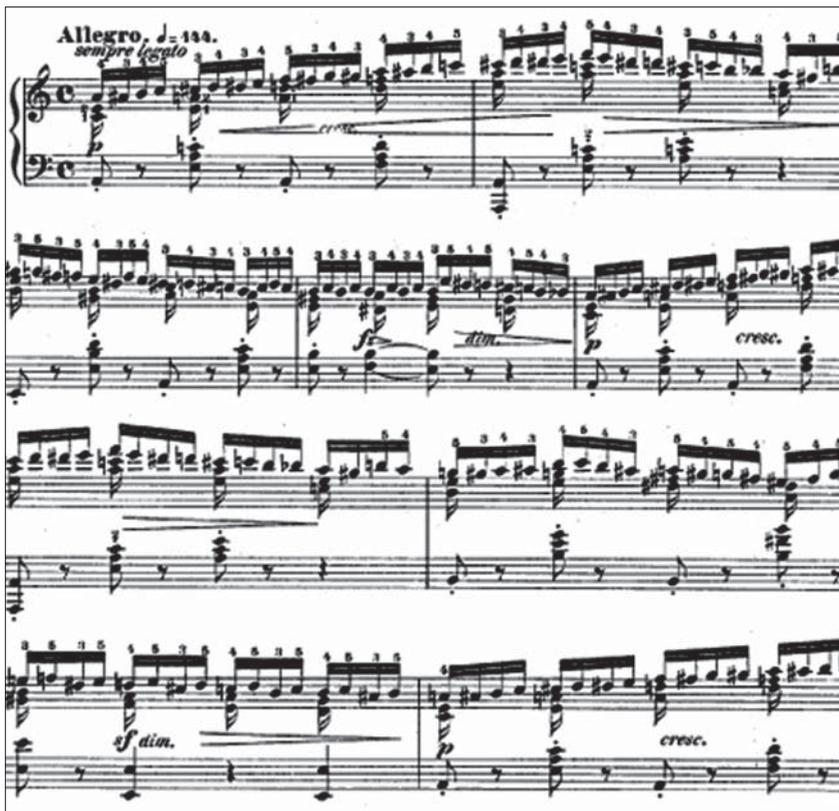
на разных исполнителях и определение данных, связанных с этими вычислениями. Это – декомпозиция по вычислениям (функциональная декомпозиция).

Декомпозиция возможна не всегда. Существуют алгоритмы, которые принципиально не допускают при своей реализации участия нескольких исполнителей.

Пятый этап.

Назначение работ (assignment).

После успешного завершения этапа декомпозиции весь алгоритм представляет собой совокупность множеств наборов действий, направленных на решение подзадач отдельными исполнителями. Наборы действий одного множества допускают одновременное и независимое выполнение. Множества могут содержать различное количество наборов и, соответственно, реализовываться на разном количестве исполнителей. Не исключено, что часть множеств будет содержать всего один набор и требовать всего один процессор (ядро). В реальности количество имеющихся ядер всегда ограничено. На данном этапе необходимо определить, сколько исполнителей вы собираетесь задействовать и как распределить подзадачи по исполнителям.



У программиста должно быть настроение композитора, подготовившего все партитуры для исполнения своей симфонии

Основными целями назначения подзадач являются балансировка загрузки процессоров (ядер), уменьшение обменов данными между ними и сокращение накладных расходов на выполнение самого назначения. По времени способы назначения разделяются на две категории:

- статические – распределение выполняется на этапе написания, компиляции или старта программы (до реального начала вычислений);
- динамические – распределение осуществляется в процессе исполнения.

Шестой этап.

Аранжировка.

После завершения этапа

назначения мы находимся в состоянии композитора, подготовившего все партитуры для исполнения своей симфонии. Уже написана аранжировка – проведена раскладка музыкального произведения по всем инструментам. Аранжировщик определяет, в какой момент слушатели должны слышать, например, скрипки, а в какой момент – тромбоны. Но нормальное звучание оркестра возможно лишь при наличии дирижера, который синхронизирует деятельность отдельных музыкантов и вносит в исполнение свой стиль. Роль дирижера тоже определяется на этапе аранжировки.

Его целью является выбор программной модели и определение требуемой синхронизации работы исполнителей, которая во многом будет зависеть от программной модели. Остановимся подробнее на программных моделях для работы на параллельных вычислительных системах.

Хотя классификация и названия программных моделей до конца не устоялись, мы выделим четыре основных:

Последовательная модель предполагает, что вы пишете обычную последовательную программу в одной из последовательных моделей программирования для

последующего автоматического ее распараллеливания компилятором или специальными программными средствами. Преимущество модели – не надо делать ничего лишнего по сравнению с последовательным вариантом, недостаток – автоматическое распараллеливание имеет крайне ограниченные возможности.

Модель передачи сообщений предполагает, что работающее приложение состоит из набора процессов с различными адресными пространствами, каждый из которых функционирует на своем исполнителе.

Процессы обмениваются данными с помощью передачи сообщений через явные операции send/receive (отослать сообщение/принять сообщение). Преимущество этой модели заключается в том, что программист осуществляет полный контроль над решением задачи, а ее недостаток – в сложности программирования.

Модель разделяемой памяти предполагает, что приложение состоит из набора нитей исполнения (thread'ов), использующих разделяемые переменные и примитивы синхронизации. Выделяются две подмодели: первая подмодель обладает хорошей переносимостью, дает полный контроль над вы-

полнением, но очень трудоемка; вторая подмодель легка для программирования, но не дает возможности полностью контролировать решение задачи.

Модель разделенных данных предполагает, что приложение состоит из наборов процессов или thread'ов, каждый из которых работает со своим набором данных, обмена информацией при работе нет. Такая модель применима лишь для ограниченного класса задач.

Седьмой этап.

Написание программы, реализующей алгоритм, в выбранной модели программирования и на выбранном алгоритмическом языке. Модель программирования определяет основные идеи и стиль программной реализации, абстрагируясь от алгоритмического языка и, частично, от hardware. Например, модель функционального программирования, модель объектно-ориентированного программирования, модель продукционного программирования и так далее.

Восьмой этап.

Отображение. При запуске программы на параллельной компьютерной системе необходимо сопоставить виртуальным исполнителям, появившимся на предыдущих этапах парадигмы прог-

раммирования, реальные физические устройства. В зависимости от выбранной модели программирования это может делать как человек, проводящий вычислительный эксперимент, так и операционная система.

Заметим, что проблема кризиса программного обеспечения и производства супервычислений очень остра. Как правило, на таких системах решаются большие уникальные задачи – от прогноза погоды до моделирования ядерных испытаний и проектирования новых лекарственных препаратов. Уже известны случаи, когда архитектура «железа» продумывается под одну единственную задачу, которая на данном суперкомпьютере будет выполняться. И с этой точки зрения самым ценным суперкомпьютерным ресурсом остается человек, специалист по супервычислениям, который может правильно поставить задачу и определиться с путем ее решения. Для подготовки таких специалистов в России сформировано несколько НОЦ – научно-учебных центров. Один из таких центров по суперкомпьютерным технологиям организован в МФТИ.

**Владимир КАРПОВ,
Алексей ЛОБАНОВ**

При написании статьи использованы материалы лекционных курсов авторов в рамках НОЦ СКТ МФТИ.

Список литературы:

- Шагин И.. Архитектура высокопроизводительных компьютеров и вычислительных систем. – 17.12.2001.
- Российский список Top 50 самых мощных суперкомпьютеров <http://supercomputers.ru/top50/?page=rating>
- <http://www.top500.org/lists/2011/09>
- Терехов И.. К созданию экзафлопсного суперкомпьютера подключилась Intel. – 18.08.2010. <http://www.3dnews.ru/news/>
- Wilkinson B., Allen M.. Parallel programming techniques and applications using networked workstations and parallel computers. – Pearson Education, 2005. – p. 468.
- Карпов В.Е., Коньков К.А.. Основы операционных систем. – М.: Интуит.ру, 2005. – 657с..
- Воеводин В.В., Воеводин Вл.В.. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 601 с..
- http://ru.wikipedia.org/wiki/Парадигма_программирования
- Столяров Л.Н., Абрамов В.М.. Начала информатики. От задачи к программе. – М.: Изд-во МАКЕТ, 2007. – 120 с..
- Самарский А.А., Михайлов А.С.. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – 2 изд., М. – Физматлит, 2002 – 320 с..



Лобанов

Алексей Иванович, выпускник МФТИ 1984 года, доктор физико-математических наук, профессор кафедры вычислительной математики МФТИ, заведующий кафедрой высшей математики Московской государственной академии водного транспорта, заведующий кафедрой высокопроизводительных вычислений и прикладного математического моделирования Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова. Автор 130 научных работ, нескольких учебников и учебных пособий. Область научных интересов: высокопроизводительные вычисления, математическое моделирование в динамике высокотемпературной плазмы, математическое моделирование в биологии, в частности, процессов свертывания крови.



Карпов

Владимир Ефимович, выпускник МФТИ 1984 года, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики МФТИ. Автор 30 научных работ. Широкую известность приобрела написанная им в соавторстве с К.А. Коньковым книга «Основы операционных систем». Область научных интересов: высокопроизводительные вычисления, распараллеливание алгоритмов и программ, параллельные алгоритмы, математическое моделирование в динамике плазмы.



ПО СЛЕДАМ ИСТОРИИ





С ЧЕГО НАЧИНАЛСЯ

«МФТИ-60»

История высокопроизводительных вычислений в МФТИ началась еще в конце 1970-х годов.

Ректор МФТИ (1962–1987 годы) академик Олег Михайлович Белоцерковский осознал важность образования в области суперкомпьютерных технологий в результате бесед с академиком Никитой Николаевичем Моисеевым, который после одной из своих заграничных командировок рассказал ему о введенной в действие в США машине CRAY-1. Почти сразу же на кафедре вычислительной математики МФТИ по

инициативе Олега Михайловича, ею заведующего, профессор В.В. Щенников начал читать студентам и аспирантам факультета управления и прикладной математики (ФУПМ) курс лекций «Программирование на векторно-конвейерных ЭВМ». Слухи о заморском чуде – компьютере CRAY-1 со скромной по сегодняшним меркам производительностью 133 Мфлоп – казались волшебными сказками, тем более, что

реальные расчеты в нашей стране в это время велись на БЭСМ-6, машине с гораздо более скромными возможностями. Тогда же группа энтузиастов написала на БЭСМ-6 эмулятор CRAY-1. Затем суперкомпьютеры стали появляться на базовых кафедрах МФТИ. В 1991–1992 годах в Институте автоматизации проектирования РАН (ИАП РАН) появилась индийская суперкомпьютерная система «Param 8000». Желаю-

щие – студенты Физтеха, аспиранты, молодые исследователи – смогли попробовать себя в программировании на этой транспьютерной системе. Самым активным энтузиастом и пропагандистом параллельных вычислений оставался академик О.М. Белоцерковский, основавший и возглавивший ИАП РАН.

В самом Долгопрудном потребности в высокопроизводительных вычислительных системах стали ощущать преподаватели, научные сотрудники, студенты, занимавшиеся численным моделированием в механике сплошных сред.

Часть расчетов выполнялась в ИАП РАН (там стала появляться более мощная индийская техника), возникли первые кластеры, собранные из персональных компьютеров.

В конце 1990-х годов группы энтузиастов собирали кластеры «на коленках» – на базе учебных классов МФТИ. Днем они функционировали как класс для практических занятий студентов, вечером и ночью – как кластер для научных расчетов.

Перелом наступил после того, как МФТИ в 2006 году стал победителем общероссийского конкурса в рамках приоритетного национального проекта «Образование» Мини-

стерства образования и науки РФ. В рамках проекта был построен кластер «МФТИ-60». Такое название – неслучайное: в дни объявления результатов мега-конкурса физтехи отмечали 60-летие со дня организации физикотехнического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. В мае 2007 года в рамках выполнения национального проекта «Образование», при большой поддержке и постоянном внимании ректора МФТИ члена-корреспондента РАН Николая Николаевича Кудрявцева, кластер «МФТИ-60» был собран и протестирован.

На момент тестирования кластер занимал 415 позицию в мировом суперкомпьютерном рейтинге Top 500. В октябре 2007 года кластер был пущен в эксплуатацию. Системным интегратором кластера стал Институт системного программирования РАН (директор – выпускник МФТИ академик В.П. Иванников), поставщиком оборудования – ООО «ИВО Модуль». Кластер имеет 136 узлов (процессоры Intel Xeon) с пиковой производительностью 6,5 терафлопс. В процессе эксплуатации кластера был разработан технологический прием «отладочный кластер». Его авторы – доцент кафедры информатики

В.Е. Карпов и профессор кафедры вычислительной математики А.И. Лобанов. Сущность данного приема заключается в том, что для отладки программ и обучения новых пользователей целевым образом создается отладочный кластер. Программное обеспечение отладочного кластера дублирует программное обеспечение основного.

В результате, пользователи, научившиеся работать и добившиеся работоспособности своих программ на отладочном кластере, могут с минимальными затратами перейти на основной.

В то же время, сбои, создаваемые ошибками неопытных пользователей, неработоспособными программами и т. п., не влияют на работу основного кластера. Опыт показал, что такой подход гарантирует практически полное отсутствие сбоев во время «массового счета», что значительно повышает эффективность работы системы для пользователей и административной группы и снижает стоимость использования системы.

Петр ПУГОВКИН

От счёт – до экзафлопса

Создаются
русские
счёты с
десятичной
системой
счисления.



XVI век

SC11: экзафлопс к 2020 году

На прошедшей в Сиэтле XI международной конференции по суперкомпьютерам SC11 самой горячо обсуждаемой темой стала задача достижения быстродействия 1 экзафлопса до конца нынешнего десятилетия, то есть мощности, примерно на три порядка большей, чем у самых быстрых из ныне существующих систем.

Восемь-девять лет – это большой период времени, но участие в SC11 оставило ощущение, что экзафлопс буквально за поворотом. Инициатива отчасти исходит от Министерства энергетики США, которое планирует финансировать разработку этих сверхмощных систем. Прошедшим летом Минэнерго сообщило суперкомпьютерной отрасли, что примерно в 2019-2020 году ему понадобится экзафлопсная система, потребляющая

не более 20 МВт. С тех пор начались изыскания способов выполнить эту задачу. В то время как производители решают проблемы потребляемой мощности и быстродействия, пользователи высокопроизводительных вычислительных систем преодолевают трудности масштабирования кода, чтобы в полной мере использовать возможности новых суперкомпьютеров.

«Открытые системы»

Первая считающая машина создана Уильямом Шикардом. Довольно громоздкий аппарат мог применять простые арифметические действия (сложение, вычитание) с 7-значными числами.

«Вычислитель» Блеза Паскаля – первая настоящему популярная считающая машина, производившая арифметические действия над 5-значными числами.

Вильгельм Годфрид фон Лейбниц сконструировал механическую счетную машину, которая умела производить не только операции сложения и вычитания, но и умножения.

Создается одно из первых механических вычислительных устройств – машина Якобсона.

1623 год

1644 год

1674 год

1770 год

Кажется, дождь собирается...

Состоялась презентация нового вычислительного комплекса Росгидромета. Стойку с 96 узлами общей производительностью около 15 Тфлопс разработала и установила группа компаний РСК.

Высокие технологии позволяют делать прогноз погоды на сутки за 5 минут, повышая его точность до 95%, кроме того, составляют прогнозы на ближайшие восемь дней. Точность прогнозов связана с уменьшением шага сетки. Сейчас в европейских проектах он равен 7 км. В расчетах для Олимпиады в Сочи он будет равен 2 км, а для горной местности в районе Красной Поляны, шаг придется уменьшить аж до 600 м. Росгидромету нужны новые машины вплоть до петафлопсных масштабов в связи с Олимпиадой и не только, но определенность еще не достигнута. В любом случае затраты на вычислительную технику составляют порядка 10% от общих, рядом с такими задачами, как модернизация сети метеостанций, они смотрятся скромно.

В ЗАГС – по Интернету

Скоро все необходимые данные из ЗАГСа, можно будет получить через Интернет.

Предполагается техническое переоснащение ЗАГСов по всей стране и создание единого федерального информационного ресурса ЗАГС.

На его создание предлагается выделить 13 миллиардов рублей.

Точная дата перехода всех ЗАГСов страны на интернет-обслуживание пока не определена.

«Российская газета»

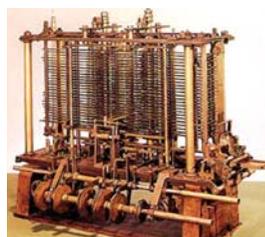
РИА «Новости»

Первый калькулятор «Арифмометр» Шарля де Кольмара. Продержался на рынке (с некоторыми усовершенствованиями) целых 90 лет.



1820 год

Знаменитая «Аналитическая машина» Чарльза Бэббиджа – первый программируемый компьютер, использовавший primitive программы на перфокартах. В это время впервые возникла идея параллельных вычислений.



1834 год

Петербургским учителем музыки Куммером предложено механическое устройство для автоматизации вычислений (счислитель Куммера), серийно выпускавшееся с различными модификациями вплоть до 1970-х годов.

1846 год

Для геймеров и ученых

17 ноября корпорация Intel представила в Москве процессоры Intel Core i7-3960X Extreme Edition и Intel Core i7-3930K, первые шестиядерные чипы семейства Intel Core второго поколения.

В Intel подчеркивают, что новые микропроцессоры, содержащие более 2 миллиардов транзисторов, соответствуют по производительности 365 тысячам процессорам Intel 4004.

Первый микропроцессор корпорации был представлен ровно 40 лет назад, 15 ноября 1971 года. Он был создан для калькуляторов японской компании Busicom, содержал 2,3 тысячи транзисторов и работал на тактовой частоте 740 КГц.

«Открытые системы»

Чип – суперкомпьютер

Корпорация Intel выпустила новый чип, который должен демонстрировать устойчивую производительность на уровне 1 TFLOPS (один триллион вычислительных операций в секунду). Примерно такой же производительностью обладал суперкомпьютер, на создание которого 15 лет тому назад правительство США потратило 55 миллионов долларов. Процессор Knights Corner впервые был представлен на международной суперкомпьютерной конференции SC11 в середине ноября.

«Открытые системы»



Математик и механик Пафнутий Львович Чебышев создал суммирующий аппарат с непрерывной передачей десятков, а в 1881 году – приставку к нему для умножения и деления. Это устройство получило название «арифмометр Чебышева».

Дорр Фелт создал Comptometer – первое устройство с клавишным вводом данных.

Налажен массовый выпуск усовершенствованных арифмометров, которые в первой четверти XIX века были основными математическими машинами. Их модификация «Феликс» выпускалась в СССР до 1970-х годов.

Известный математик, кораблестроитель академик А.Н. Крылов предложил конструкцию машины для интегрирования дифференциальных уравнений, которая была построена в 1912 году.

1878 год

1886 год

1890 год

1904 год

Мы – за энергоэффективность

Компания nVidia сообщила о том, что в Испании, в Барселонском суперкомпьютерном центре (BSC), планируется развертывание гибридного вычислительного комплекса нового типа.

Речь идет о системе, в которой впервые в мире будут объединены чипы Tegra с ARM-ядрами и графические процессоры nVidia с поддержкой CUDA. Ожидается, что такая комбинация обеспечит высокие показатели энергетической эффективности и быстродействия. На ближайшее будущее намечена разработка суперкомпьютера на платформе Tegra, который при сопоставимом уровне производительности обеспечит выигрыш в энергопотреблении в 2–5 раз по сравнению с современными системами.

К 2014 году энергоэффективность планируется повысить в 4–10 раз. В долгосрочной перспективе участники проекта надеются создать вычислительный комплекс, быстродействие которого теоретически достигнет эксафлопса – квинтиллиона операций с плавающей запятой в секунду. При этом, предположительно, система будет потреблять в 15–30 раз меньше энергии по сравнению с суперкомпьютерами на базе традиционных архитектур.

По материалам nVidia

Выпущен клавишный полуавтоматический арифмометр КСМ-1.

1935 год

Корпорация IBM начала выпуск массовых вычислителей IBM-601.

1935 год



Говард Эйкен создал «ASCC Mark I» – машину, считающуюся дедушкой современных компьютеров. Её вес составлял более 7 тонн и состоял из 750 000 частей. Машина применялась в военных целях – для расчёта артиллерийских таблиц.

1943 год



Россия уступила Польше 5:6

Опубликована новая редакция списка Top 500. Возглавляет список K computer Fujitsu в институте RIKEN, только с другими цифрами: сейчас его производительность превышает 10 Пфлопс.

На втором месте – китайский гигант, собранный компанией NUDT для суперкомпьютерного центра в Тяньджине.

И лишь на третьем месте система из США – хорошо знакомый Jaguar (Cray). Порог попадания в список поднялся с 40 до 50 Тфлопс, что привело к печальным для престижа российской НРС-отрасли последствиям: машины, до этого занимавшие позиции в пятой сотне списка, теперь его покинули вовсе, и Россия осталась всего с 5 системами. «Ломоносов» откатился с 13 на 18 место, и это

единственный российский компьютер в первой сотне.

По числу систем Россию обогнала Польша, но по суммарной производительности соседка пока уступает нам в два с лишним раза. Снизу подпирают Австралия, Италия и Корея.

Еще одно знаковое событие: по числу систем Азия, наконец, обогнала Европу. По суммарной производительности она уже сильнее в 2 раза.

«Суперкомпьютеры»

Под руководством Джона фон Неймана разработана теоретическая модель устройства компьютера – первое в мире описание компьютера, использовавшего загружаемые извне программы.

1945 год

Создан ENIAC – самый грандиозный и мощный ламповый компьютер той эпохи. Компьютер весит 70 тонн и содержит в себе почти 18 тысяч электронных ламп. Рабочая частота компьютера не превышает 100КГц (несколько сот операций в секунду).

1945 год

Вступил в действие первая в СССР вычислительная электронная цифровая машина МЭСМ, самая быстродействующая тогда в Европе, а в 1951 году она официально вводится в эксплуатацию.

1950 год

В Академии наук СССР вводится в эксплуатацию БЭСМ, разработанная под руководством С.А. Лебедева. БЭСМ относится к классу цифровых вычислительных машин общего назначения, ориентированных на решение сложных задач науки и техники.

1953 год

Гонка за эксафлопсом

Концепция развития в России технологий высокопроизводительных вычислений на базе суперкомпьютера экзафлопсного класса на 2012-2020 годы подготовлена и утверждена межведомственной группой по развитию суперкомпьютеров в России и их применению в промышленности, возглавляемой гендиректором «Росатома» Сергеем Кириенко.

Эксперты, работавшие над концепцией, предварительно оценили необходимый для реализации проекта объем средств примерно в 45 миллиардов рублей. В нынешнем варианте концепции предлагаются возможные исполнители проектов. Для фундаментальных исследований на эту роль выдвигаются институты РАН,

а для реализации прикладной части – структуры «Росатома» и поставщик суперкомпьютеров «Т-Платформы». Последняя компания совместно с госкорпорацией могла бы участвовать в разработке архитектуры вычислительных систем и, возможно, элементной базы. Что касается сроков создания самого суперкомпьютера,

его планируется строить с десятикратным увеличением мощностей каждые три года. В 2011 году «Росатом» сообщил о запуске системы мощностью в 1 Пфлопс в подконтрольном ему Федеральном ядерном центре в Сарове. В 2014-2015 годах планируется запуск системы в 10-15 Пфлопс, в 2017-2018 годах – 100 Пфлопс, а в

В Москве, в СКБ Министерства машиностроения и приборостроения под руководством Ю.Я. Базилевского и Б.И. Рамеева закончена разработка серийной ЭВМ «Стрела» общего назначения.

Институт точной механики и вычислительной техники АН СССР ввел усовершенствования в Большую ЭВМ «БЭСМ», повысившие ее быстродействие до 8000 операций в секунду.

В Массачусетском технологическом институте создан первый компьютер на транзисторной основе. В этом же году IBM создала первый накопитель информации, прототип винчестера, жёсткий диск КАМАС 305.

Завершена разработка одной из наиболее совершенных чисто релейных вычислительных машин РВМ-1. Машина сконструирована и построена под руководством советского инженера И.И. Бессонова.

1953 год

1955 год

1956 год

1957 год

Обмен семинарами

2020 году – выйти на экзафлопсный уровень производительности. Стоит отметить, что на 2020 год экзафлопсные планы есть также у Китая и Японии. В августе сообщалось, что Япония предварительно оценила стоимость создания такой машины в \$1,3 млрд (около 40 млрд руб. по текущему курсу валют). США планируют создать экзафлопсный суперкомпьютер несколько раньше своих российских и азиатских коллег – в 2018 году.

В МФТИ прошел научный семинар «Квантовый компьютер и программирование: новые подходы» для преподавателей, аспирантов и студентов.

Тема семинара:

1. Переосмысление понятий «вычисление» и идей Фон Неймана и Тьюринга об устройстве компьютеров, понятие «сложность алгоритмов».
2. Стохастичность и вычисления.
3. Примеры алгоритмов и подходов.

Докладчики – преподаватели кафедры системного программирования СПбГУ. Семинар организован кафедрой информатики МФТИ и базовой кафедрой теоретической и прикладной информатики МФТИ при Parallels, Acronis, Runa Capital совместно с кафедрой системного программирования СПбГУ.

«Mipt.ru»

«Cnews»

В Пензе под руководством Б.И. Рамеева создана одноадресная ламповая ЭВМ «Урал-1» общего назначения, ориентированная на решение инженерно-технических и планово-экономических задач.

Под руководством Н.П. Брусенцова в вычислительном центре МГУ была создана и запущена в производство первая и единственная в мире троичная ЭВМ «Сетунь», предназначенная для решения научно-технических и экономических задач.

В Институте кибернетики АН УССР разработана электронная цифровая вычислительная машина «КИЕВ», предназначенная для решения широкого круга научных и инженерных задач.

Д. Килби и Р. Нойс создали уникальную цепь логических элементов на поверхности кремниевого кристалла, соединённого алюминевыми контактами – первый прототип микропроцессора, интегральную микросхему.



«Торнадо» в МФТИ

Группа компаний РСК в рамках контракта с МФТИ разработала и установила пилотную систему, которая стала основой вычислительного кластера в лаборатории I-SCALARE. Новый суперкомпьютер основан на архитектуре «РСК Торнадо», впервые продемонстрированной на европейской отраслевой выставке ISC в Гамбурге в июне 2011 года.

«РСК Торнадо» – это суперкомпьютерное решение с жидкостным охлаждением для массово доступных стандартных серверных плат на базе процессоров Intel Xeon.

На текущий момент пилотная кластерная система в МФТИ обладает производительностью в 2,5 Тфлопс и состоит из 16 вычислительных узлов, каждый из которых содержит по два высокопроизводительных процессора Intel Xeon 5680

с тактовой частотой 3,33 ГГц. На каждый узел приходится по 36 Гбайт оперативной памяти и система хранения данных емкостью 3 Тбайт. Коммуникационная сеть построена на базе высокоскоростного интерфейса Infiniband QDR. В дальнейшем в рамках планового расширения уже в этом году производительность вычислительного кластера МФТИ будет увеличена до 30 Тфлопс.

«3DNews»

Созданы опытные образцы ЭВМ М-40, М-50 для систем противоракетной обороны (ПРО).

В СССР была введена в эксплуатацию первая ламповая специализированная стационарная ЭВМ «СПЕКТР-4» предназначенная для наведения истребителей-перехватчиков.

Под руководством Я.А. Хетагурова (ЦМНИИ-1) создана первая в СССР мобильная полупроводниковая ЭВМ «КУРС» для обработки радиолокационной информации.

В СССР разработана первая полупроводниковая управляющая машина «Днепр» (В.М. Глушков, Б.Н. Машиновский).

1959 год

1959 год

1959 год

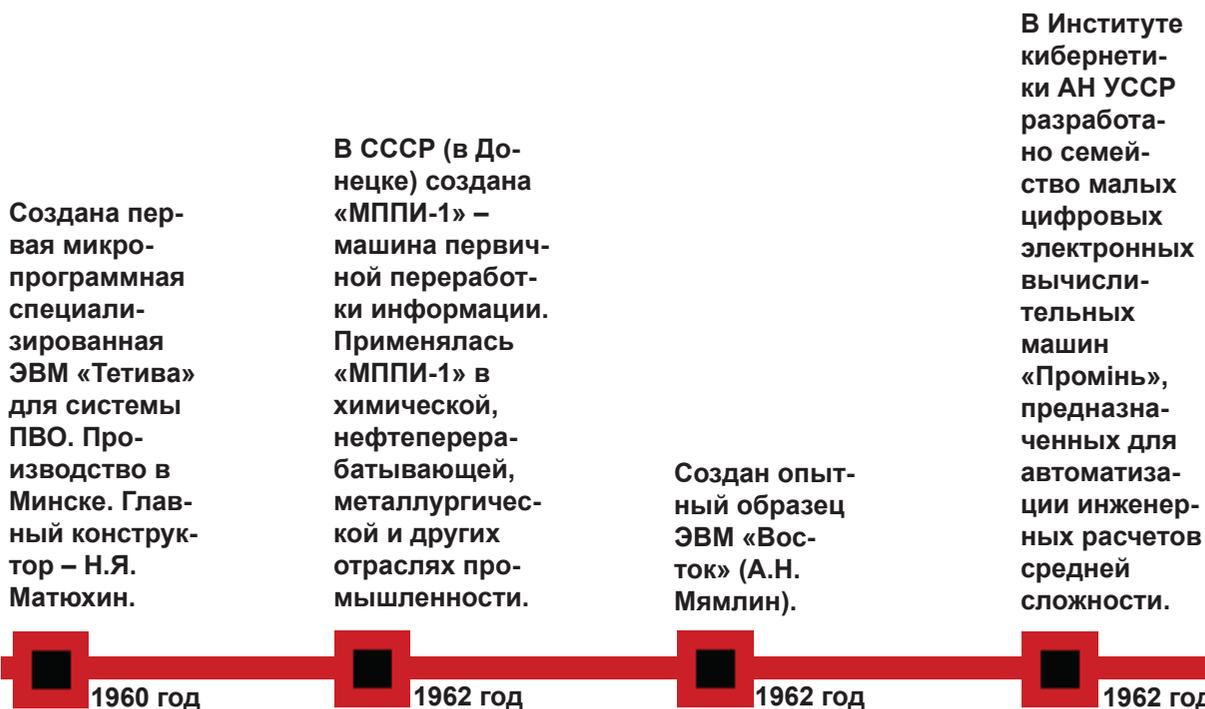
1960 год

Ненужный баннер

Исследовательский центр рекрутингового портала Superjob.ru провел опрос среди российских интернет-пользователей из всех округов страны. Как оказалось, почти половина опрошенных (49%) хотя бы иногда кликает по баннерам. Как правило, интернет-пользователи делают это тогда, когда рекламируемый товар их интересует и они уверены в безопасности ссылки. Некоторые опрошенные подчеркивают, что готовы пройти по предлагаемой ссылке, «если баннер нетривиальный», «когда это что-то яркое и запоминающееся по внешнему виду». Никогда не кликает по баннерам 51% российских пользователей Интернета. Онлайн-реклама не привлекает их по разным причинам: 22% опрошенных боятся вирусов, 13% – не находят на баннерах ничего интересного для себя, 8% – относятся к баннерам как к спаму.

Больше всего россиянам не нравится навязчивость баннеров (26%). Каждому десятому опрошенному (10%) в баннерах не нравится буквально все. Мерцание раздражает 8% интернет-пользователей, лживость, реклама – 4%. Среди других вариантов – безвкусица (2%), невозможность сразу закрыть баннер, снижение скорости работы компьютера, чрезмерная яркость, бесполезность, анимация, глупые темы, порнографические заставки (по 1%). Затруднились определить, что их больше всего раздражает в баннерах, 13% респондентов.

«Открытые системы»



За нефтью – на конференцию

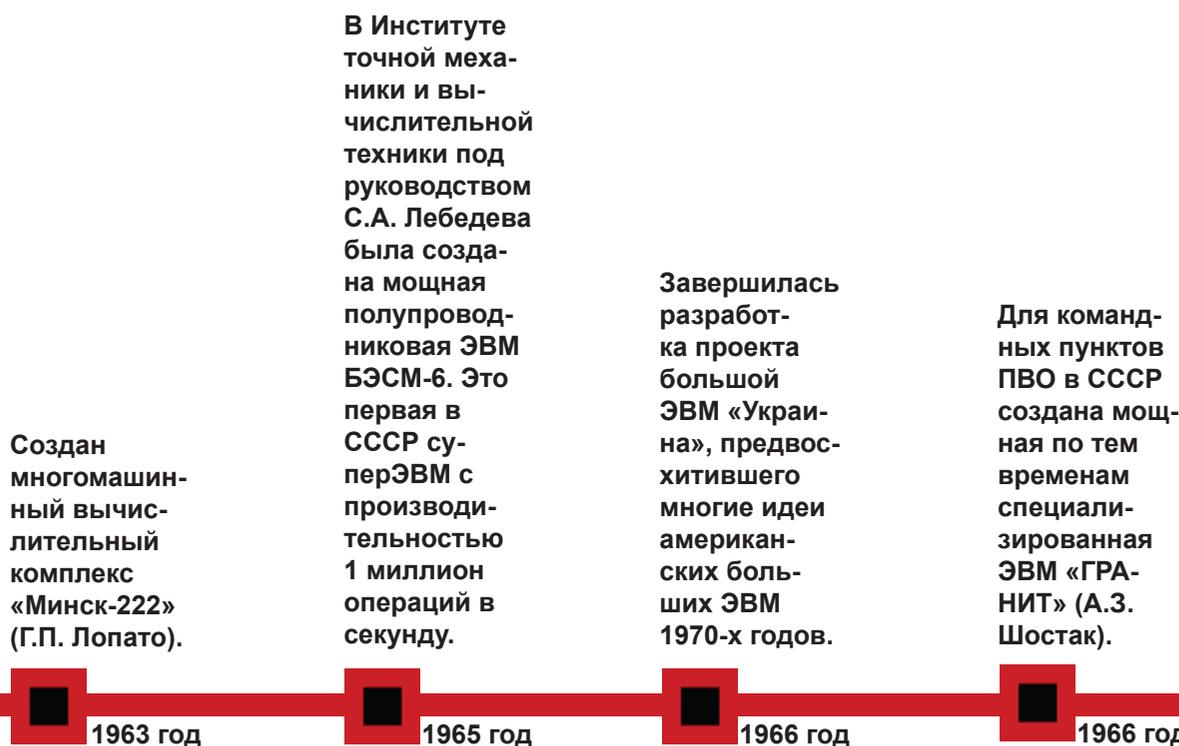
6-8 декабря в конференц-зале Суперкомпьютерного центра МГУ на Ленинских горах состоится II конференция «Суперкомпьютерные технологии в нефтегазовой отрасли», посвященная определению наиболее эффективных методов и средств повышения скорости и информативности решения ресурсоемких вычислительных задач нефтегазовой отрасли при поисках, добыче и переработке нефти и газа.

Программа конференции представляет прекрасную возможность для обмена опытом и идеями, а также для налаживания сотрудничества между представителями науки, образования и бизнеса.

За прошедший год после проведения I конференции «Суперкомпьютерные технологии в нефтегазовой отрасли» произошел ряд событий: на россий-

ских и зарубежных конференциях и семинарах нефтегазового и суперкомпьютерного сообществ существенное внимание уделено задачам внедрения суперкомпьютерных технологий; обновился и повысил мощность парк российских высокопроизводительных вычислительных систем; начата проработка концепции создания в России вычис-

лительных систем экзафлопсной производительности, успешно развивается проект «Суперкомпьютерное образование», завершился процесс консолидации суперкомпьютерного сообщества в рамках Национальной суперкомпьютерной технологической платформы. Организаторы конференции надеются, что результаты декабрьской



В sky через Skype

конференции станут основой для консолидации профессиональных сообществ в целях эффективного использования и развития отечественных суперкомпьютерных технологий с учетом специфических потребностей стратегически важной для России нефтегазовой отрасли на всех этапах технологического цикла от поисков, разведки, разработки месторождений до транспортировки и переработки.

«Neftegaz.RU»

Пассажиры московского аэропорта «Шереметьево» могут пройти видеорегистрацию на рейс с помощью оператора интернет-телефонии Skype, это позволит авиапутешественникам быстрее проходить предполетные формальности в аэропорту.

Для того чтобы воспользоваться новой услугой, необходимо совершить видео-звонок по Skype, сообщить фамилию, паспортные данные и номер рейса. После этого работник аэропорта с помощью Skype вышлет пассажиру посадочный талон, который необходимо распечатать и иметь при себе в аэропорту для прохождения всех предполетных формальностей. По прибытии в аэропорт пассажиру останется только оформить багаж (при его наличии).

«Открытые системы»

Ввод в действие электронной счетной машины БЭСМ-6 в Вычислительном центре АН СССР. Начало ее серийного производства на заводе счетно-аналитических машин (САМ) в Москве. За все время (до начала 1980-х годов) было построено около 350 БЭСМ-6.

Создан 5Э92Б – двухпроцессорный компьютер на дискретных полупроводниковых схемах, основной компьютер в первой системе ПРО Москвы.

Intel представил первую микросхему оперативной памяти объемом 1 Кб.

Создана много-машинная система коллективного пользования «АИСТ-0» на базе нескольких М-20 под управлением «Минск-32». Разработчики А.П. Ершов, Г.И. Кожухин, Г.П. Макаров, М.И. Нечепуренко, И.В. Поттосин.



Россия и Белоруссия: киберобъединение

Ученые России и Белоруссии подготовили концепции трех союзных программ по разработке и использованию суперкомпьютерных технологий в реальном секторе экономики – «СКИФ-НЕДРА», «СКИФ-СОЮЗ» и «ОРБИСС».

Концепция первой программы «СКИФ-НЕДРА» позволит использовать высокопроизводительные информационно-вычислительные технологии в сфере геологоразведочных работ и разработке полезных ископаемых Союзного государства. Новая программа станет катализатором для роста спроса на высокотехнологичные услуги компаний стран-участниц Союзного государства, в том числе на мировом рынке.

В рамках программы «СКИФ-СОЮЗ» предусматривается создать единую базу киберинфраструктуры Белоруссии и Рос-

сии посредством создания совокупности суперкомпьютерных центров, систем хранения данных, систем связи и технологий.

Согласно концепции программы «ОРБИСС», планируется создание специализированных центров обработки данных для промпредприятий и сформировать единую инфраструктуру суперкомпьютерного сервиса для промышленности. Программа «ОРБИСС» является продолжением программ Союзного государства «ТРИАДА» и «СКИФ-ГРИД».

«Regnum»

По заказу японского производителя микрокалькуляторов Busicom команда разработчиков Intel под руководством Теда Хоффа создала первый 4-разрядный микропроцессор Intel-4004. Скорость процессора – 60 тысяч операций в секунду.

1971 год

С использованием БЭСМ-6 была создана многомашинная система с переменной структурой АС-6 для задач управления космическими полетами в СССР.

1973 год

Начало выпуска высокопроизводительной ЭВМ с многоформатной векторной RISC-архитектурой для систем предупреждения о ракетном нападении и общего наблюдения за космическим пространством М-10 (М.А. Карцев).

1973 год

Хероx создал прототип первого персонального компьютера. Первый герой, появившийся на экране, – Коржик, персонаж детского телесериала «Улица Сезам». В этом же году появился первый готовый персональный компьютер, укомплектованный процессором Intel-8008 и с 1 Кб оперативной памяти.

1973 год

Учиться и учиться! А чему?

9 декабря 2011 года в Москве пройдет IV Международная конференция Intel «Чему и как учиться и учить в XXI веке». Конференция посвящена 10-летию программы Intel «Обучение для будущего».

Цель конференции: продвижение образовательных инициатив корпорации Intel в России и странах СНГ.

Задачи конференции: оценить вклад образовательных программ Intel в образование и профессиональную подготовку педагогических кадров за 10 лет; создать условия интеграции образовательных программ Intel в систему образования России и стран СНГ; рассмотреть и определить новые векторы для развития программ Intel в России и СНГ. Участники образовательных программ Intel «Обучение для будущего», «Путь

к успеху», «Образовательная галактика Intel» – это представители образовательных организаций России, Украины, Казахстана, Азербайджана, Белоруссии. Конференция пройдет в гостинице «Космос» и будет состоять из официальной части, на которой выступят ведущие специалисты в области образования и инноваций. Также в рамках конференции планируется работа мастерских и дискуссионных столов, проведение презентаций инновационных проектов.

Петр ПУГОВКИН

Результатом совместных разработок специалистами СССР, НРБ, ВНР, ПНР, ЧССР и ГДР явилось создание и выпуск мини-ЭВМ СМ-1, СМ-2, СМ-3 и СМ-4 с широким диапазоном применений.

Стив Возняк и Стив Джобс собрали в собственной гаражной мастерской компьютер серии Apple. А 1 апреля того же года на свет появилась компания Apple Computer. Компьютер Apple I поступил в широкую продажу с весьма сакраментальной ценой на ценнике – 666.66\$.

Создан первый симметричный многопроцессорный вычислительный комплекс (МВК) «Эльбрус-1» на ИС средней интеграции со средствами аппаратной поддержки развитой структуры программ и данных (В.С. Бурцев, Б.А. Бабаян).

Выпуск высокопроизводительных многопроцессорных УВК с перестраиваемой структурой ПС 2000, реализующих распараллеливание на уровне задач, ветвей, векторных и скалярных операций в задачах геофизики, научных экспериментов и др. областей. Разработчики: ИПУ (Москва), НИИУВМ (Северодонецк).



Intel и «Сколково» подвели итоги конкурса

Корпорация Intel и фонд «Сколково» подвели итоги конкурса прикладных разработок и исследований в области компьютерных технологий «Компьютерный континуум: от идеи до воплощения» с призовым фондом более миллиона рублей.

Первое место в конкурсе занял проект на стыке высоких технологий и моды «Распределенная система вычислений при заказе выкроек одежды по электронной почте» компании «Лателье». Гран-при составляет 400 тысяч рублей, которые победитель получит от Intel. Победители конкурса по отдельным направлениям в качестве приза получают от Intel по 200 тысяч рублей. В направлении «Высокопроизводительные и облачные

вычисления» победила компания «Геолаб» за проект разработки технологии построения сейсмических моделей месторождений горючих полезных ископаемых.

Приз в области «Новые и актуальные проблемы ИКТ» взял разработчик Виталий Бурсук с проектом «Адаптивный алгоритм масштабирования изображения».

В категории «Мобильные приложения» победила компания «Лаборатория

мобильных сервисов» с проектом «Сервис Altero Zoom» – персональный помощник туриста.

Три проекта из числа лауреатов конкурса были номинированы на получение статуса участника проекта «Сколково».

Также среди лучших проектов будут выбраны кандидаты для дальнейшего рассмотрения в рамках программ поддержки фонда «Сколково» и Intel. Ряд проектов получили также специальные призы от

Выпуск много-процессорного (10 процессоров) вычислительного комплекса «Эльбрус-2» производительностью 125 миллионов операций в секунду (MIPS). В.С. Бурцев.

1985 год

Выпущен бытовой компьютер «Электроника БК0010-01».

1985 год

На заводе ВЭМ в Пензе передана в производство ЭВМ ЕС 1766 (до 256 процессоров).

1986 год

Выпуск комплекта учебной вычислительной техники КУВТ «Корвет», включающего рабочее место учителя, 12 рабочих мест учащихся, объединенных в локальную сеть.

1987 год

Дорогие облака

партнеров конкурса. Организаторы конкурса приняли более 120 заявок, половина из которых поступила по направлению высокопроизводительных вычислений, 46 проектов поданы в категории новых и актуальных проектов. Меньше всего заявок (18) поступило в категории мобильных приложений. Больше всего заявок поступило из Москвы (31), Нижнего Новгорода и Санкт-Петербурга (по 10).

РИА «Новости»

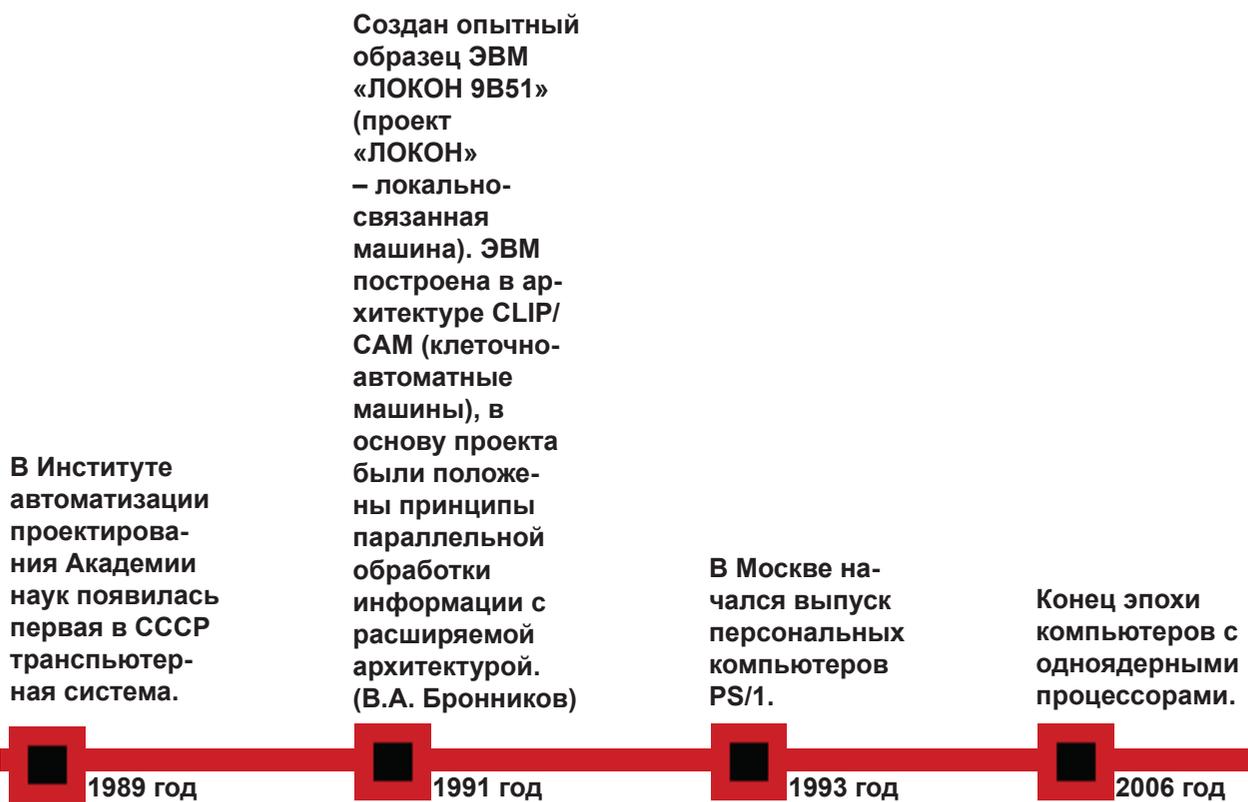
В Москве прошла конференция «Услуги из облака: спектр выбора». В отчете IDC «Прогноз по всемирным и региональным публичным облачным ИТ-сервисам на 2011-2015 годы» сказано, что на протяжении ближайших пяти лет рынок публичных облачных вычислений будет расти со скоростью 27,6% в год и увеличится к 2015 году до \$72,9 млрд. Объем российского рынка облачных услуг в 2010 году составил \$35,08 млн.

К концу 2015 года объем этого сектора отечественного рынка прогнозируется на уровне, превышающем \$1,2 млрд.

По данным IDC, в 2010 году объем рынка публичных облачных услуг в России составил \$13 млн, из них проектные услуги – 38%.

Объем рынка частных облачных услуг достиг \$22,08 млн (из них проектные услуги – 73%).

MSKIT.ru



Суперкомпьютер на «мобильных» процессорах

Nvidia вышла на рынок суперкомпьютеров, попутно бросив вызов процессорному гиганту Intel. Создатель графических чипов сообщил, что в гибридных суперкомпьютерах, создаваемых государственным научно-исследовательским центром BSC (Barcelona Supercomputing Center), будут впервые использованы процессоры Nvidia Tegra на архитектуре ARM и GPU Nvidia с поддержкой CUDA.

Дебютный прототип будет использовать тысячу этих процессоров, усиленных графическими чипами того же производителя. Как ожидается, испанский суперкомпьютер поможет ARM-архитектуре завоевать эту сферу вычислений, в которой традиционно доминируют Intel и AMD. Комбинация Tegra и GPU позволит получить энергетическую эффективность, превосходящую показатели лучших современных систем в 15 или даже 30 раз, отмечает издание Los Angeles Times. В большинстве современных систем

процессоры потребляют львиную долю энергии, которая может достигать 40% и выше. Архитектура Mont-Blanc будет опираться на энергосберегающие ускорители и процессоры ARM, которые используются в мобильных устройствах. Уже к 2014 году планируется получить 4 – 10-кратный выигрыш в экономии энергии. Сейчас разработчики преследуют цель достигнуть уровня производительности выше PFLOPS (квадриллион операций с плавающей запятой в секунду).

По материалам «DailyComm»

В МФТИ собран и протестирован кластер «МФТИ-60», названный в честь 60-летия Физтеха. На момент тестирования кластер занимал 415 позицию в мировом суперкомпьютерном рейтинге Top 500. Кластер имеет 136 узлов (процессоры Intel Xeon) с пиковой производительностью 6,5 терафлопс.

В МГУ состоялся запуск суперкомпьютера «Ломоносов». Его пиковая производительность 1,3 петафлопса. «Ломоносов» – лидер высокопроизводительных систем в России и СНГ. В мировом рейтинге Top 500 он занимает 18 место (по данным на ноябрь 2011 года).

В Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН запущен суперкомпьютер «К-100», названный в честь Мстислава Всеволодовича Келдыша. Пиковая производительность «К-100» – 107 терафлопс, энергопотребление зимой – 70 киловатт, летом – 80 киловатт.

Ожидается появление первой экзафлопсной супермашины. В какой стране это произойдет?

2007 год

2009 год

2010 год

2020 год

Лекция «Плазменные электрические двигатели»

9 декабря в МФТИ состоится лекция «Плазменные электрические двигатели» Олега Батищева, Professor of Physics, Northeastern University, Бостон, США.

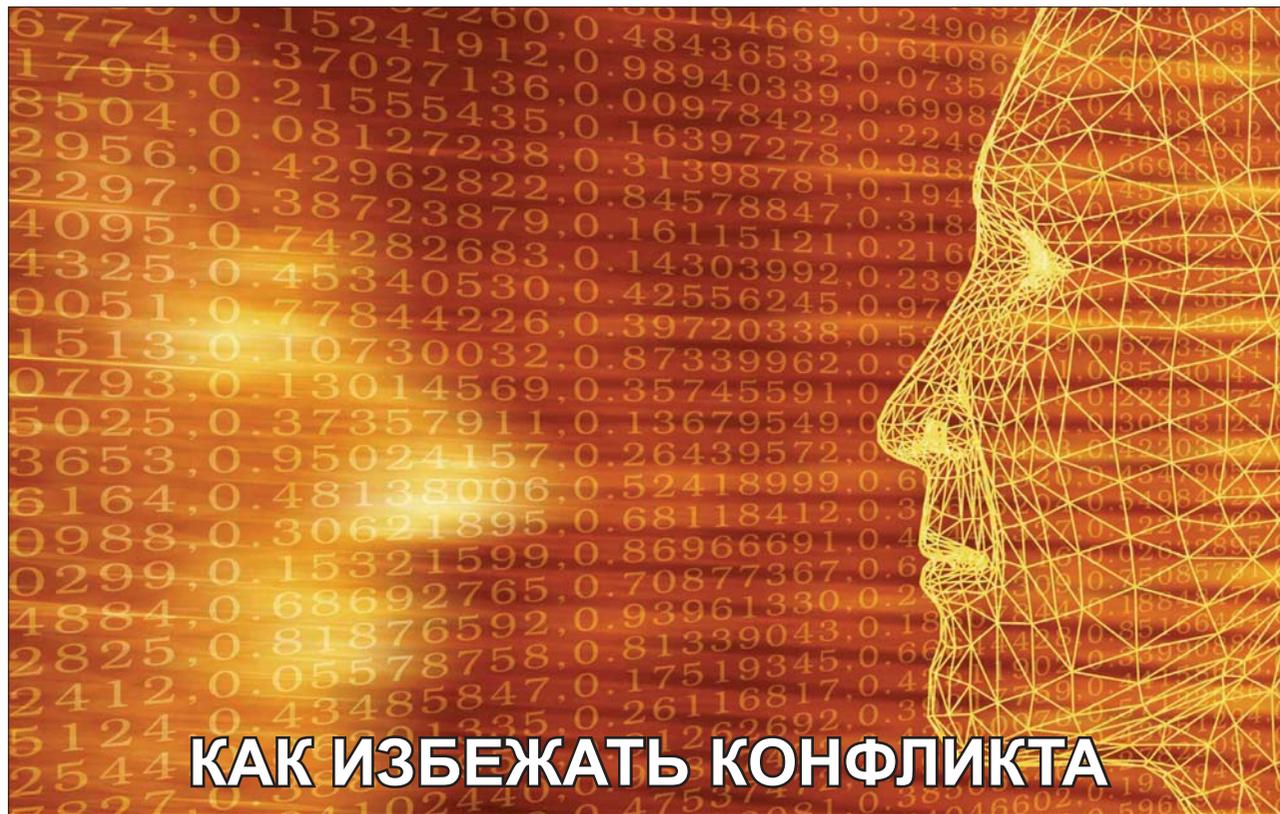
На лекции профессор Батищев расскажет о плазменных двигателях, о создании нового двигателя с ВЧ-нагревом и об использовании кинетических расчетов на адаптивных сетках при численном моделировании данного класса задач.

Олег Батищев возглавляет группу по разработке плазменного электрореактивного двигателя (ЭРД) принципиально нового типа в Лаборатории космических двигателей (Space Propulsion Laboratory) факультета аэронавтики и астронавтики

Массачусетского технологического института (MIT).

В начале 1990-х Олег Батищев, молодой кандидат физико-математических наук, выпускник и доцент МФТИ, работал в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, где занимался численным моделированием систем кинетических уравнений для электронов, ионов нейтральных атомов.

По материалам «Популярной механики»



КАК ИЗБЕЖАТЬ КОНФЛИКТА

между машиной и человеком

С удовольствием пользуясь достижениями суперкомпьютерных технологий, большинство из нас, от студента до министра, не осознает, не видит пропасти, которая образуется между колоссальными возможностями вычислительных машин и посредственным уровнем программного обеспечения. Способный программист может обуздать машины, но способных нужна целая армия. Их готовят сильнейшие университеты, объединяющиеся в поиске простого алгоритма и нового подхода в подготовке уникальных специалистов. Один из таких подходов – национальная система научно-образовательных центров.

На вопросы о деятельности НОЦев отвечает Владимир Воеводин.



– Владимир Валентинович, совершенно очевидно, что деятельность российских НОЦев, консорциумов и других форм организованной суперкомпьютерной деятельности строилась не на пустом месте.

Наши творческие коллективы работают с 1950-х годов.

С какого момента «суперкомпьютерная» деятельность начала структурироваться?

– С 2008 года. Именно тогда четыре университета (Московский, Нижегородский, Южно-Уральский и Томский) решили объединиться в Суперкомпьютерный консорциум университетов России.

Основная задача консорциума – объединить потенциал, который есть в вузах (кадры, машины, науку) и использовать его для развития своей области. Результат объединения не заставил себя

годы. Его полное название – «Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения».

**Основная задача
Суперкомпьютерного консорциума –
объединить потенциал, который есть
в вузах (кадры, машины, науку) и
использовать его
для развития своей области**

ждать: уже в 2009 году с подачи консорциума появился президентский проект по развитию суперкомпьютерного образования на 2010-2012

Одним из пунктов проекта значилась организация НОЦев. Первые научно-образовательные центры появились уже в 2010 году.

Было решено, что НОЦ должен создаваться в каждом федеральном округе. Поскольку Центральный федеральный округ – эпицентр высшего образования, в нем возникли два НОЦа – в МГУ и в МФТИ. Причем по задумке организаторов, НОЦ не обязательно должен был быть крупным компьютерным центром с мощной железкой. Если она есть, хорошо. Но это не главное. Сейчас телекоммуникации позволяют работать на суперкомпьютере удаленно. Уже нет такого понятия, какое было раньше: зайти в машинный зал и считать задачу.

На своем рабочем месте через Интернет, сделав определенные телодвижения для обеспечения безопасности, можно зайти на любую машину любой страны. Поэтому наиглавнейшее в НОЦе – опытный коллектив экспертов, способный координировать суперкомпьютерную активность у себя в регионе.

– Владимир Валентинович, на что делается основной упор при реализации президентского проекта?

– На консолидацию мощнейшего потенциала Суперкомпьютерного консорциума, на его максимальное использование в национальной системе высшего образования. И

потенциал консорциума растет, в нем уже больше 50 вузов.

– Консорциум имеет отношение к «Университетскому кластеру», объединившему, возможно, те же 50 вузов России?

– Это две несвязанные в данный момент между собой активности. С идеологом «Университетского кластера» и моим научным руководителем Виктором Петровичем Ивановым мы на эту тему беседовали.

Решили, что надо еще раз встретиться и подумать, как нам объединиться. Конечно же, здесь можно действовать только сообща. Во-первых, в настоящий момент не то, что одной организации, одному государству не поднять всю ту инфраструктуру, которая сопровождает суперкомпьютерное хозяйство. Во-вторых, деятельность в одиночку – это нерациональная трата драгоценного времени.

– Что из себя представляет суперкомпьютерная консолидация на международном уровне?

– Есть два крупных проекта: международный International Exascale Software Project и европейский European Exascale Software Initiative. Инициаторами международного проекта стали американцы Джек Донгара и Пит Бэкман. Они со-

Воеводин

Владимир Валентинович, заместитель директора по науке Научно-исследовательского вычислительного центра МГУ им. М.В. Ломоносова, член-корреспондент РАН. Область научных исследований: теория анализа структуры программ; инструментальные системы для исследования и преобразования структуры программ под требования архитектуры параллельных компьютеров; теория оптимизации и преобразования программ; методы анализа динамических характеристик параллельных программ; методы формального описания и классификации архитектуры параллельных компьютеров; параллельные вычисления в Интернет. Автор более 80 научных работ, 4 монографий, лауреат премии Правительства РФ в области образования, руководитель многих проектов: информационно-аналитического Центра по параллельным вычислениям Parallel.ru, Top 50 самых мощных компьютеров СНГ, председатель редакционного совета журнала «Суперкомпьютеры».



**Российские
суперкомпьютеры широко
присутствуют в списке
Top 500**

брали профессионалов со всего мира – около ста человек – и совместно хотят спрогнозировать ситуацию к 2018–2019 годам, когда появятся экзафлопсные машины. А это не просто переход к очередной букве – тера, пета, экза. Там совершенно невероятные степени параллелизма, которых сейчас в принципе нет. И нужно будет в этом новом мире жить, нужно переделывать весь спектр программ компьютерного обеспечения – от самых основ операционных систем до прикладных пакетов. В проекте много американцев, японцев, европейцев.

– Кто представляет Россию в проекте?

– Из России, увы, я один. В рамках проекта идет попытка объединить всех мировых производителей железа, программного обеспечения, представителей сервисов.

Профессионалы со всего мира совместно хотят спрогнозировать ситуацию к 2018–2019 годам, когда появятся экзафлопсные машины. Там совершенно невероятные степени параллелизма, которых сейчас в принципе нет

Здесь задействованы сильные ученые, которые прогнозируют развитие аппаратуры, программного обеспечения,

появление новых задач, потребности промышленности. Там есть сильные прикладники, они говорят о потребностях в своих областях – нефтедобыче, проектировании авиаци-

онных двигателей, молекулярном моделировании и так далее. Также там присутствуют представители практически всех

вендоров. Они должны понимать, что от них ждут, что актуально и на что нужно нацеливаться. И там же присутствуют представители финансирующих органов. Будь то Американское министерство энергетики, будь то Еврокомиссия, должны видеть и чувствовать, на что направлять деньги в первую очередь. Увы, там нет представителей нашего Минобрнауки, нет представителей российских фондов, очень надеюсь, что это еще впереди. Второй – европейский проект называется немножко по-другому, но у него та же идея. Я вовлечен и в европейский проект. Причем эти два проекта тесно сотрудничают. Их задачи: провести ревизию и понять, что есть в каждой стране; определить ключевые болевые точки и сильные места, а уже потом решить, какие гранты и конкурсы объявлять. Конечно, России надо в этих проектах участвовать.

– Нужно ли это нашим западным соседям?

– Главное, это нужно России. 16–18 ноября Россию посетили представители Еврокомиссии, в Минобрнауки они обсуждали возможности научно-образовательного сотрудничества, а в Минэкономразвитии налаживали контакты между нашими и европейскими

технологическими платформами. Сами по себе российские технологические платформы – очень серьезный государственный проект. Их список определился, это 28 платформ в области медицины, биотехнологии, космоса, металлургии, нефтегазопереработки, электроники, экологии. Но пока о деятельности наших техплатформ приходится говорить только протоколами намерений. Хотя оптимизм есть.

– Коллеги-иностранцы заметили российский прогресс в области высоких технологий?

– Конечно, они восхищаются темпом развития российского суперкомпьютерного направления и

университетов Запада. Помоему, это было даже до того, как мы сделали первый Top 50 самых мощных суперкомпьютеров СНГ в 2004 году. На тот момент суперкомпьютер мощностью один терафлопс в мире был средней рабочей лошадкой, а у нас такая машина стояла только в МСЦ РАН.

И я задал коллеге вопрос: сколько западных университетов имеют суперкомпьютер мощностью один терафлопс? Он говорит: «Ну, наверное, пятьдесят». После этого я спросил про российские университеты, при этом всячески подначивая, мол, Россия же огромная! Он говорит: «Наверное, сто». А на тот момент в рос-

Коллеги-иностранцы восхищаются темпом развития российского суперкомпьютерного направления

тем, что этот вопрос взят под государственный контроль.

Лет 7–8 назад у меня была интересная беседа с представителем компании Intel. Мы с ним обсуждали оснащенность суперкомпьютерами университетов России и оснащенность суперкомпьютерами уни-

верситетов Запада. Помоему, это было даже до того, как мы сделали первый Top 50 самых мощных суперкомпьютеров СНГ в 2004 году. На тот момент суперкомпьютер мощностью один терафлопс в мире был средней рабочей лошадкой, а у нас такая машина стояла только в МСЦ РАН.

И я задал коллеге вопрос: сколько западных университетов имеют суперкомпьютер мощностью один терафлопс? Он говорит: «Ну, наверное, пятьдесят». После этого я спросил про российские университеты, при этом всячески подначивая, мол, Россия же огромная! Он говорит: «Наверное, сто». А на тот момент в рос-





Владимир Воеводин
в телестудии научно-
популярного проекта
«Академия»

– Необходима хорошая пропаганда. Я всегда говорю: нужно учить всех, от школьников до членов правительства, чтобы понимали, зачем и для чего нужны суперкомпьютеры. Мы регулярно издаем тематический альманах. Каждая статья в нем – отдельная задача, отдельное приложение суперкомпьютерных технологий в самых разных областях. Здесь есть и инженерные расчеты, есть и разработки лекарств, климат, нефть, ну многое-многое. Альманах пишется в максимально доступной форме. Его первый выпуск появился в 2009 году к заседанию в МГУ Комиссии по модернизации и тех-

нологическому развитию экономики России, на которое приехал президент России Дмитрий Медведев. Тогда же состоялось открытие суперкомпьютера «Ломоносов». И задача альманаха заключалась в том, чтобы оказаться на столе каждого участника заседания. Это было сделано. Человек открыл журнал, полистал, и у него уже правильные ассоциации возникают, начинает становиться понятным, что это нужно и что это востребовано. Еще важный проект: сотрудничество с газетой научного сообщества «Поиск». С ней состоялись переговоры, и с сентября по декабрь выходит

серия материалов, полностью посвященных суперкомпьютерам.

Уникальным считаю телевизионный проект «Академия», в котором мне посчастливилось участвовать. Там специалисты в своих областях читают популярные лекции.

– Сейчас университеты готовят программистов с первого курса. Может, их надо готовить с 9 класса? В рамках НОЦ обсуждаются какие-то школьные проекты?

– Конечно, школьники должны знать, что суперкомпьютеры есть, что высокие технологии стремительно развиваются. Мы пока стараемся не затрагивать вопрос школьного

образования, поскольку он очень деликатный. Тут напрямую нужно работать со специалистами, чтобы не навредить. И пока речь об изменении школьной программы не идет. В НОЦе мы активно практикуем экскурсии для школьников: приводим их в свой суперкомплекс, показываем огромного

– Она появится на Вашем столе. К 2025 году. А вот где появится первая экзафлопсная машина, вопрос очень интересный. Я думаю, в Китае. На тему экзафлопса есть много споров. Даже на крупнейшей суперкомпьютерной конференции в Гамбурге публично поспорили Т. Липперт – директор су-

Где и когда появится первая
экзафлопсная машина?
Вопрос очень интересный.
Я думаю, в Китае

«Ломоносова», они такого никогда не видели, и зрелище вызывает у детей безусловное изумление. Подобные экскурсии проходят в кластере МФТИ. Каждая экскурсия сопровождается популярной лекцией, и дети убеждаются, что почти все, с чем они живут, опирается на суперкомпьютерные технологии. Здесь и автомобили, и космос, и авиация, и проектирование лекарств, и прогноз климата, те же самые «Шрек» и «Властелин колец» – суперкомпьютерные проекты.
– **Что Вы думаете о несуществующей, но уже невероятно популярной экзафлопсной машине? Где и когда она появится?**

перкомпьютерного центра в Юлихе и Хорст Саймон, один из тех, кто подписывает сертификаты Top500. В начале конференции они спорили на 1000 евро. Один говорит, что не будет до 2020 года экзафлопса, а другой говорит – будет! Но во время докладов ставка поднялась до 2000 евро, поскольку каждый все более был уверен в своей позиции, диаметрально противоположной.

Подготовила
Наталья БЕЛИКОВА

Из досье «За науку»

НОЦ – это форма объединения потенциала (учебного, научного, ресурсного) его участников для проведения скоординированных действий в образовательной и научной областях, интеграции в единой зоне научных исследований, подготовки высококвалифицированных кадров, развития их инновационной деятельности, ориентированной на потребности экономики и общественной жизни региона.

Технологическая платформа – коммуникационная площадка для взаимодействия бизнеса, науки, потребителей и государства по вопросам модернизации и научно-технического развития по определенным технологическим направлениям. Технологическая платформа как коммуникационный инструмент направлена на активизацию усилий в области создания перспективных технологий, новой продукции и услуг.



РАН – СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР





МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ суперкомпьютерный центр РАН

Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН создан в 1996 году совместным решением Президиума Российской академии наук, Министерства науки и технологий Российской Федерации, Министерства образования Российской Федерации и Российского фонда фундаментальных исследований, и является государственным научным учреждением.

Основные задачи МСЦ:

- обеспечение исследователей – сотрудников научных учреждений РАН, участников научных программ Министерства промышленности, науки

- и технологий РФ и Министерства образования РФ, грантодержателей РФФИ и федеральных научных центров – современными вычислительными ресурсами, в том числе дистанционно через Национальную сеть компьютерных телекоммуникаций для науки и высшей школы;
- оказание методической помощи исследователям в использовании высокопроизводительных вычислительных средств и современных средств обработки информации, в том числе по каналам Internet;
- обеспечение доступа к современным базам данных;

- проведение исследований по развитию системного и прикладного математического обеспечения, а также решение задач большой сложности.

Директор МСЦ – выпускник МФТИ, академик Савин Геннадий Иванович, ведущий ученый в области информационных технологий и математического моделирования.

Петр ПУГОВКИН



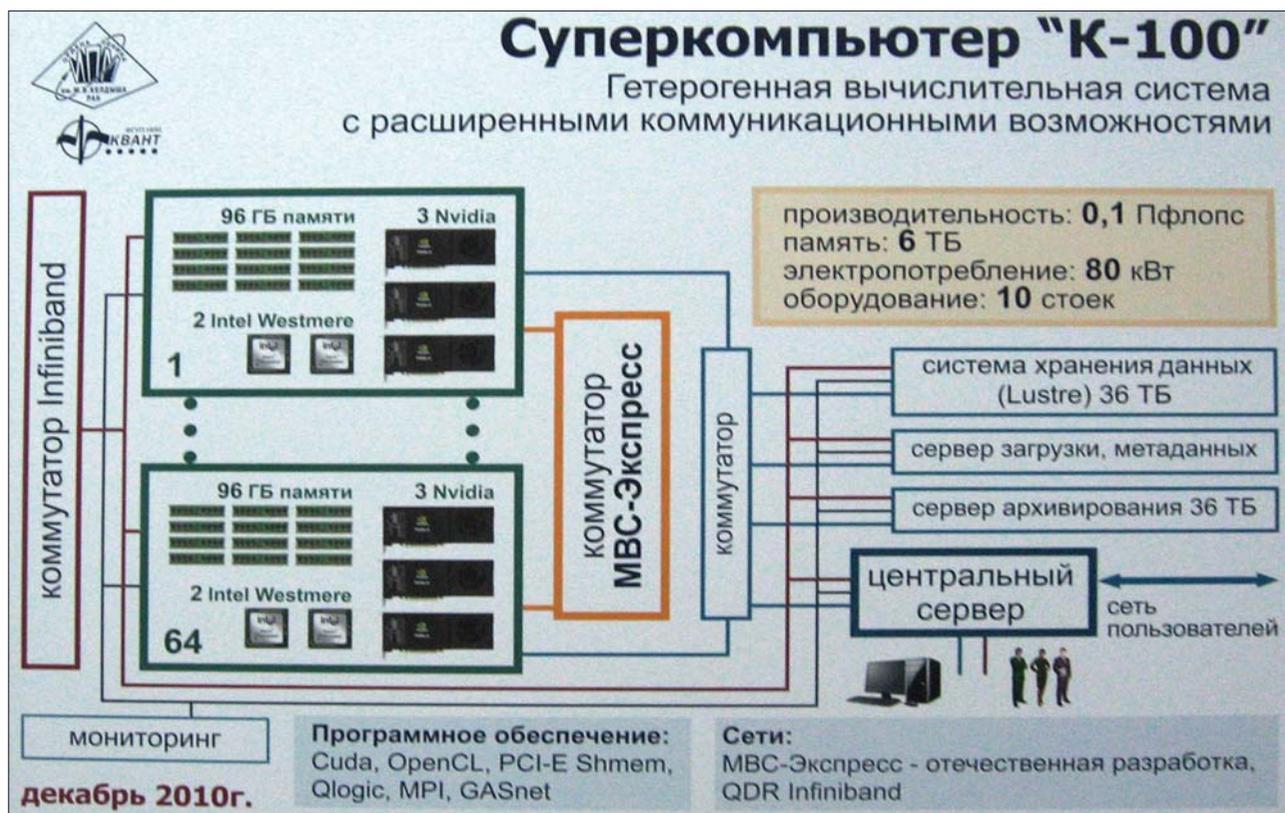
ДАВАЙТЕ ОБЩАТЬСЯ

на простом языке

Мир готовится к очередной технической революции – к появлению экзафлопсного суперкомпьютера, который будет считать со скоростью 10^{18} операций в секунду.

Пока эксперты заключают пари: появится такая машина к 2018 году или все-таки не появится, Борис Четверушкин, директор Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, предполагает, что она может появиться в России.

Доверять высказыванию профессора Четверушкина есть все основания: уже год в ИПМ РАН успешно работает оригинальный гибридный суперкомпьютер «К-100», который может стать прототипом будущего экзафлопсного суперкомпьютера.



– Борис Николаевич, какое место в суперкомпьютерном рейтинге занимает «К-100»?

– Я бы не стал сейчас акцентировать внимание на рейтинге суперкомпьютеров. Дело в том, что существующий сегодня тип компьютеров, основанный на процессорах общего назначения с небольшим числом ядер, достигает предела производительности порядка одного петафлопса (10^{15} или квадриллион операций в секунду). Но за это надо платить запредельным энергопотреблением и соответствующей стоимостью самого компьютера и его обслуживания. Компьютер производительностью

1 петафлопс потребляет электроэнергию мощностью в три мегаватта. Японцы вот-вот запустят в строй суперкомпьютер производительностью 10 петафлопс, это будет самый крупный суперкомпьютер в мире. Но его энергопотребление – 25 мегаватт, а может и больше. Представляете, к этому японскому гиганту надо пристраивать отдельную электростанцию!

– То есть гигантская мощность не всегда оправдана?

– Необходимо понимать, что реальная производительность суперкомпьютера – это комбинация пиковой производительности, энергопотребления, алго-

ритмов и математического обеспечения.

Гораздо меньшим энергопотреблением и гораздо меньшей стоимостью обладают компьютеры на графических платах.

И наш институт, первый в России, пошел «простым» путем – создал гибридный суперкомпьютер.

В нем присутствуют и обычные процессоры, выполняющие логические операции, и графические платы, которые перерабатывают большой объем информации.

Мы начали эти работы в 2007 году, создали небольшой макет, все отработали. И когда весной 2010 года президент РАН Юрий Сергеевич Осипов



Начинка «К-100»

встречался с премьер-министром Владимиром Владимировичем Путиным, у нас уже была полная уверенность, что гибридный компьютер – правильное направление. Мы показали, что выбранное направление работает, и вчерашние критики, а их было достаточно, стали нашими союзниками. Мы запустили суперкомпьютер в 2010 году и назвали его «К-100» – в честь Мстислава Всеволодовича Келдыша, основателя нашего института, 100-летие со дня рождения которого мы отметили в этом году. Пиковая производительность «К-100» – 107 терафлопс, энергопотребление зимой – 70 киловатт,

летом – 80 киловатт. Сейчас признано, что такой экономичный во всех отношениях подход является одним из перспективных направлений развития вычислительной техники на ближайшие несколько лет. – **С какими проблемами столкнется японский 10-петафлопсный суперкомпьютер?** – Его серьезный недостаток – большие сложности с программированием и потребность в специальных алгоритмах, которые хорошо ложатся на архитектуру систем с массовым параллелизмом. Дублером вот этого японского суперкомпьютера там же строится компьютер на графических

платах производительностью один петафлопс, и на котором будет обрабатываться программное обеспечение для этого типа компьютеров. По сути дела, мы рассматриваем два типа высокопроизводительных компьютеров (когда используется свыше сотни тысяч ядер): либо на обычных процессорах, либо на графических платах. В обеих машинах одинаковые проблемы. Те алгоритмы, которые ложатся на графические платы, идут и на большие системы на основе традиционных процессоров, а те, которые ложатся на процессоры с большим числом ядер, лягут и на

графические платы. Конечно, переписка программ, особенно производственных, – процесс тяжелый. Но это техническая и, я думаю, временная трудность.

Сейчас во всем мире прилагаются большие усилия для создания языков более высокого уровня, которые позволят автоматически писать простые программы для графической платы. Надо придумывать логически простые, но эффективные алгоритмы.

Сейчас идет поиск таких алгоритмов. И могу сказать, что российская математическая школа позволяет решать такие проблемы, находить нетривиальные решения, многие из которых мы уже нашли и которые нам позволили запустить «К-100». Этот суперкомпьютер уже год используется для решения разных интересных задач. Когда я говорю о российской математической школе, имею в виду, в первую очередь, Физтех. Я сам выпускник и профессор МФТИ, большинство ведущих сотрудников нашего института – выпускники Физтеха.

– Какие задачи решает «К-100»?

– У нас хорошо считаются задачи переноса излучений, неразрушающего контроля конструкций, газовой и гидродинамики,

связанные с авиацией, ракетной техникой, молекулярной динамики. Правда, последнюю задачу решают коллеги из Института высоких температур РАН, они тоже в большинстве – выпускники Физтеха.

Словом, круг задач огромен и он расширяется.

Важно отметить, что эти задачи уже связаны определенными контрактами, договорами. Здесь же добавлю, что наш институт сейчас активно развивает программу вычислений, связанную с моделированием добычи углеводородного сырья. Это тоже очень интересная задача.

– А создание Вселенной и устройство головного мозга суперкомпьютер сможет разгадать?

– Разгадка возникновения Вселенной – это задача астрофизики. И она действительно до конца не решена. У нас в институте очень сильная группа астрофизиков. Кстати, ее лидером является известный во всем мире профессор Четкин Валерий Михайлович, выпускник МФТИ. В астрофизике есть задачи для суперкомпьютера: это задачи гидро- и газовой динамики, переноса излучения, космической турбулентности. Там как раз нужны огромные вычислительные мощности, и, конечно, наши астрофизики уже приступают к использова-



Четверушкин

Борис Николаевич, выпускник МФТИ 1966 года, директор Института прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук, член-корреспондент РАН.

Автор более 350 научных работ, 4 монографий, одна из которых издана за рубежом. Область научных интересов: математическое моделирование течений жидкости и газа с учетом кинетических представлений об этих процессах, кинетически согласованные разностные схемы решения задач газовой динамики и динамики разреженного газа, использование многопроцессорных ЭВМ для решения сложных задач математической физики, вопросы параллелизации вычислительных экспериментов.

нию супермашины для решения своих задач. А вот насчет неизученного до сих пор устройства мозга, мне труднее говорить. Во-первых, это не моя специальность. Во-вторых, мне бы очень не хотелось конструировать мозг и пытаться распознать его механизм. Какая-то нераспространенная перспектива.

– Что может нести угрозу суперкомпьютерам? Супервирусы?

– Машина может загрязниться, особенно если среди ее пользователей много удаленных, которые работают в общих сетях. Мы не можем их полностью контролировать. Естественно, создан защитный барьер: чтобы сотрудники из других организаций-партнеров получили доступ к «К-100», они пишут специальные письма.

Два года назад Совет безопасности России принял программу о перевооружении основных отраслей промышленности суперкомпьютерными технологиями. Это свидетельствует о том, что суперкомпьютерные технологии являются элементом национальной безопасности. Не только и не столько потому, что они могут использоваться для создания нового вооружения, но, в первую очередь, потому, что они быстро и качественно решают

технологические задачи, скажем, в нефтедобыче. Рост добычи нефти даже на несколько процентов окупит науку. Конечно, супермашины – это стратегический потенциал. На самом деле проблема заключается не в том, что этого не понимают, а в том, что остается открытым вопрос: как рационально использовать суперкомпьютеры? Несмотря на то, что в мире уже около десяти суперкомпьютеров с производительностью свыше одного петафлопса, задач, для решения которых требуется мощность всего 100 терафлопс (это одна десятая петафлопса) на вариант, очень мало. Обычно терафлопсные супермашины решают одновременно по 100-150 небольших задач. Это хорошо и экономично. Но если поставить 10-терафлопсный суперкомпьютер, то можно считать с его помощью эти мелкие задачи. Крупные задачи есть, но тут, опять же, возникают принципиальные трудности овладения алгоритмами, которые могут быть адаптированы на архитектуру с таким большим числом процессоров или ядер.

Не случайно единственным конкурсом, объявленным в рамках грандиозной программы «Фундаментальные исследования

стран G8», был конкурс по экзафлопсной инициативе, то есть конкурс по созданию алгоритмов и матобеспечения для дальнейшего движения к экзафлопсу. Предполагается, что первая такая машина появится к 2018–2019 годам.

– Есть прогнозы, в какой стране это произойдет?

– Это может произойти в России. Но для этого надо создать промежуточный вариант – разработать суперкомпьютер производительностью порядка 10 петафлопс. Мы готовы к этому. Цена вопроса создания такой машины – 2,5-3 миллиарда рублей при энергопотреблении около 4 мегаватт. И за полтора года такую машину наш институт может создать. И как ее использовать мы знаем, мегазадачи есть! Но методы нужны, матобеспечение нужно, языки программирования нужны.

– А разработать их может студент-научный сотрудник?

– Да. И, слава Богу, такие ребята у нас есть. Не в последнюю очередь потому, что есть постоянная кадровая подпитка, в первую очередь, за счет Физтеха. И мы с Физтехом активно сотрудничаем по деловым, по родственным, можно сказать, связям. Ведь у нас, повторюсь, большинство ведущих ученых – физтехи.

Кадры есть, система обучения есть, и в этом плане Россия – на передовых рубежах. Я могу, не стесняясь, сказать, что в этой отрасли мы находимся на передовых позициях. Не случайно Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша и еще один институт часто ругаемой Академии наук активно участвуют в экзафлопсной инициативе стран G8. Эти два института РАН – единственные представители России в этом проекте. В нем также участвуют Принстонский университет (США), Университет Цукуба (Япония), Юлихский суперкомпьютерный центр (Германия), центры в Кадараше (Франция) и Эдинбурге (Великобритания). Очень порадовала меня и недавняя октябрьская конференция в Эдинбурге: японцы анонсировали пуск гибридного суперкомпьютера, а мы на точно таком же работаем целый год! Приятно осознавать, что этот путь мы уже прошли. Но перед всеми нами, русскими, американцами, японцами, учеными других стран, стоит задача: а что дальше? Сейчас проблема с языками программирования. Мы в этом проекте совместно ее решаем. То есть, с одной стороны, мы решаем одну задачу – моделирование международного Токамака, а с другой стороны, совмест-



Из досье «За науку»

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша (ИПМ РАН) создан в 1953 году для решения сложных математических проблем, связанных с государственными программами исследования космического пространства, развития атомной и термоядерной энергетики, на основе создания и широкого использования вычислительной техники и программного обеспечения.

Его организатором и директором (1953–1978 годы) был академик Мстислав Всеволодович Келдыш, президент Академии наук СССР в 1961–1975 годы.

В настоящее время в ИПМ работают 2 академика, 4 члена-корреспондента РАН, 84 доктора и 158 кандидатов наук. Среди них есть лауреаты Ленинской и Государственной премий, лауреаты премии Совета Министров СССР.

Организованный в Институте Баллистический центр, начиная с запуска первого искусственного спутника Земли, успешно решал проблемы баллистико-навигационного обеспечения полетов пилотируемых кораблей, долговременных орбитальных станций «Салют» и «Мир», многократной космической систе-

но разрабатываем методы вычислений и математическое обеспечение.

Для меня все эти конференции ценны не тем, что я что-то принципиально новое узнаю, это не так. Такие встречи – некий камертон, который показывает: правильным курсом мы идем, либо неправильным.

– Вы встречаетесь с коллегами-физтехами, которые представляют интересы других стран?

– Встречаемся, к сожалению. Я глубоко убежден, что российские ученые

– У меня деятельность весьма активная. Проявляю большой интерес к моделям вычислительных алгоритмов, которые будут ложиться на машины сверхвысокой производительности. В первую очередь, это создание простых и эффективных алгоритмов. Здесь играют большую роль кинетические схемы, которые мы в свое время предложили. Сейчас на Западе разработаны аналогичные схемы, это относительно простые модели, использующие связь между

ником) работа по языку высокого уровня, который позволяет автоматически включить в себя инструментарий CUDA.

И по другим направлениям есть интерес. По сути дела, все они взаимосвязаны. Ну и еще интерес: я преподаю – в МФТИ на кафедре «Математическое моделирование» ФУПМ (Борис Николаевич является заведующим кафедрой. – прим. редакции) и в МГУ на кафедре «Вычислительные методы» ВМиК.

– Студенты осознают, что они на рубеже технической революции?

– Думаю, не совсем. Иначе как объяснить тот факт, что с 3-го курса они начинают активно подрабатывать! Я всегда говорю: «Учитесь!» Я не сторонник того, чтобы молодые ученые были бедными. Они и на курорте должны отдыхать, и квартиры покупать. Они ничуть не хуже тех, кто в «Газпроме» работает. Просто у будущих ученых другой, более яркий, интересный, перспективный жизненный путь, надо просто добросовестно учиться, и тогда все будет. Когда мы учились, чтобы стать учеными и пробиться на этой стезе, то о бытовых неурядицах, которые были у всех и гораздо в больших проявлениях, чем сейчас, просто не думали. А

**Я глубоко убежден,
что российские ученые должны
заниматься наукой в России,
а не усиливать потенциал
наших конкурентов**

должны заниматься наукой в России, а не усиливать потенциал наших конкурентов. Я за международное сотрудничество, но работать надо в России. Тем более, сейчас в стране не такая ситуация, какая была в 1990-е годы. Те, кто работает на передовых направлениях, имеют и гранты, и лоты Министерства образования и науки. Государственная поддержка есть, причем она целенаправленная и весомая.

– Борис Николаевич, чем Вы сейчас занимаетесь?

кинетическими и гидродинамическими описаниями сплошной среды, которые известны всем механикам, но в вычислительной практике не применялись из-за большой размерности кинетических уравнений. А сейчас большие машины позволяют этот недостаток убрать. И простота таких схем, их легкая адаптация на архитектуру, становится достоинством.

Конечно, большой интерес и к созданию языков программирования. Сейчас выходит моя (в соавторстве с нашим сотруд-

теперь другие стандарты и ценности. Как сделать, чтобы мотивация к учебе была? Это сложная государственная идеологическая задача.

– Есть еще одна госзадача: как жить лучше?

Модель развития страны можно просчитать на суперкомпьютере?

– Вопрос тут не столько в суперкомпьютере. У меня такое ощущение, что для отработки этой модели слишком высокие вычислительные мощности не нужны. Более того, подобные интересные работы уже ведутся в Московском университете. Ими руководит бывший президент Киргизии Аскар Акаев, почетный член нашей Академии наук и профессор МГУ. Я бы сказал, что в этом вопросе сейчас главное – отработка модели.

Конечно, когда модели будут признаны и верифицированы, суперкомпьютеры, учитывающие все многообразие связей, взаимодействий, могут быть активно использованы, но это уже последующий шаг. Надо сначала экономистам и математикам выработать модель, а потом ее можно будет положить на операционные системы. Кстати, использование суперкомпьютера в экономике не менее важно, чем в науке и технике.

Подготовила
Наталья БЕЛИКОВА

мы «Энергия-Буран», автоматических аппаратов научного назначения «Луна», «Венера», «Марс» и других, участвует в разработке и реализации международных космических проектов.

Мировое признание получили работы по алгоритмическому и программному обеспечению для транспортных средств нового типа – шагающих роботов, автоматизации ручных операций при сборке изделий машиностроения с помощью адаптивных роботов. В Институте были проведены расчеты уникальных по сложности и объему задач газодинамики взрыва, защиты от проникающих излучений, сверхзвукового обтекания летательных аппаратов, детальный нейтронно-физический расчет ядерного реактора. В начале 1960-х годов, задолго до подобных расчетов в США, были проведены численные эксперименты на ЭВМ, открывшие новую область прикладной математики – вычислительную электродинамику.

Институт является родоначальником использования электронно-вычислительной техники в Советском Союзе. В нем была установлена первая серийная отечественная ЭВМ и организовано первое в стране структурное подразделение, выполнившее пионерские работы по созданию программного обеспечения. Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша определен головной организацией по ряду ведущих направлений прикладной математики.

Работы Института получили широкое признание в нашей стране и за рубежом. От него в разное время отпочковались и стали ведущими по своим направлениям такие организации Российской академии наук, как Вычислительный центр, Институт космических исследований, Институт математического моделирования.



ОТКРЫТЫЙ КОД

на выдумку хитер

В высоких технологиях главная проблема – кадровая. В России она усугубляется не только нехваткой, но еще и утечкой золотых мозгов. Вся надежда на облачные вычисления и открытый код. Они обманывают время: годы рутинных вычислений превращают в часы экскурсий по виртуальным лабораториям. В итоге даже зеленый ученый дожидается-таки своих первых научных результатов, не успев растерять желание и способности заниматься наукой. Про «облака», коды и необходимость их развития рассказывает директор Института системного программирования РАН академик Виктор Иванников.

Открытый код
– Виктор Петрович, в чем главная ценность открытого кода?

– Для начала, приведу хорошую цитату: «Если я зажег свечу и читаю, а кто-то подошел к этой свече и тоже читает – он не отобрал у меня свет». Но с помощью моей свечи он обогащается знаниями. Тот же самый дипломник. Он решил какую-то очень интересную задачу, составил уравнение, самопально создал трехмерное тело, растянул по нему сетку, просчитал узлы, визуализировал и написал статью. На самом деле значительную часть своей многомесячной работы он потратил не на творчество и не на мозговой штурм при выборе тех или иных уравнений, а на техническое создание модели, то есть на программирование. Но эта титаническая работа, подобно исписанному черновику, осталась где-то сбоку и уже никому не нужна. Так вот этот «черновик» представляет серьезную материальную ценность, и он может быть использован другими, ускорив тем самым их результаты. Конечно, можно не пользоваться чужим и создавать свой «черновик» с нуля, но годами. Ведь размер пакетов достаточно большой, он содержит несколько миллионов строк

кода, а производительность труда программиста – до 15 тысяч строк в год. Полвека назад, во времена моей молодости, мы были вынуждены все делать с нуля. У нас были идеи, и надо было долгие годы заниматься рутинной работой, к моменту завершения которой про идею забывали (были такие случаи) или она теряла всякий смысл. А сейчас открытый код – это великое достижение! Изучая и используя чужие «черновики», можно очень быстро делать расчеты и создавать прототипы. И еще одна интересная вещь: когда программист пишет код, заранее зная, что его будут читать, он стремится не допускать небрежности, значительно снижая процент погрешностей.

Вычисления
в облаках

– Облачные вычисления как некая лаборатория с суперкомпьютером и многочисленными стеллажами: заходи и бери папки по интересам. Что в действительности представляет из себя «лаборатория облаков»?
 – В виртуальную лабораторию можно заходить со своего компьютера и получать результаты всех имеющихся в ней вычислений. В этой лаборатории множество пакетов и



Иванников

Виктор Петрович, выпускник МФТИ 1963 года, академик РАН, директор Института системного программирования РАН, заведующий кафедрами системного программирования МГУ и МФТИ, главный редактор журнала «Программирование». Виктор Петрович является членом международных научных сообществ ACM, IEEE Computer Society и возглавляет Российское отделение IEEE Computer Society. В.П. Иванников возглавляет Институт системного программирования РАН со времени его образования в январе 1994 года. Являлся одним из основных участников создания первой операционной системы (Д-68) для ЭВМ БЭСМ-6. Автор более 100 научных работ в области разработки архитектуры ЭВМ и вычислительных комплексов, обеспечения интероперабельности в распределенных объектно-ориентированных системах.

мощный вычислитель с очень большим хранилищем данных и схемой визуализации, которая превращает вычисления либо в трехмерные цветные картинки, либо в мультики, т.е. графики, развернутые во времени.

В пакетах, кроме расчетов, должны быть учебные материалы, которые можно прочесть и разобраться, как пакетами пользоваться. Более того, там должны быть консультанты, готовые ответить на вопросы пользователей.

ИСП РАН есть, что предложить посетителям нашей виртуальной лаборатории: например, у нас есть свои системные программы для анализа, для поиска всевозможных уязвимостей, через которые можно захватить программы извне. Это очень дорогие и сложные инструменты, но в «облаках» вы можете получить консультацию и их использовать. В этой виртуальной лаборатории может работать некоторое научное сообщество, использующее лицензионные пакеты с закрытым кодом, но тогда эти пакеты – черный ящик.

Но хорошо бы в этой «облачной лаборатории» создавать сообщества людей, работающих над общей проблемой. И основа для этого – открытый код, в который будут добавлять-

ся новые софтверы для новых задач. Творческий процесс будет напоминать создание литературного произведения многими авторами.

– И как при этом защитить авторские права?

– В открытом коде авторы отказываются от авторских платежей за использование своих «черновики». Вы можете использовать и распространять чужие «черновики» как угодно, но более того – вы можете изучать и добавлять в них что-то новое, конечно, после цензуры стерлингового комитета.

И человек, который в очень популярный открытый код вносит какие-то изменения, получает существенно лучшую репутацию, чем за публикацию научной статьи.

– Для облачных вычислений нужны самые мощные машины?

– Я бы сказал по-другому: мощнейшим машинам нужны облачные вычисления. Тут общие интересы у разработчиков «железа» и программистов. Компании-разработчики «железа» пропагандируют открытый код и «облака», вкладывают многомиллионные средства в их развитие. И тут никакого альтруизма! Чистый коммерческий интерес. Работать с открытым кодом или заниматься облачными вычислениями действительно можно

лишь в высокопроизводительном ДТ-центре. ДТ-центры и приносят прибыль своим создателям. Ведь не каждая организация, будь то крупный банк или даже гигантский промышленный объект, может позволить себе создание и обслуживание собственного ДТ-центра. Это очень сложно, затратно и абсолютно нецелесообразно. Правильнее ДТ-центр арендовать, как ячейку в банке.

В ДТ-центре несколько организаций параллельно получают доступ к вычислительным ресурсам либо используют некоторые пакеты, например, связанные с механикой сплошной среды.

Облачные вычисления тем и интересны, что компании-клиенты не делают капитальных, первоначальных вложений в ДТ-центр. Они платят только за то, что используют. Ну как за электричество! У меня есть розетка, но я не думаю о проводах, ЛЭПах, я не плачу за них, я плачу только за электроэнергию. Здесь можно привести в пример Amazon: за 3-5 долларов в час он предоставит вам виртуальную машину. И сколько вы хотите этих машин, столько и получите. Сразу же огромные, практически неограниченные вычислительные ресурсы к вашим услугам, и вы платите

только за их использование. Есть еще один плюс: сегодня я использую один киловатт, а если на следующий год мне потребуется пять киловатт, то я просто куплю эти пять киловатт. Потребители облачных вычислений могут значительно уменьшить расходы на инфраструктуру информационных технологий и гибко реагировать на изменения вычислительных потребностей.

– А потребители облачных вычислений есть?

– Желających витать в «облаках» много, но способных на это – единицы. Вот здесь и заключается основная проблема. Сейчас просто хронический дефицит специалистов по информационным технологиям во всем мире. Я был весной на конференции Microsoft Research, там выступал очередным президентом ACM (Association for Computing Machinery), я фамилию не запоминаю, поскольку там президенты каждый год меняются. И в своем выступлении он говорил о том, что количество вакансий в программировании, которое сейчас появляется, только на 30% покрывается выпускниками американских университетов, остальные 70% прибывают из-за океана. Эти 70% – в основном, индусы и китайцы, ну и русские. От нас же высококласс-



Из досье «За науку»

Институт системного программирования РАН (ИСП РАН) основан 25 января 1994 года на базе бывшего Института проблем кибернетики РАН. Институт имеет более 200 высококвалифицированных постоянных сотрудников и около 80 специалистов, работающих по контрактам. 12 сотрудников – доктора наук, 45 сотрудников имеют степень кандидата. Многие сотрудники преподают в МГУ и МФТИ. Сотрудники Института участвовали в ряде крупных проектов СССР таких, как: программное обеспечение для знаменитой машины БЭСМ-6, включая операционную систему Д-68 (1968 год) и систему реального времени НД-70 (1971 год); архитектура и программное обеспечение распределенной неоднородной системы АС-6 (1979 год), которая эксплуатировалась более 10 лет в Центрах управления полетами; архитектура, программное обеспечение и система автоматизации проектирования ЭВМ суперкомпьютера «Электроника СС Бис» (1987 год). В 1990-х годах Институт развивал международное сотрудничество с такими академическими организациями, как GMD (Германия), NPS (США), RAL (Великобритания), CDAC (Индия), INRIA (Франция) и другими при поддержке российскими и международными исследовательскими грантами. В тоже время Институт проводил и проводит прикладные исследования по контрактам с такими ведущими IT-компаниями, как Nortel Networks, Microsoft Research, KLOCwork, ATS, Intel, HP, Samsung, Telelogic, VIA Technologies и другими. Эти работы проводились в таких направлениях, как трансляторы, обратная инженерия, формальные

ные специалисты уезжают. Китайцы тоже уезжают в Америку, но китайцев – полтора миллиарда, а нас – в 10 раз меньше. И каждый мозговитый русский эмигрант – это огромная потеря. Как известно, уезжают наиболее активные ребята. Но мы уверены, что открытый код способен в разы повысить КПД патриотов-умников, сократив тем самым потери от эмиграции.

– Повышаете КПД со студенческой скамьи?

– Совершенно верно. Для этого создан «Университетский кластер».

«Университетский кластер»

– Расскажите о кластере.

– Эта программа рассчитана на создание в Интернете некоторой VPN (виртуальной частной сети), чтобы университеты, включенные в эту программу, могли между собой взаимодействовать, в том числе и по использованию суперкомпьютеров. В этой программе участвовали: компания Hewlett-Packard, которая выделила 12 кластеров, установленных в самых разных вузах России, Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН, предоставивший участникам проекта доступ к своим ресурсам, наш Институт системного программирования РАН,

консультирующий и обучающий администрированию на суперкомпьютерах, «Синтерра» (сейчас это «Мегафон»), бесплатно обеспечившая университеты трафиком порядка сотни мегабит в секунду. В такой союз сразу влились 42 вуза. Многие вошли со своими суперкомпьютерами. У других их нет, но есть задачи и желание получить доступ к вычислительным ресурсам внутри VPN.

– Один из последних влившихся в «Университетский кластер» – Якутский университет. Как будете сотрудничать с ним, если до университета не то, что Интернета, дороги нет?

– Действительно, сейчас проблема заключается в том, что до Якутска нет ни железной, ни автодороги и там очень слабый интернет. Но не пройдет и несколько лет, как до него дойдут мощные оптоволоконные каналы, которые начинают опутывать Северный Ледовитый океан. В Якутске будет устанавливаться суперкомпьютер, а наши ребята уже уча-

ствуют в обучении персонала.

Дальнейшая цель развития «Университетского кластера» – это как раз деятельность в «облаках» и вхождение в ассоциацию Open Source (открытый код).

Для этого вузам-участникам нужно развивать более серьезные сервисы, чем просто доступ к суперкомпьютеру. В частности, компания Yahoo! со своей стороны предложила очень важный сервис Hadoop – это открытый код, и более того, все больше и больше сервисов, которые там будут потенциально появляться и в Open Source, следовательно и в «Уни-

Мы уверены, что открытый код способен в разы повысить КПД патриотов-умников, сократив тем самым потери от эмиграции

верситетском кластере», они в основном будут базироваться как раз на открытом коде. Создатели Open Source – компании Hewlett-Packard, Intel, Yahoo!. К ним присоединилось несколько крупных университетов по всему миру: американский (Иллинойский университет), Большой научно-исследовательский центр в Германии и так далее по

всему миру, в том числе и России.

– Какие институты представляют Россию в этой ассоциации?

– В Ассоциацию Open Source по облачным вычислениям вступили Институт системного программирования РАН, МСЦ РАН и «Курчатовский институт». Задача наших академических институтов – образовательная. У РАН несколько производственных линий. Во-первых, это научные результаты в форме статей, монографий; во-вторых, это новые технологии, патенты, лицензии; в-третьих, самый главный продукт, который выпускает Академия, – это квалифицированный ум. Весной 2011 года в Москве проходила международная конференция по «Университетскому кластеру», и пару дней заслушивались доклады по облачным вычислениям весьма авторитетных специалистов из компании IBM, Intel, Yahoo!, причем, в ранге «fellow» (этот ранг выше ранга вице-президента компании). Один день конференции был полностью посвящен открытому коду, основные доклады по этой теме делали немцы, у них большой опыт – в Германии существуют коммерческие компании, специализирующиеся на открытом коде: предоставляют его бес-

платно образовательным учреждениям, а деньги зарабатывают на консультациях и тренингах для крупных корпораций типа «Ауди». В рамках этой конференции наш Институт системного программирования провел несколько тренинг-курсов, связанных с использованием открытого кода. А в декабре на базе нашего института организован уже продвинутый курс, мастер-класс даст немец Henrik Rusche (Хенрик Русе). Собственно, открытый код там и возник в 2002 году, и Rusche защитил кандидатскую диссертацию как раз на открытом коде в Imperial College London. Конечно же, европейцы в этом плане впереди. Поэтому одно из важнейших преимуществ открытого кода для нашей страны – это ликвидация технологического отставания.

– Почему возлагаете огромные надежды на открытый код?

– Потому что открытый код – интернационален и общедоступен.

Записала
Наталья БЕЛИКОВА

спецификации и автоматическая генерация тестов, кросс системы для цифровых сигнальных процессоров, распределенные объектно-ориентированные системы, интеграция XML и реляционных баз данных и т.п. Основной целью Института является проведение фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в области системного программирования. Основными направлениями деятельности являются: методология программирования, программная инженерия, новые парадигмы программирования; операционные системы; языки программирования и компиляторы; базы данных и базы знаний; параллельные и распределенные системы; компьютерные сети; интеллектуальные системы; дискретная математика.



НАШИ ПРОЕКТЫ





एम० डी० तिवारी
डी.फिल., डी.एससी.

निदेशक

M.D. TIWARI
D.Phil., D. Sc.
DIRECTOR



एम० डी० तिवारी
डी.फिल., डी.एससी.
निदेशक

M.D. TIWARI
D.Phil., D. Sc.
DIRECTOR

भारतीय सूचना प्रौद्योगिकी संस्थान, इलाहाबाद
Indian Institute of Information Technology, Allahabad

A University Established under Sec.3 of UGC Act,1956 vide
Notification No. F.9-4/99-U.3 Dated 4/8/2000 of the Govt. of India
(A Centre of Excellence in IT Established by Govt. of India)

F. No. IIIT-A/ 3310 /2011
Dated: November 18, 2011

Moscow Institute of Physics and Technology
(National Research University, MIPT)
9, Institutskii Per., Dolgoprudnyi,
Moscow Reg., 141700, Russia

This letter is to express our interest in the project "Education and Professional Training in Supercomputer Technologies" funded by the Ministry of Education and Science Russian Federation. As we understand the Project aims to establish a framework of education and professional training in Supercomputer Technologies along with the development of special software for educational and research purposes in the field of Supercomputing and a Project consortium consisting of top Russian IT Schools including MIPT is formed to realize the Project.

The Project is very interesting for us on the following aspects:

- The Project will define common principles for education and training in supercomputing technologies and set generally accepted standards in supercomputing education (SCE).
- The Project will reflect and implement new trends in the organizing of SCE.
- The Project will cover a wide range of tasks including the interaction with foreign partners, creation of a network of educational and research centers on Supercomputing Technologies as well as the development of the guidebooks and training programs in the field of Supercomputing and others.

Taking into consideration mentioned above we express our interest and willingness to cooperate in the frame of the Project in the following organizing forms:

- Organizing of the joint international schools and mobility for Researchers.
- Creation of joint Master's Programs
- Organizing of mobility for PhD students and development of joint PhD Programs

We express hereby our willingness to collaborate with MIPT on Project related activities including further development and dissemination results in the period 2011-2012 and would be grateful for sending the detail information regarding the next steps of our collaboration.

Yours sincerely,
M.D. Tiwari
(M.D. Tiwari)

Devghat, Jhalwa, Allahabad-211012 India Ph. (Office): 91-532-2431684, 2430006, 2922025 (Resi.): 91-532-2548733, 2548485
E-mail : mdt@iitita.ac.in, md.tiwari@rediffmail.com; Web : www.iitita.ac.in; Fax : 91-532-2430006, 2431689, 2548485

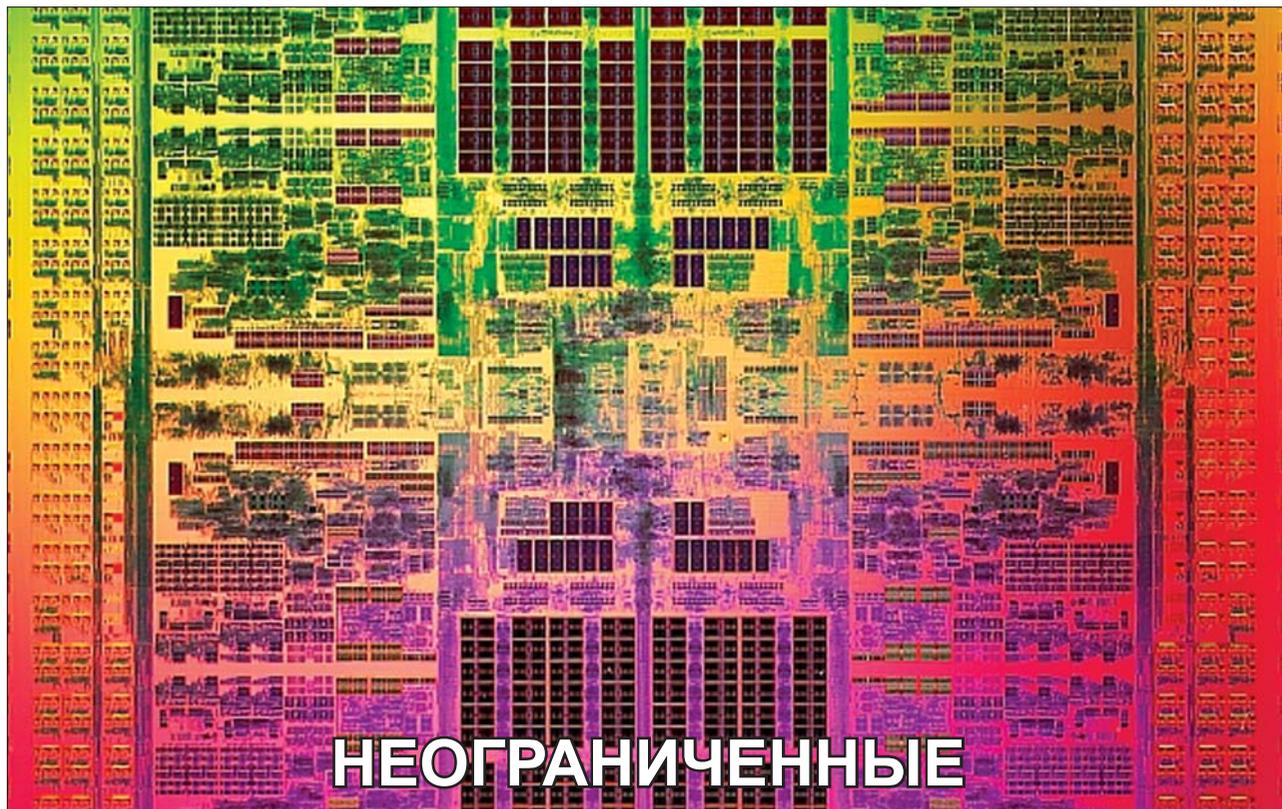
Россия + Индия

В ноябре Научно-образовательный центр суперкомпьютерных технологий МФТИ предложил Индийскому институту информационных технологий в Аллахабаде (Indian Institute of Information Technology (IIIT), Allahabad, India) сотрудничество в области высокопроизводительных вычислений. IIIT-Allahabad учрежден в 1999 году Правительством Индии, Министерством развития людских ресурсов как Центр передовых знаний в

области информационных технологий и смежных наук. IIIT-Allahabad является ведущим вузом Индии. Его директор профессор М.Д. Тивари (Prof. M.D. Tiwari) выразил интерес к широкому сотрудничеству с МФТИ в области суперкомпьютерных технологий, включая совместную разработку специального программного обеспечения для образовательных и исследовательских целей. С 26 ноября по

2 декабря в IIIT-Allahabad будет проходить IV Научный конклав нобелевских лауреатов. Это международный форум, посвященный вовлечению молодежи в фундаментальные и прикладные исследования. В рамках работы форума планируется более детально обсудить и подготовить Соглашение о сотрудничестве в области суперкомпьютерных технологий между МФТИ и IIIT-Allahabad.

Петр ПУГОВКИН



НЕОГРАНИЧЕННЫЕ

ВОЗМОЖНОСТИ

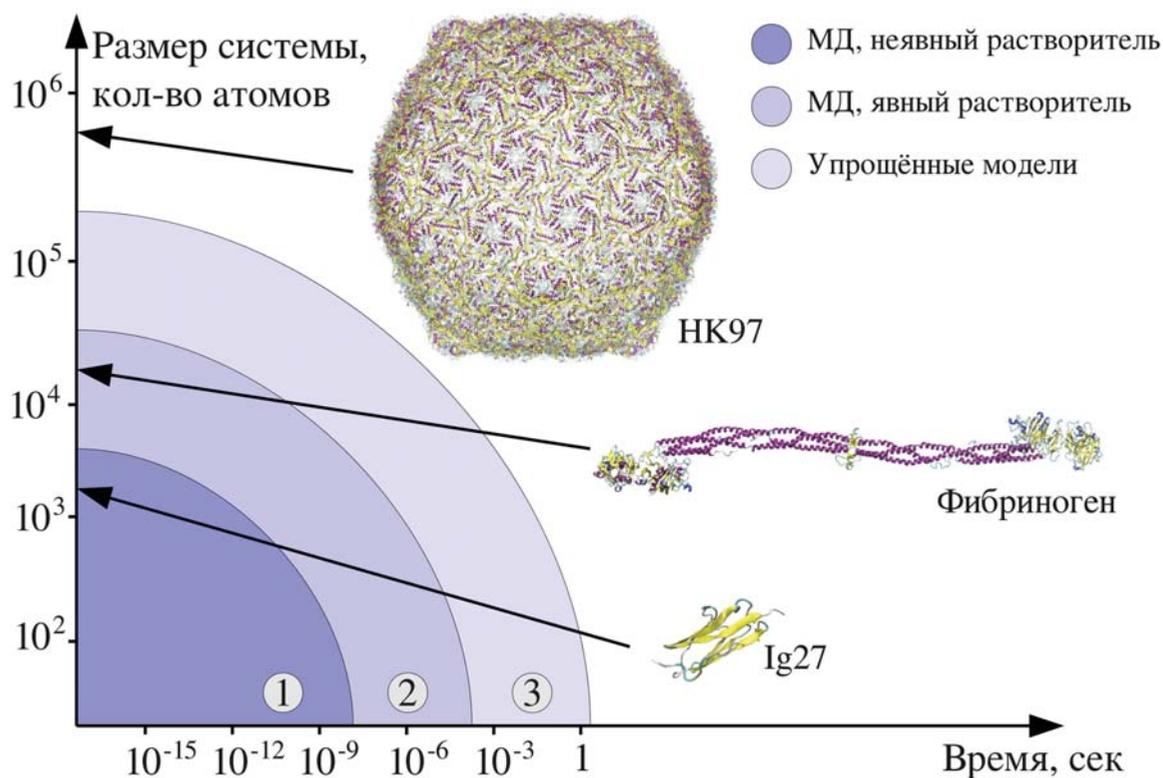
Использование графических процессоров для моделирования экспериментов атомной силовой микроскопии.

In vitro – in silico

Современные технологии, предназначенные для изучения одиночных молекул, такие как атомно-силовая микроскопия (АСМ) и оптические пинцеты, широко используются для экспериментального изучения механических свойств одиночных белков, белковых волокон и белковых образований. Экспериментальная установка представляет собой площадку с адсорбированным субстратом и очень чувстви-

тельным кронштейном. Кронштейн или кантилевер заканчивается игло-зондом, диаметр конца которой имеет размер порядка 10 нм. В процессе эксперимента кронштейн совершает периодические движения вверх и вниз, соприкасаясь с поверхностью и удаляясь от нее. При удачном эксперименте, единичная молекула субстрата адсорбируется на зонде, приподнимается с поверхности и денатурирует в процессе движения

зонда вверх. Освещаемый лазером кронштейн при этом сгибается и отражаемый лазерный луч смещается. По этому смещению можно определить отклонение кронштейна и, зная его коэффициент упругости, силу, действующую на субстрат. Таким образом можно получить зависимость силы от растяжения белка и характеризовать его механические свойства. Результатами экспериментов атомной сило-



вой микроскопии являются зависимости силы от растяжения, при этом информация о процессах, происходящих внутри самого белка получить не удастся. К тому же, анализ экспериментальных данных усложняется тем, что необходимо отобрать удачные замеры от неудачных, учесть погрешность экспериментальной установки, изменение внешних условий и т.п.. Избежать возможных ошибок в настолько чувствительном эксперименте действительно сложно, и анализ результатов зачастую строится на знаниях о кристаллической структуре исследуемого белка без учета возможных

динамических изменений в нем. Для того, чтобы дополнить данные натурального эксперимента (*in vitro*), ученые все чаще прибегают к эксперименту численному (*in silico*), поскольку использованием молекулярного моделирования можно получить детальную информацию о поведении системы, вплоть до перемещения единичных атомов.

На доли секунды

Наиболее популярным классическим подходом моделирования биологических молекул является молекулярная динамика: за структурные единицы берутся атомы молекулы, а ковалентные и нековалентные взаимодействия

описываются потенциальной функцией, включающей в себя вибрации длины ковалентных связей, углов между смежными связями, торсионных углов, электростатических взаимодействий и взаимодействий Ван-дер-Ваальса. Скорость расчета молекулярной динамики ограничивают два фактора. Первый – количество степеней свободы моделируемой системы. Действительно, даже небольшой белок размером ~ 90 аминокислот содержит в себе ~ 1500 атомов, а при явном добавлении водного растворителя, количество элементарных структурных единиц в системе увеличится пример-

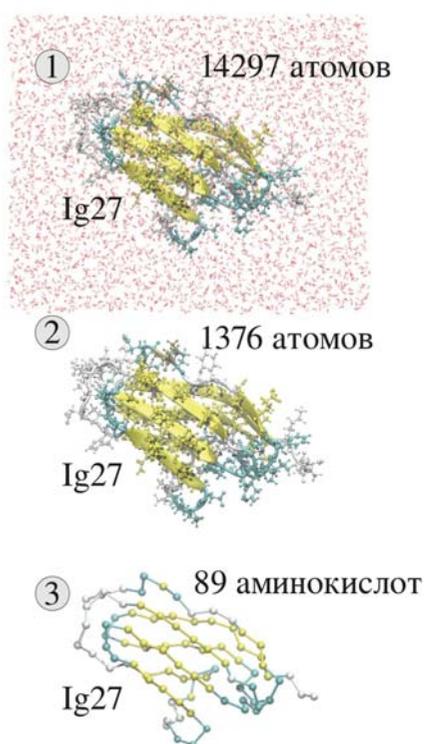


Рисунок 1. Примерные временные интервалы, достигаемые на одном ЦП для различных размеров систем и разных способов моделирования. На графике изображены различные системы: домен титина Ig27, мономер фибриногена и капсид НК97, для которых стрелкой показаны примерные размеры в атомах. Справа показаны размеры систем, получаемых при моделировании в явном растворителе (сверху), в неявном растворителе (посередине) и при использовании упрощенной C_{α} -модели (снизу)

но в 10 раз за счет атомов воды. Теоретически данное ограничение можно обойти с помощью высокопараллельных расчетов. Расчет сил, действующих на все атомы в системе, может производиться независимо. Второе ограничение является более существенным. В силу малых размеров структурных единиц системы (атомы) и во избежание численной нестабильности, вычисления приходится производить с очень коротким временным шагом в 1-2 пс. То есть даже получение динамики длиной в микросекунды потребует численного решения уравнений движения на протяжении 10^9 шагов, что

попросту недостижимо для среднестатистической научной группы, не имеющей доступа к высокопроизводительным вычислительным мощностям.

Сквозь призму кристалла

Чтобы обойти перечисленные ограничения, можно использовать упрощенные методы молекулярного моделирования. В этом случае группа атомов объединяется в одну структурную единицу, за счет этого существенно сокращается количество степеней свободы. Наряду с очевидными достоинствами данного подхода (меньше степеней свободы, более длинный шаг по времени) существует и ряд недос-

татков. Во-первых, чем грубее упрощение (чем больше атомов объединено в одну структурную единицу), тем сложнее параметризовать систему. Кроме того, при слишком грубом упрощении модель может вообще потерять предсказательную способность, а ее полезность будет весьма сомнительной. Самый популярный подход к упрощению белковых молекул заключается в переходе на уровень аминокислот (C_{α} -модели или модели типа G_{σ}). К сожалению, многочисленные попытки параметризовать взаимодействия двух типов аминокислот оказались не очень удачными – такая аппроксима-

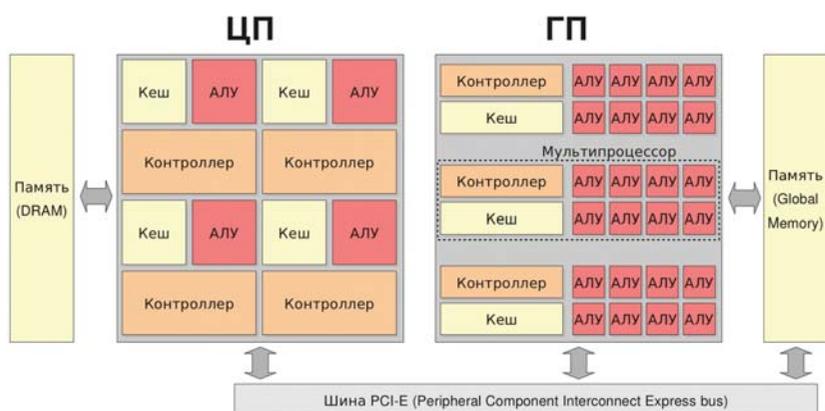


Рисунок 2. Архитектура центрального (слева) и графического (справа) процессоров. На ЦП, значительная часть поверхности микрочипа занята кеш-памятью и контроллером. ЦП также оснащен большим количеством памяти DRAM (Dynamic Random Access Memory). Арифметические логические устройства (АЛУ) на ГП, сгруппированные в мультипроцессоры, каждый из которых обладает своим контроллером и кеш-памятью. Это позволяет существенно увеличить плотность вычислительных единиц на микрочипе. ГП обладает отдельной памятью DRAM, которую обычно называют глобальной памятью устройства

ция позволяет получать адекватные результаты для ограниченного набора белков и оказывается совсем не пригодной для других белков.

Дело в том, что из-за сложности молекулярной геометрии на атомарном уровне, важно не только взаимное расположение аминокислот, но также их взаимная ориентация и близость к поверхности белка. Поэтому единственным зарекомендовавшим себя способом параметризации является подход, основанный на кристаллической структуре белка. В этом случае считается, что аминокислоты, находящиеся близко в кристаллической структуре,

взаимодействуют притягательно, остальные – отталкиваются. Это ведет ко второму ограничению для использования упрощенных моделей – необходимо наличие

дели, разработанные для объяснения механических свойств белка, расчета энергии взаимодействия белок-белковых комплексов или объяснения кинетики сворачивания белка.

Чем грубее упрощение
(чем больше атомов объединено в
одну структурную единицу),
тем сложнее
параметризовать систему

кристаллической структуры моделируемого белка. Также стоит отметить, что упрощенные модели не очень универсальны, а скорее узкоспециализированы. Так, отдельно существуют упрощенные мо-

Тысяча и один размер
Данные эксперимента и компьютерного моделирования хорошо дополняют друг друга, а сравнительный анализ лучше учитывает погрешность эксперимента *in vitro* и неточности

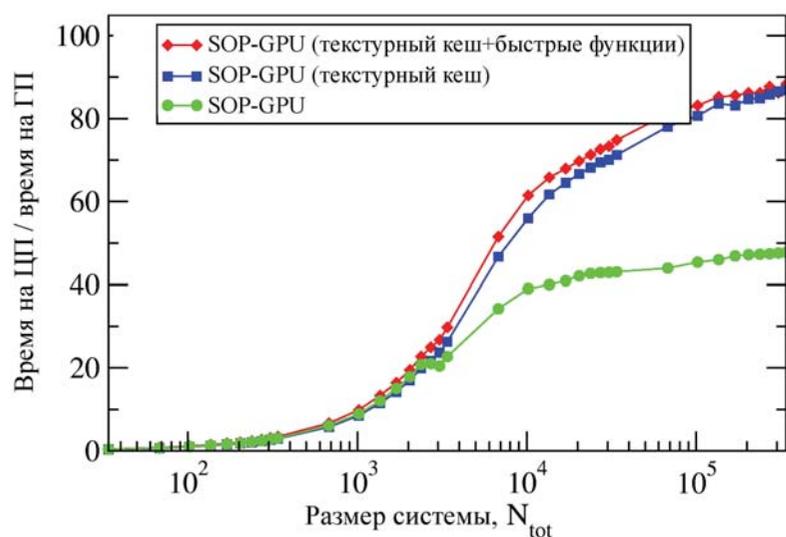


Рисунок 3. Относительная производительность или отношение скорости вычислений на GPU к скорости вычислений на CPU (ускорение), полученное для приложения SOP-GPU как функция размера системы N_{tot} . Также показаны графики ускорения при использовании кеширования текстур и аппаратного ускорения математических функций

используемой *in silico* математической модели. Для проведения подобного сравнительного анализа необходимо, чтобы эксперимент и моделирование были проведены в одинаковых условиях, что довольно проблематично. Действительно, из-за наличия погрешности в эксперименте и конечного разрешения экспериментальных установок, удобнее работать с большими системами на длинном временном интервале. С другой стороны, чем больше система, тем сложнее ее моделировать, а большие временные интервалы требуют большого количества шагов интегрирования по времени.

Выбор того или иного подхода к моделированию должен определяться вычислительными возможностями, длительностью исследования, а также доступными экспериментальными данными.

Для проведения сравнительного анализа необходимо, чтобы эксперимент и моделирование были проведены в одинаковых условиях, что довольно проблематично

В каждом случае лучше использовать наиболее точный метод. При этом необходимо учитывать условия и временные рамки, максимально приближенные к эксперимен-

ту, что не всегда просто. Например, время одного экспериментального замера в атомной силовой микроскопии составляет ~ 1 секунду. Проведение молекулярной динамики длиной в 1 секунду потре-

бует численного решения уравнений движения на протяжении 10^{15} шагов при шаге по времени в 1 пс, что невозможно даже для маленьких белков с использованием самых

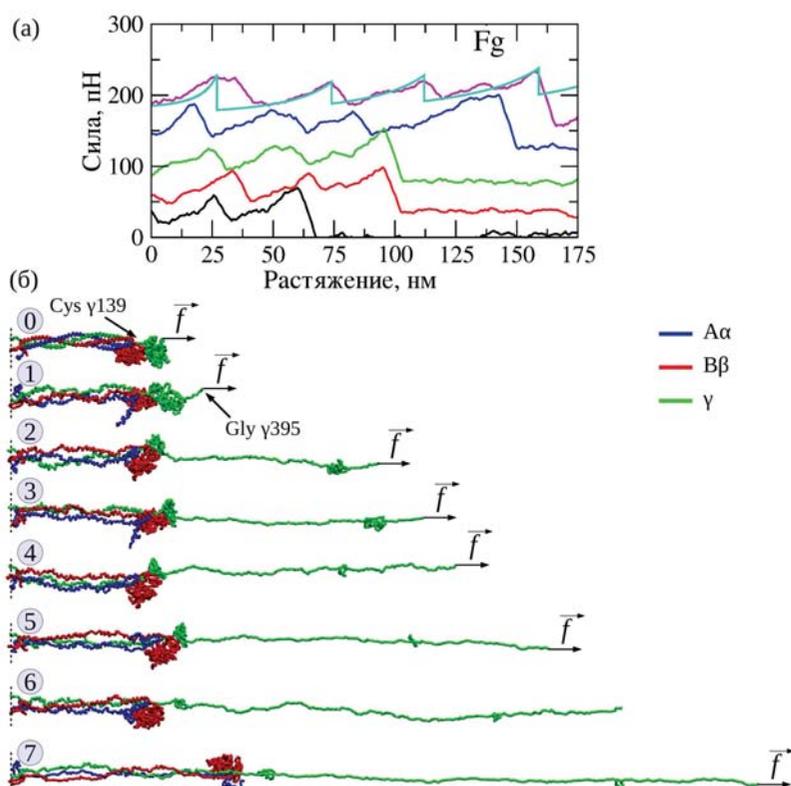


Рисунок 4. Результатом эксперимента АСМ являются графики зависимости силы от растяжения (панель (а)), в то время как моделирование дает детальную информацию о происходящих в системе микромолекулярных процессов (панель (б)). Результаты показаны для мономера фибриногена, при этом на панели (б) изображена только одна половина молекулы (линия симметрии показана пунктиром)

современных вычислительных систем. А что, если требуется промоделировать поведение капсулы вируса, размером в 100000 аминокислот? Или хотя бы такого белка как фибриноген, размером в 2000 аминокислот?

Для систем такого размера выбор в пользу упрощенной методики моделирования очевиден, только данная методика позволяет использовать в эксперименте *in silico* условия, идентичные используемым в эксперименте *in vitro*. Для моделирования эксперимента атомной силовой микроскопии хорошо подходит модель самоорганизующегося полимера (SOP от англ. Self

Organized Polymer), которая уже была успешно применена для объяснения микромолекулярного механизма целого ряда белков. В силу большого размера системы (~2000

аминокислот) использование даже такой простой модели только на одном вычислительном ядре не представляется возможным – моделирование одной траектории денатурации фибриногена

заняло бы больше года компьютерного времени. Поэтому встала необходимость привлечения аппаратного ускорения современных графических процессоров.

А что, если требуется промоделировать поведение капсулы вируса, размером в 100000 аминокислот?

Вектор потока

На графических процессорах (ГП) большое количество логических элементов отведено для вычислений, а модули контроля процедур и кеша уменьшены. Благодаря

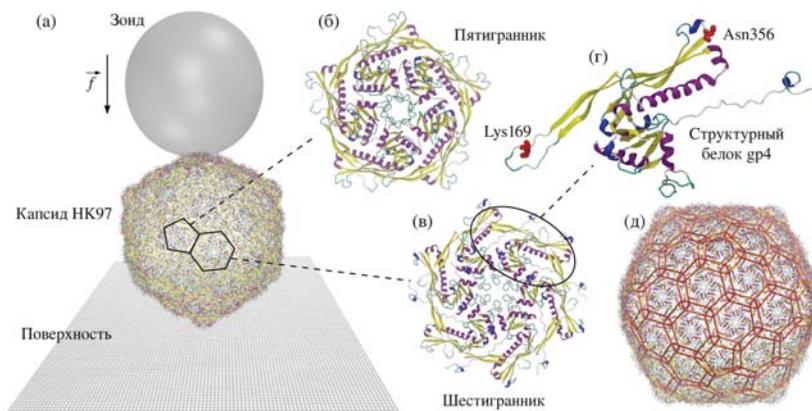


Рисунок 5. Схема эксперимента по индентации капсида вируса НК97 (а). Зонд АСМ движется вниз под действием внешней силы, давя на капсид, адсорбированный на поверхности. Справа показаны структурные единицы вируса с симметрией двадцатигранника. Пятигранники (б) и шестигранники (в), сформированные из структурных белков gp4 (г) оболочки капсида, образуют форму, похожую на футбольный мяч. Сеть ковалентных сшивок (д) между аминокислотами Lys169 и Asn356 (г) образует топологически связанные кольца, стабилизируя структуру капсида

этому плотность арифметических логических устройств (АЛУ) на ГП существенно выше, чем на ЦП. Для того, чтобы загрузить все АЛУ вычислениями, ГП должен выполнять множество операций одновременно. Это осуществляется при помощи вычислительных потоков, каждый из которых выполняет те же самые арифметические операции, но на разных элементах массива данных. Например, на ЦП сложение двух векторов размерности M необходимо осуществлять в цикле. При этом все элементы складываются последовательно один за другим. На ГП подобная процедура

может быть выполнена в M -независимых потоках, каждый из которых получает один элемент результирующего вектора. Таким образом, все элементы суммы могут быть получены одновременно, и время

чено. На новейших ГП от компании NVidia общее число АЛУ достигает 512, а пиковая производительность может достигать 1 ТФлопса. Для того чтобы достигнуть подобной производительности,

Благодаря этому плотность арифметических логических устройств (АЛУ) на ГП существенно выше, чем на ЦП

подобной операции соответствует времени выполнения одного сложения против M -сложений на ЦП. Это в теории. На практике количество вычислительных единиц на ГП ограни-

численный алгоритм должен быть хорошо параллелизуемым и вычислительно емким. В биомолекулярном моделировании с использованием молекулярной

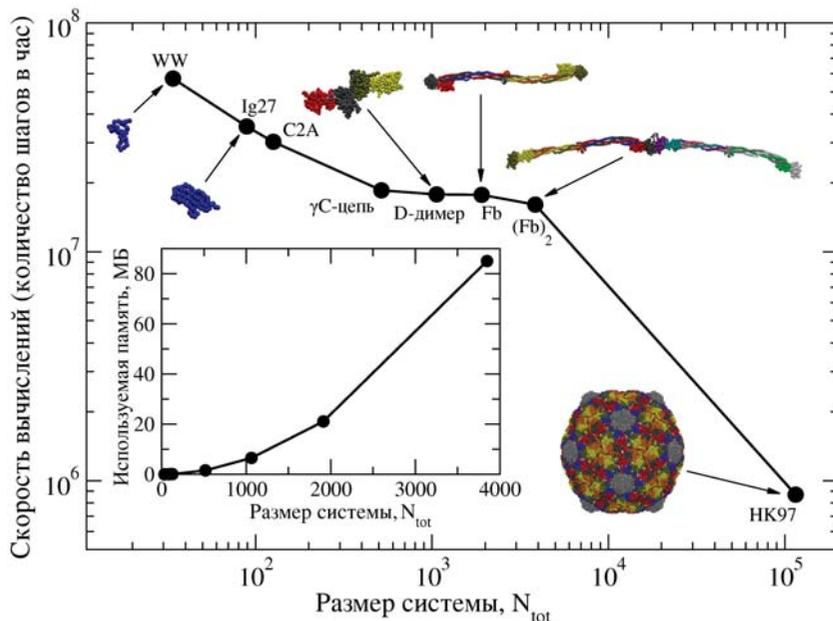


Рисунок 6. Возможности программы SOP-GPU: зависимость скорости вычислений от размера моделируемой системы. Для наглядности, график показан в логарифмической шкале по обоим осям. Производительность показана для ряда биомолекул, включая маленькие белки (домены W W , Ig27 и C2A), больше белковые фрагменты (цепь γ C и фрагмент «двойной-D» фибриногена), длинные нити фибрина (мономер Fb и димер (Fb)₂ фибриногена) и большую капсиду вируса НК97. Вставка иллюстрирует требования к памяти ГП в зависимости от размера системы

динамики или упрощенных моделей, взаимодействия между частицами описываются при помощи потенциальной функции (силового поля). Функциональная часть силового поля одинакова для всех частиц в системе, а уравнения движения всех частиц могут быть численно проинтегрированы независимо друг от друга. Благодаря такому соответствию между архитектурой ГП и вычислительными процедурами молекулярной динамики, численные алгоритмы последней могут быть успешно реализованы на ГП. В результате адаптации модели SOP для работы на графических процес-

сорах, удалось получить скорости вычислений на 2 порядка превосходящие аналогичный показатель на центральном процессоре. То есть вычисления, которые бы занимали год, можно производить за 3-4 дня, что позволило впер-

Удачный симбиоз упрощенной модели и аппаратного ускорения графических процессоров позволил впервые произвести молекулярное моделирование механической денатурации белка фибриногена.

Вычисления, которые бы занимали год, можно производить за 3-4 дня

вые промоделировать механическую денатурацию больших белков в условиях идентичных экспериментальным за короткое время.

Вычислительный микроскоп

Фибрин – основная структурная единица сгустка крови – получается из фибриногена путем уда-

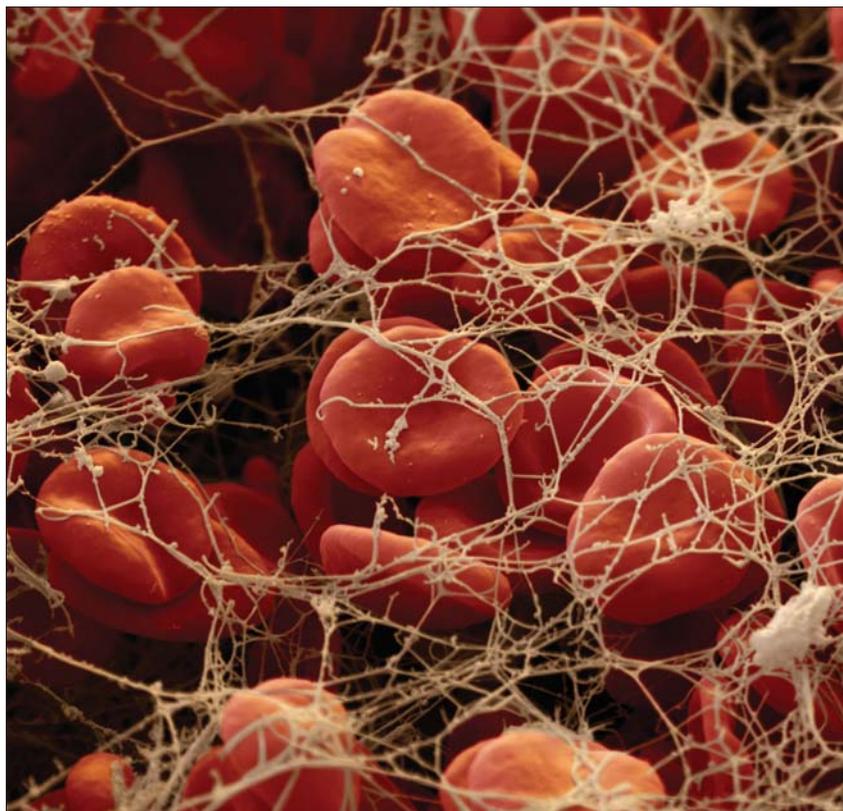


Рисунок 7. Фибрин –
основная структурная
единица сгустка крови

ления блокирующих полимеризацию пептидов. Уникальные механические свойства кровяного сгустка позволяют организму эффективно останавливать кровотечение, а их нарушения могут привести как к возникновению тромбов, инсультам и инфарктам, так и к повышенному кровотечению. Являясь основной структурной единицей кровяного сгустка, фибрин во многом определяет его механические свойства. Молекулярное моделирование механизмов денатурации димера и мономера фибриногена, а также его отдельных элементов, позволило получить структурную информацию о механике

фибрина. Уникальность данного исследования еще и в том, что анализ результатов эксперимента *in silico* проводился одновременно с анализом данных эксперимента *in vitro*. При этом в отличие от эксперимента *in vitro*,

Уникальность данного исследования еще и в том, что анализ результатов эксперимента *in silico* проводился одновременно с анализом данных эксперимента *in vitro*

в котором единственной доступной информацией были графики зависимости силы от растяжения, моделирование выполняло роль «вычислительного микроскопа», который позволил детально проана-

лизировать происходящие в молекуле микромолекулярные процессы. Возможности полученной программной реализации не ограничиваются размером исследуемой системы в 2000 аминокислот. Реализация упрощенной

модели SOP на ГП позволила детально изучить микромеханику капсулы вируса НК97, размером в ~115000 аминокислот. В процессе моделирования был использован как протокол, достаточно близкий

к АСМ-экспериментам, так и тот, в котором внешнее воздействие прилагалось быстрее. Полученные результаты показали, что ответ вируса на внешнее воздействие сильно зависит и от скорости движения воздействующего зонда, и от его геометрии (радиуса зонда). В процессе моделирования наблюдался спектр всевозможных реакций капсулы на внешнее воздействие – от быстрого вмятия и равномерного продавливания при малых силах до механического разрыва при больших. Это показывает, насколько важно учитывать механизм внешнего воздействия и параметры экспериментальной установки при анализе результатов эксперимента. Кроме перечисленных результатов, программа SOP-GPU была применена для объяснения механических свойств синаптогамена (Syt1) человека, ведутся исследования механических свойств целого ряда вирусов, инкапсулина, микротрубочек. В перспективе, модель может быть дополнена боковыми радикалами аминокислот, что позволит изучать кинетику сворачивания белков.

**Ярослав ХОЛОДОВ,
Артем ЖМУРОВ**



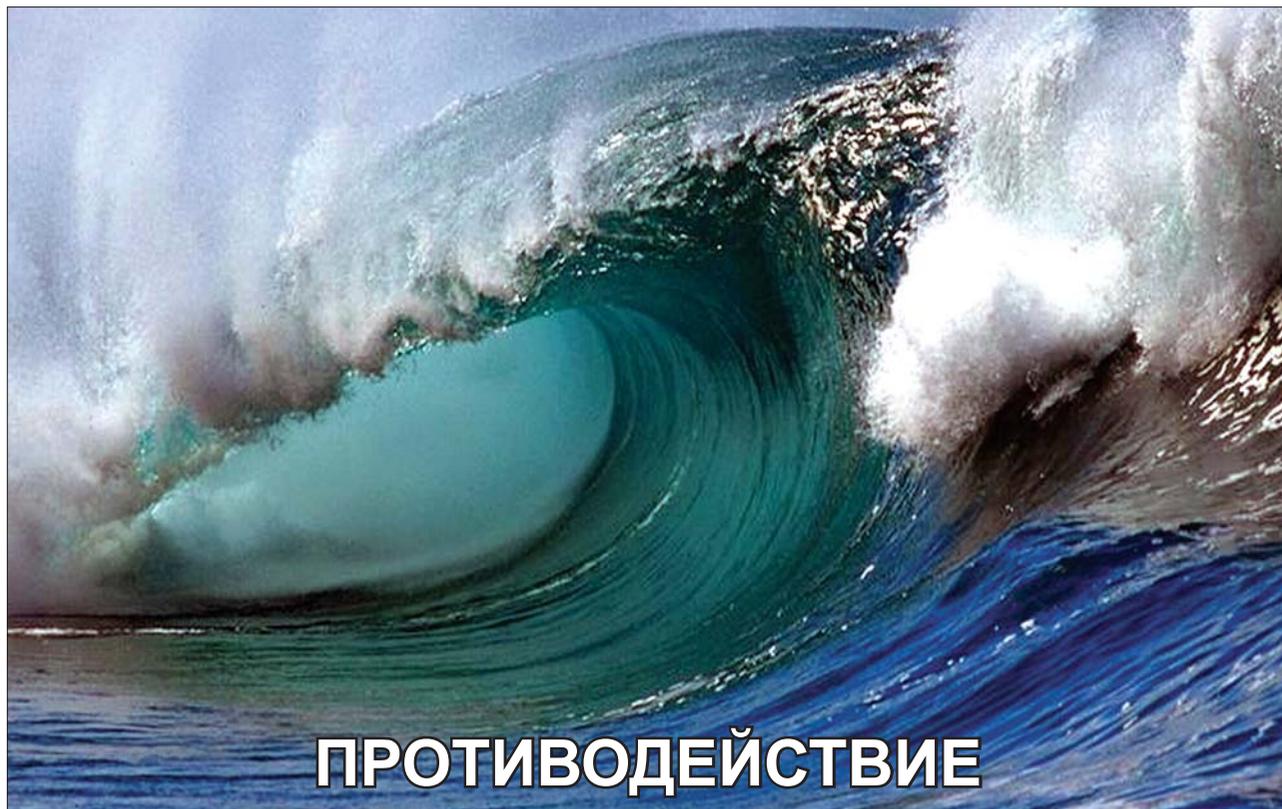
Холодов

Ярослав Александрович, выпускник МФТИ 1993 года, кандидат физико-математических наук, доцент. Автор 22 научных трудов, 1 книги. Область научных интересов: математическое моделирование задач молекулярной динамики, нелинейных волновых процессов на графах. В 1999-2001 годах стажировался в The Laboratory for Laser Energetics, Rochester, NY, USA.



Жмуров

Артем Андреевич, выпускник МФТИ 2006 года, кандидат физико-математических наук. Автор 12 научных трудов. Параллельно обучается в аспирантуре Department of Chemistry, University of Massachusetts, Lowell, MA, USA. Область научных интересов: математическое моделирование задач молекулярной динамики.



силе природы

Применение параллельных технологий к моделированию задач сейсмоки и сейсмостойкости

Определение структуры породы, залегающей на глубине нескольких километров, с использованием методов сейсмической разведки представляет огромный интерес для нефтедобывающей отрасли. Не менее важна и проблема оценки сейсмостойкости строений, которая напрямую связана с безопасностью людей. Численное моделирование волновых процессов в гетерогенных средах может внести существенный

вклад в решение данных задач. Авторами разработан численный метод, позволяющий проводить моделирование, как в двумерной, так и в трехмерной постановке. Использование технологий параллельного вычисления позволяет проводить расчеты реальных геологических сред и детальных моделей зданий.

Поиск пластов

Нефть и природный газ на настоящий момент являются одним из основных

источников топлива. Их значение для современного общества трудно переоценить. Многолетний опыт разработки и поиска месторождений показывает, что во многих случаях места залегания нефти связаны с зонами трещиноватости. Такие зоны, располагающиеся на глубине одного-двух километров, содержат достаточно большое число геологических трещин протяженностью от нескольких сантиметров до

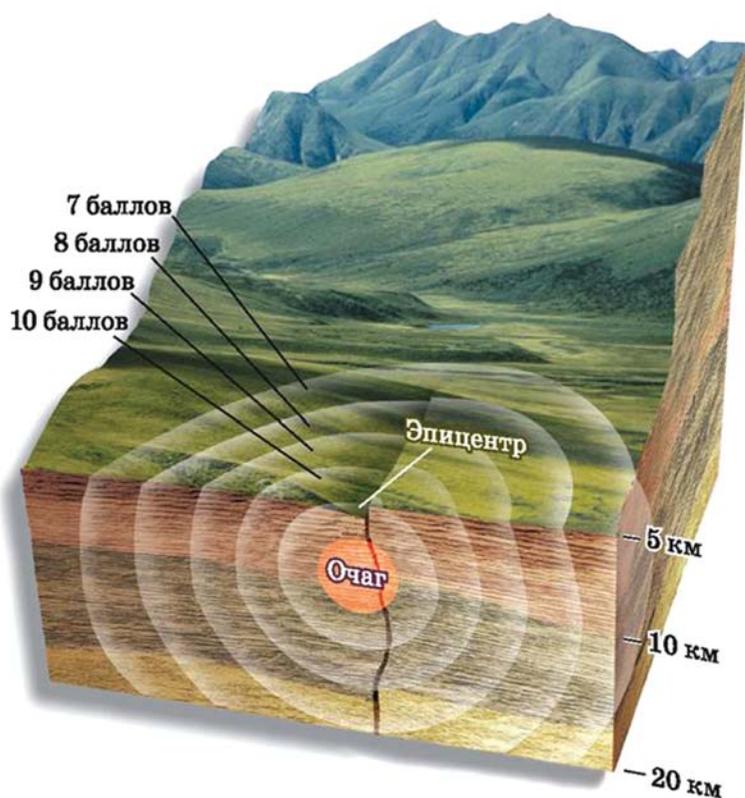


Рисунок 1. Землетрясение – одно из наиболее разрушительных сил природы, приносящих огромные материальные убытки и большое число жертв

десятков метров. К сожалению, получить информацию о свойствах пласта на таких глубинах очень не просто. Можно, конечно, пробурить скважину и попытаться извлечь на поверхность образец. Однако стоимость бурения огромна, процедура извлечения сложна и почти всегда вносит изменения в трещиноватость образца. Таким образом, поиск нефтеносных пластов путем бурения скважин слишком дорог для применения на практике. Основным методом поиска месторождений на сегодняшний день является сейсморазведка. Это одно из направлений сейсмологии, служащее

для определения глубинных структур геологической среды без ее непосредственного глубокого бурения. В ее методах возбуждаются искусственным путем упругие волны, которые позволяют изучить среду, в частности выявить находящиеся под землей залежи полезных ископаемых и получать геологическую информацию в инженерных целях. По времени прихода и форме волнового фронта отклика (фронта, фиксируемого сейсмоприемниками, расположенными на поверхности) в среде можно оценить глубину залегания и размеры различных геологических пластов, приближенно

определить их структуру, физические и химические характеристики. При использовании в сочетании с другими геофизическими, скважинными и геологическими данными материалы сейсморазведки дают информацию о структуре и распространении пород различных типов. Структурную информацию получают в результате изучения траектории волн, относящихся к двум основным категориям: преломленные или головные волны, у которых основная часть пути проходит вдоль границы раздела двух слоев и, следовательно, приблизительно горизонтальна; и отраженные волны, у которых энергия первонач-

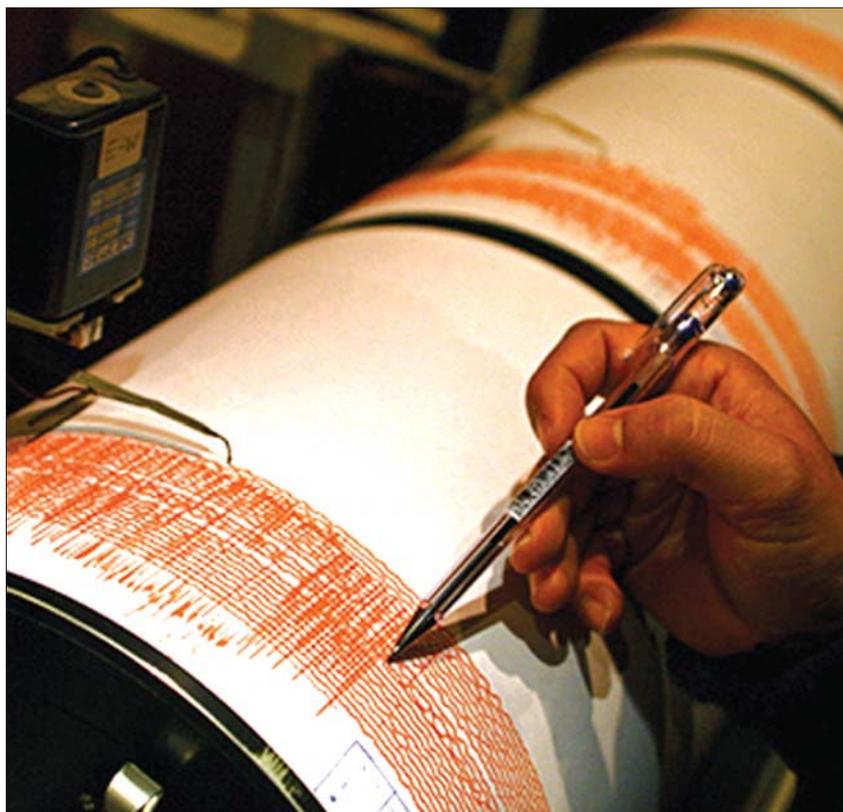


Рисунок 2. Современный сейсмограф

чально распространяется вниз, а в некоторой точке отражается к поверхности, поэтому общий путь приблизительно вертикален. По данному критерию в сейсморазведке выделяют метод преломленных волн (МПВ) и метод отраженных волн (МОВ).

Разведка и эксперименты

О важной роли сейсмических работ в разведке на нефть свидетельствует ее обширное применение. При выборе мест для заложения разведочных скважин почти все нефтяные фирмы опираются на результаты интерпретации сейсморазведочных данных. Несмотря на то, что этот метод является

не прямым, а косвенным, вероятность успешного предприятия более чем достаточна, чтобы окупить затраты на сейсмические работы.

Для нефтедобывающей отрасли огромную роль играет разведка каверн и трещиноватых структур.

макротрещины и мегатрещины. Распределение трещин в структуре также играет роль в получаемом отклике.

Методы сейсморазведки разрабатываются в ходе полевых экспериментов, физического моделирования в лаборатории, либо

Для нефтедобывающей отрасли огромную роль играет разведка каверн и трещиноватых структур

Отдельного исследования заслуживают области трещин разного размера. По ним выделяют микротрещины, мезотрещины,

с использованием численного моделирования. Последний способ требует меньших экономических и временных затрат.



Рисунок 3. Первый сейсмометр

При этом точность полученных результатов сопоставима с физическими экспериментами.

Численное моделирование предоставляет возможность легко менять различные параметры геологических структур: варьировать упругие параметры среды, изменять геометрические размеры трещин и каверн – тогда как полевые и лабораторные физические эксперименты требуют значительно больших вложений в таких случаях. Таким образом, численное моделирование значительно облегчает решение разведочных задач, значительно оптимизирует процесс нефтедобычи.

Первый сейсмограф

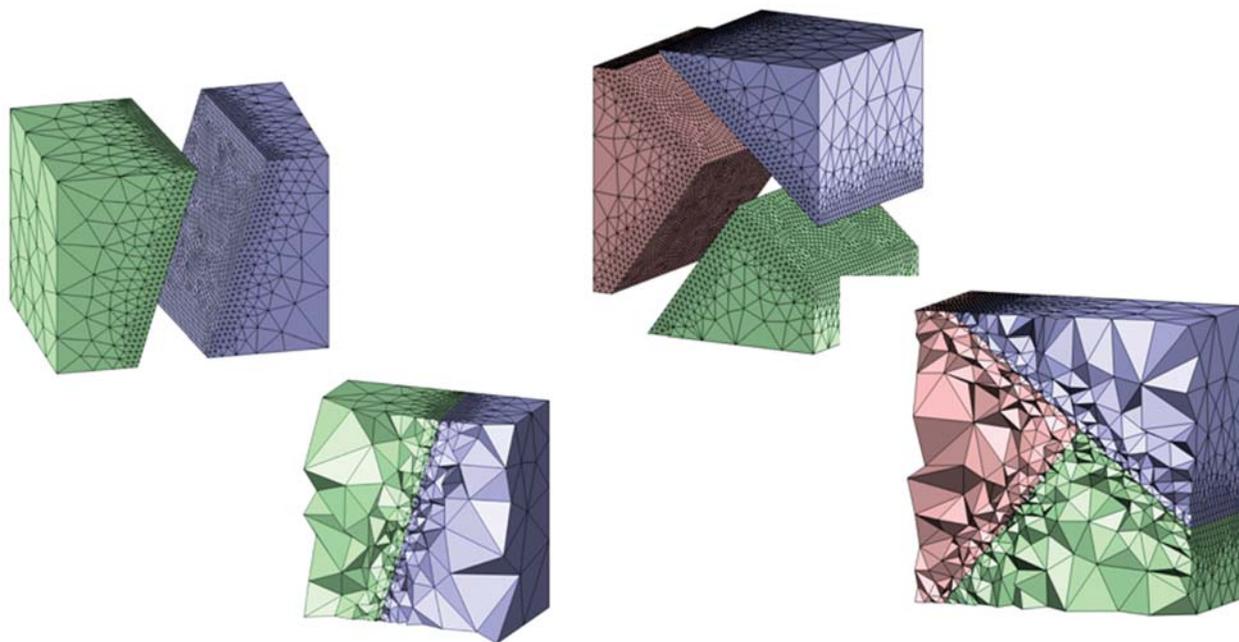
Процесс регистрации отраженных волн сам по себе достаточно сложен. Ведь амплитуда колебаний поверхности может быть очень мала. Кроме того, попробуйте представить, что вам необходимо измерить скорость дви-

Для измерения скоростей и ускорений на поверхности земли были изобретены специальные приборы сейсмографы. Первый, по-видимому, был сделан еще в 132 году китайским изобретателем Занг Хенгом. Прибор состоял из чаши с медным куполом

**Методы сейсморазведки
разрабатываются в ходе
полевых экспериментов,
физического моделирования в
лаборатории, либо с использованием
численного моделирования**

жения лифта, находясь в самом лифте. Поскольку вы сами тоже движетесь, то задача выглядит действительно непростой.

(рисунок 3). Она была окружена головами драконов, у каждого из них в пасти лежал бронзовый шарик. При колебаниях



земной коры маятник, подвешенный под куполом, начинал раскачиваться и выбивал шарик из пасти дракона в открытый рот бронзовой лягушки. Происходил громкий звук, служащий сигналом о начале землетрясения.

При этом было видно эпицентр землетрясения, в зависимости от того, какой шарик упал.

Сейсмограф – измерительный прибор, который используется для обнаружения и регистрации всех типов сейсмических волн. В большинстве случаев сейсмограф имеет груз с пружинным креплением, который при землетрясении остается неподвижным, тогда как остальная

часть прибора (корпус, опора) приходит в движение и смещается относительно груза. Одни сейсмографы чувствительны к горизонтальным движениям, другие – к вертикальным. Волны регистрируются вибрирующим пером на движущейся бумажной ленте. Существуют и

электронные сейсмографы (без бумажной ленты). До недавнего времени в качестве чувствительных

элементов сейсмографов в основном использовались электромеханические или механические устройства. Вполне естественно, что стоимость таких инструментов, содержащих элементы точной механики, является настолько высокой, что они практически недоступны для

**Стоимость таких инструментов,
содержащих элементы
точной механики,
является настолько высокой,
что они практически недоступны
для рядового исследователя**

рядового исследователя, а сложность механической системы и, соответственно, требования к качеству

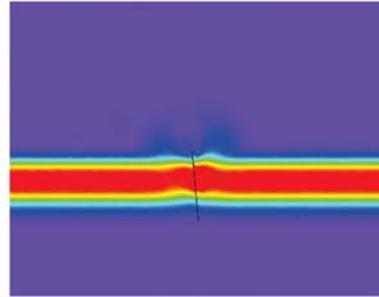
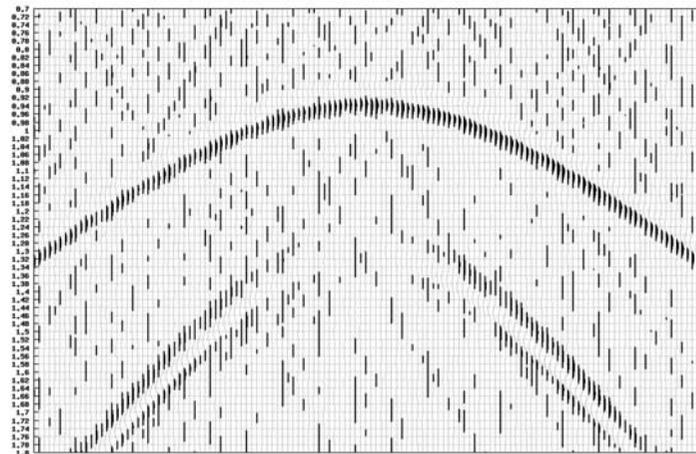


Рисунок 4. Тетраэдральная расчетная сетка

Рисунок 5. Сейсмоотклик газонасыщенной трещины. Сверху – модуль скорости, снизу – показания сейсмоприемников на поверхности



ее исполнения фактически означают невозможность изготовления подобных приборов в промышленных масштабах. Бурное развитие микроэлектроники и квантовой оптики привело к появлению серьезных конкурентов традиционным механическим сейсмографам в средне- и высокочастотной области спектра. Однако такие устройства на основе микромашиной технологии, волоконной оптики или лазерной физики, обладают весьма неудовлетворительными характеристиками в области инфранизких частот (до нескольких десятков Гц), что является проблемой для сейсмологии (в

частности, организации телесеismicких сетей). Существует и принципиально иной подход к построению механической системы сейсмографа – замена твердой инерционной массы жидким электролитом. В таких устройствах внеш-

чувствительные элементы подобного типа получили название молекулярно-электронных. Преимуществами сейсмографов с жидкой инерционной массой является низкая стоимость, продолжительный, порядка 15 лет, срок служ-

Бурное развитие микроэлектроники и квантовой оптики привело к появлению серьезных конкурентов традиционным механическим сейсмографам в средне- и высокочастотной области спектра

ний сейсмический сигнал вызывает поток рабочей жидкости, который, в свою очередь, преобразуется в электрический ток с помощью системы электродов.

бы и отсутствие элементов точной механики, что резко упрощает их изготовление и эксплуатацию.

Упругие волны

Мы уже говорили, что в

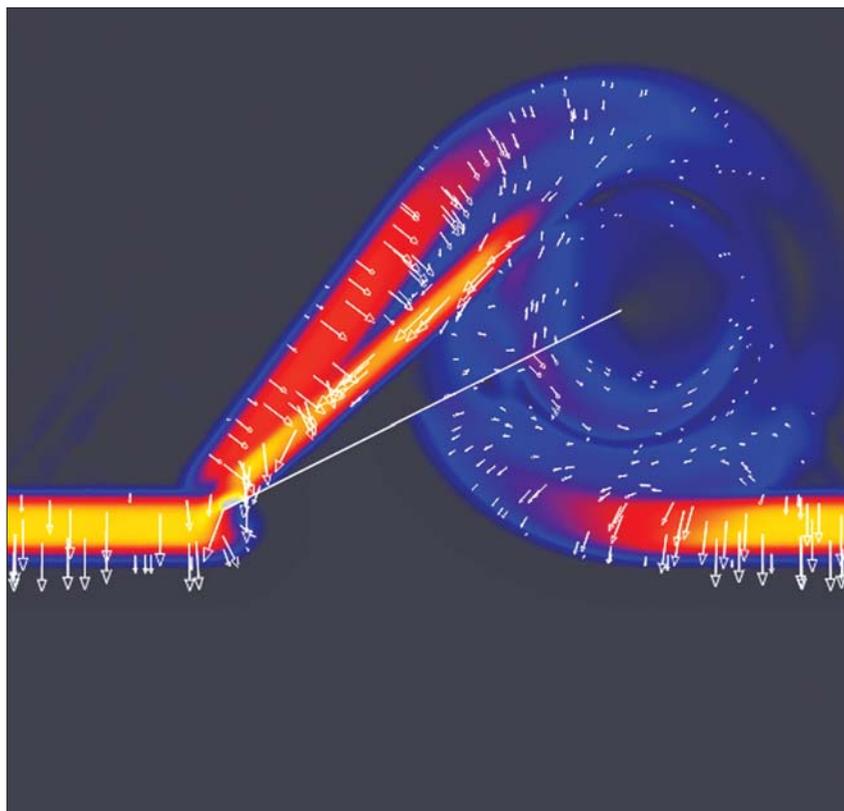


Рисунок 6. Эффект экранирования для газонасыщенной трещины

толще Земли распространяются различные упругие волны. Известно, что можно аналитически решить волновые уравнения для случая тонкого стержня. Тогда, подставив в него начальные условия, мы сможем рассчитать скорости и напряжения в любой его точке в заданный момент времени. Однако такой подход абсолютно не применим к реальным геологическим средам. Во-первых, эти среды всегда неоднородны и содержат большое число трещин, каверн, полостей. В них могут находиться вода, нефть, природный газ. Во-вторых, задача в общем случае трехмерна. Именно тут на помощь прихо-

дят численные сеточные методы. Они основаны на замене производных в уравнении на их конечно-разностные аналоги. В данной постановке моделируемая область разбивается на набор узлов, в каждом из которых будут потом вычисляться

которые результаты численного моделирования волновых процессов, происходящих в геологических средах при проведении сейсморазведки, а также при землетрясении. На рисунке 5 приведены результаты моделирования процесса сейсмораз-

**В данной работе приводятся
некоторые результаты
численного моделирования
волновых процессов,
происходящих в геологических средах
при проведении сейсморазведки**

скороти и напряжения. Пример расчетной тетраэдральной сетки приведен на рисунке 4. В данной работе приводятся не-

ведки. Так, в толще среды располагается субвертикальная газонасыщенная трещина, на которую падает плоский фронт

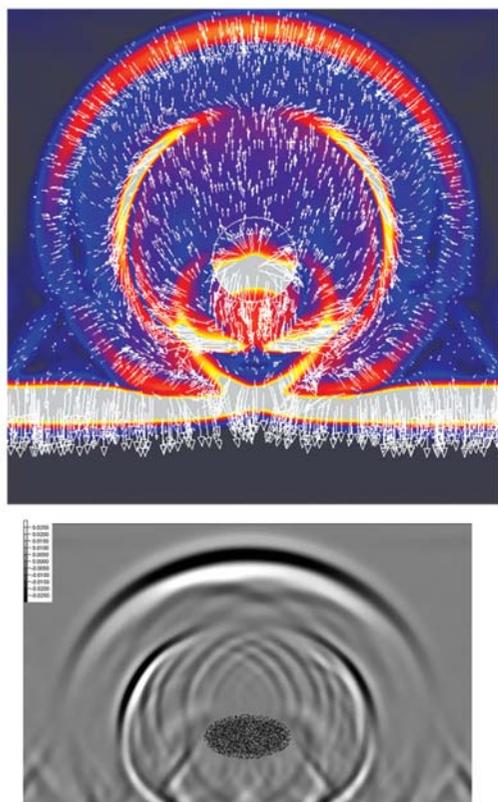


Рисунок 7. Нефтенасыщенная каверна (сверху) и кластер неоднородностей (снизу)

волны. Из-за отражения от границ трещины возникают отраженные волны, которые регистрируются сейсмоприемниками. На рисунке 6 приведено расчетное волновое поле для случая падения плоской волны на макротрещину. Заметим, что за трещиной образуется зона тени, в которую не проникают колебания от падающей волны. Этот эффект называется эффектом экранирования и соответствует тому, что неоднородности, находящиеся в области тени, не будут видны на сейсмограмме. Поиск каверн и кавернозных кластеров, заполненных нефтью, представляет огромный интерес при

сейсморазведке. На рисунке 7 приведены результаты численного моделирования – волновые поля для случая одной нефтенасыщенной каверны, а также места их скопления. **Сила природы** Одним из ужасных видов природных катастроф, происходящих на Земле, являются землетрясения. Землетрясения – это подземные толчки и колебания поверхности Земли, вызванные естественными причинами (главным образом тектоническими процессами), или (иногда) искусственными процессами (взрывы, заполнение водохранилищ, обрушение подземных полостей горных выработок). Не-

большие толчки могут вызываться также подъемом лавы при вулканических извержениях. Ежегодно на всей Земле происходит около миллиона землетрясений, но большинство из них так незначительны, что они остаются незамеченными. Сильные землетрясения, способные вызвать обширные разрушения, случаются на планете примерно раз в две недели. Большая их часть приходится на дно океанов, и поэтому не сопровождается катастрофическими последствиями (если землетрясение под океаном обходится без цунами). Разрушения зданий и сооружений вызываются колебаниями почвы или



Рисунок 8. Разрушения в поселке Нефтегорск

гигантскими приливными волнами (цунами), возникающими при сейсмических смещениях на морском дне. Вот почему математическое моделирование сейсмостойкости и сейсмических явлений является важной научной задачей.

Землетрясение – одно из наиболее разрушительных сил природы, приносящих огромные материальные убытки и большое число жертв. Большие территории Земли с развитой инфраструктурой находятся в сейсмоактивных зонах. Землетрясения стоят на одном из первых мест среди особенно грозных явлений природы. Ежегодно в мире при землетря-

сениях гибнут в среднем 50 тысяч человек. Степень катастрофичности землетрясения измеряется не только числом погибших людей, но также разрушениями, которые оно вызвало. Многие зависят от характера местности и типа земных пород в данном районе. Характер земных построек, их способность противостоять сейсмическим колебаниям и нагрузкам также влияет на разрушительные последствия землетрясений. Разрушения, производимые землетрясениями, могут превосходить последствия от мощных ракетно-бомбовых ударов. 28 мая 2008 года землетрясение магнитудой око-

ло 7,6 баллов полностью разрушило российский поселок Нефтегорск. Под обломками зданий погибли 2040 человек при общем населении в 3197 человек (рисунок 8). Эпицентр землетрясения находился всего в 20–30 км восточнее Нефтегорска. Его дома буквально рассыпались и погребли спящих жителей, такого не было даже в Спитаке в 1988 году. Предполагается, что здания в Нефтегорске возводились по принципу: чем дешевле, тем лучше. В поселке сохранились лишь частные постройки и дома, сложенные из блоков. Разломов земной коры на фото не видно. Был сильный и резкий тол-



Рисунок 9. Трещина –
последствие землетрясения
на Алтае

чок снизу (город стоял не в зоне разлома, его просто резко трягнуло «вверх-вниз», и тухлявые конструкции не выдержали: дома, подпрыгнув, осели и развалились). Если бы строили так, как положено в сейсмоопасной зоне, то жители отделались бы испугом и мелкими травмами, смертные случаи были бы единичными. Но в реальности погибло почти все население города. Сокращение материальных убытков и уменьшение человеческих жертв при возможных землетрясениях при освоении территорий, расположенных в зонах повышенной сейсмоактивности, обусловлены требованиями по обе-

спечению сейсмостойкого строительства, основой которых являются методы расчета сооружений на сейсмические воздействия по оценке напряженно-деформированного состояния несущих конструкций, связанных с

обеспечением их прочности для восприятия сейсмических нагрузок. До 10 процентов энергии, выделяющейся при земле-

трясения, превращается в энергию сейсмических волн, распространяющихся во все стороны от гипоцентра землетрясения. Эти волны бывают двух типов – объемные и поверхностные. В гипоцентре возникают сейс-

**До 10 процентов энергии,
выделяющейся при землетрясении,
превращается в энергию
сейсмических волн,
распространяющихся во все стороны
от гипоцентра землетрясения**

мические волны только объемного типа, они в свою очередь разделяются на продольные и поперечные. При достижении



Рисунок 10. Трещина на шоссе, образовавшая из-за землетрясения

поверхности земной коры эти волны возбуждают сейсмические волны поверхностного типа.

Волны Лява и волны Рэлея

Продольные объемные сейсмические волны называют также первичными волнами, или Р-волнами, от слова *primary*, а поперечные – вторичными волнами, или S-волнами, от слова *secondary*. Такие названия связаны с тем, что скорость продольной волны на всех глубинах, вплоть до трех километров, в 1,5 – 2 раза больше скорости поперечной волны. Поэтому из гипотенуры в эпицентр землетрясения раньше приходит Р-волна и лишь затем не-

сколько позднее S-волна. Пришедшая Р-волна достаточно интенсивная, и производит действие, похожее на удар воздушной волны, она может сопровождаться грохотом и треском стекол. Затем, спустя некоторое время, которое может исчисляться секундами, приходит более медленная S-волна, которая раскачивает все на своем пути из стороны в сторону и смещает поверхность грунта, как по горизонтали, так и по вертикали. Повреждения и разрушения, вызываемые S-волной, значительно больше, чем вызываемые Р-волнами. Достигая земной поверхности, объемные сейсми-

ческие волны тратят на всевозможные разрушения не всю свою энергию, а только какую-то часть. Другую свою часть они тратят на возбуждение поверхностных сейсмических волн, которые бегут по приповерхностному слою земли со скоростями порядка один-два километра в секунду. По характеру смещения породы эти волны подразделяются на волны Лява и волны Рэлея (волны названы по именам ученых, разработавших теории их распространения). Волны Рэлея подобны волнам на поверхности воды: частицы вещества движутся в вертикальной плоскости, описывая эллипсы. Вол-



Рисунок 11. Распространение волны Рэлея. Два последовательных момента времени 0.2955 с (сверху) и 0.6412 (снизу)

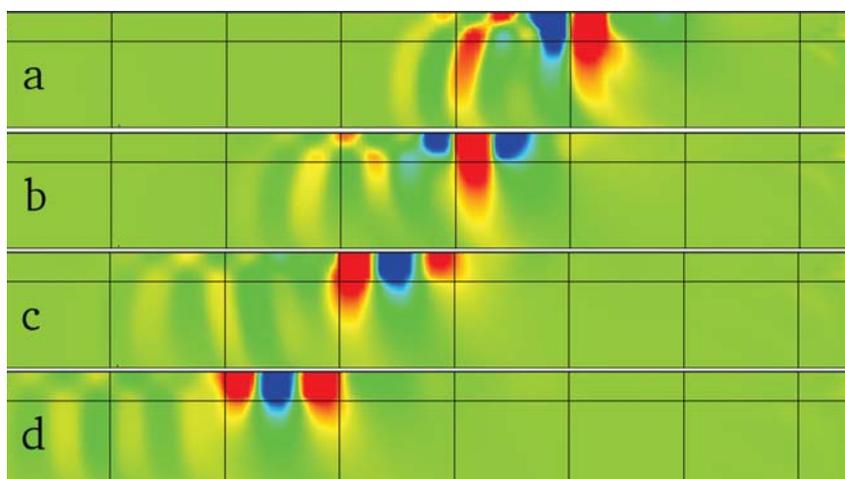


Рисунок 12. Распространение волны Лява. Четыре последовательных момента времени 0.258 с, 0.347 с, 0.436 с, 0.525 с (сверху вниз)

ны Лява являются поперечными волнами без вертикальных смещений. Они заставляют частицы породы колебаться в горизонтальной плоскости под прямым углом к направлению своего распространения.

Во время отдельных землетрясений наблюдаются значительные изменения рельефа, связанные с воздействиями поверхностных сейсмических волн – грандиозные трещины (рисунки 9,10). Размеры таких трещин могут быть поистине огромными. Так, во время землетрясения 7 декабря 1988 года вблизи города Спитак в Армении во внезапно образовавшиеся трещины

проваливались целиком некоторые здания. Волны Рэлея возникают на границе полупространства, заполненного однородной изотропной упругой средой. Теоретически эти волны были открыты Рэлеем в 1885 году, и они могут существовать вблизи свободной границы твердого тела, граничащей с вакуумом или достаточно разреженной газовой средой. Фазовая скорость таких волн направлена параллельно границе, а колеблющиеся вблизи нее частицы среды имеют как поперечную, перпендикулярную поверхности, так и продольную составляющие вектора смещения. Фазовая

скорость волн Рэлея не зависит от длины волны, то есть они являются бездисперсными. Эти волны очень быстро затухают по глубине полуплоскости. Отметим, что чем меньше длина волны (больше волновое число), тем быстрее происходит затухание. Получается, что волны Рэлея поверхностные, то есть их основная энергия сосредоточена у границы. Волны Рэлея имеют большое значение в сейсмологии, поскольку наблюдаются вдали от эпицентра землетрясений, и именно они являются основной причиной разрушения наземных объектов. На рисунке 11 приведены результаты численного



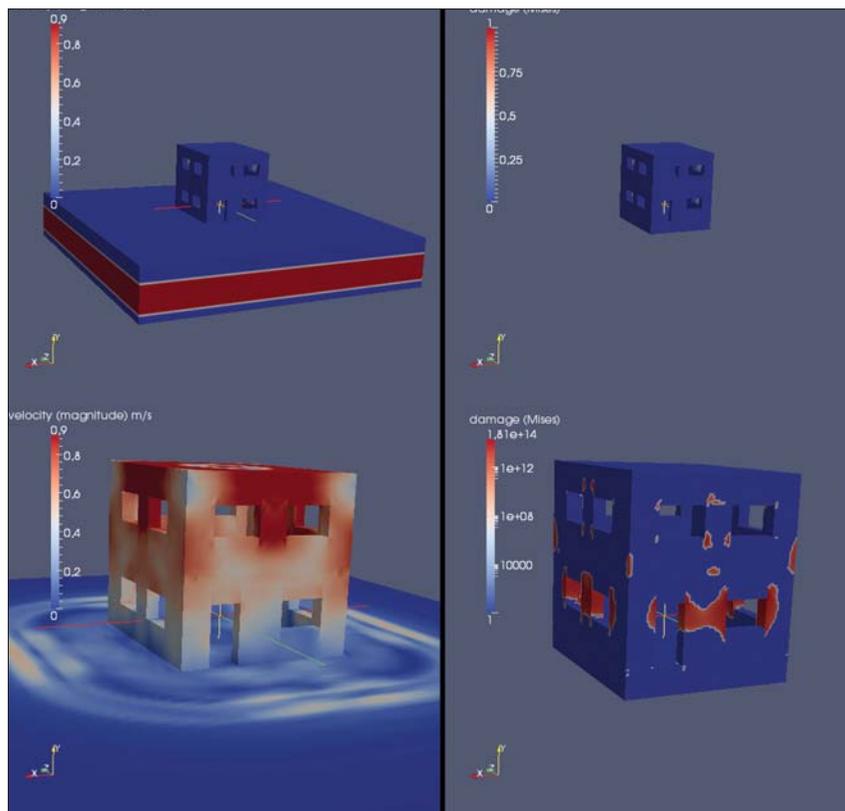


Рисунок 13. Модуль скорости (слева) и места разрушения (справа) при прохождении упругой волны по зданию

моделирования с использованием сеточно-характеристического метода. Скорость распространения упругой волны с большой точностью совпадает с теоретическим значением.

В слоистых средах возможно возникновение определенных типов волн – волн Лява. Вектор смещения у таких волн параллелен границе раздела сред и перпендикулярен направлению распространения, то есть волны Лява имеют горизонтальную поляризацию. В отличие от волн Рэлея, возникающих в одном полупространстве со свободной границей, волны Лява возникают в структурах типа «упругий

слой на упругом полупространстве». Теорию этих волн дал Ляв в 1911 году, его именем они и названы. Для существования волн Лява необходимо, чтобы поперечная скорость звука в веществе слоя была меньше поперечной скорости звука в веществе полупространства. Также, в отличие от волн Рэлея, волны Лява обладают дисперсией, то есть зависят от частоты и не сохраняют форму импульса. Амплитуда волны в полупространстве затухает по экспоненте. На рисунке 12 приведен результат численного расчета распространения волны Лява. Рассмотрим процесс прохождения плоской

продольной волны через наземный объект, в нашем случае небольшое сооружение из бетона. Фронт волны параллелен свободной поверхности земли, распространение волны от центра земли к поверхности. Импульс волны имеет прямоугольную форму. В данном тексте такой импульс рассматривался как один пик от землетрясения. Результаты моделирования приведены на рисунке 13. Места разрушения определялись с использованием критерия пластичности Мизеса.

**Игорь ПЕТРОВ,
Николай ХОХЛОВ**

Список литературы

1. Квасов И.Е., Панкратов С.А., Петров И.Б. Численное моделирование сейсмических откликов в многослойных геологических средах сеточно-характеристическим методом. // Математическое моделирование. – 2010. – Т. 22, вып. 9. – С. 13-22.
2. Голубев В.И., Квасов И.Е., Петров И.Б. Воздействие природных катастроф на наземные сооружения. // Математическое моделирование. – 2011. – Т. 23, вып. 8 – С. 46 – 54.
3. Магомедов К.М., Холодов А.С. Сеточно-характеристические численные методы. – М.: Наука, 1988.



Петров

Игорь Борисович, выпускник МФТИ 1976, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики МФТИ. Автор более 200 научных работ, нескольких учебников и учебных пособий. Область научных интересов – математическое моделирование волновых процессов в твердых телах, задач сейсмологии и сейсморазведки полезных ископаемых, вопросов безопасности сооружений, математическое моделирование в медицине и биологии.

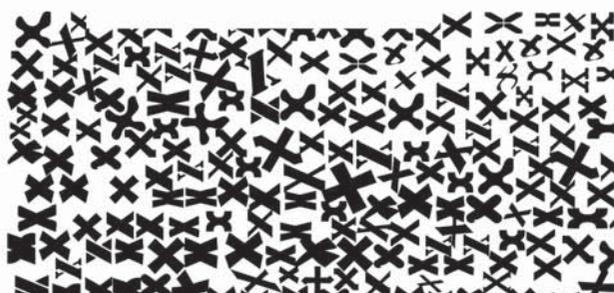


Хохлов

Николай Игоревич, выпускник МФТИ 2008, ассистент кафедры информатики МФТИ, кандидат физико-математических наук. Автор 10 научных работ. Область научных интересов – математическое моделирование в волновых процессах в твердых телах, в задачах сейсмологии и сейсморазведки полезных ископаемых, параллельные вычисления, технологии программирования. Разработал и читает студентам в рамках НОЦ СКТ МФТИ курс по коммуникационной среде MPI и технологии OpenMP.



НЕМНОГО ЛИРИКИ



Программисты шутят

Спорят хирург, инженер и программист о том, чья профессия древнее:
Хирург: «Когда Бог создал женщину из ребра Адама, то была первая хирургическая операция.

Значит, моя профессия древнее».

Инженер: «Но до человека Бог создал мир из хаоса, а это сложная инженерная работа. Значит, моя профессия древнее.

Программист (задумчиво): «А вы знаете, кто создал хаос?»

Приходит программист к пианисту – посмотреть на новый рояль. Долго ходит вокруг, хмыкает, потом заявляет:

– Клава неудобная – всего 84 клавиши, половина функциональных, ни одна не подписана, хотя ... Shift нажимать ногой – оригинально.

Однажды Программиста спросили:

– Что ты ешь?

– Сейчас запустим – узнаем!

– Как три программиста могут организовать бизнес?

– Один пишет вирусы, а другой антивирусы.

– А третий?

– Операционные системы, под которыми это все работает.

У программиста спрашивают:

– Почему ваши дети все время ссорятся?

– Конфликт версий.

– Чем занимаешься?

– Работал клативатуру, почитал и сборла ортбано.

– Вчера долго пытался объяснить бабуле, что работаю программистом...
– ???

– Сошлись на том, что чиню телевизоры и развожу мышей...

Производители программного обеспечения США сделали ошеломляющее открытие. Оказывается, скорость чтения россиян в сотни тысяч раз превышает скорость чтения американцев. Это стало очевидно после подсчета миллисекунд, за которые среднестатистический россиянин успевает прочитать пользовательское (лицензионное) соглашение и нажать *СОГЛАСЕН*.

Звонок в техподдержку:

– У меня гугл не открывается...

– Лампочка на модеме горит?

– Да. Только это не лампочка, а тиристорный светодиод.

– Гм... Да, пожалуй, проблемы на нашей стороне...

Сидим как-то с друзьями на пляже, пьем пиво. Невдалеке ходит девушка и раздает рекламные брошюры.

Вскоре она подходит и к нам, протягивает несколько бумажек, а мы, улыбаясь, говорим:

– Нам спам не нужен.

Она сразу нашлась и ответила:

– Пожалуйста админу!!!

– Никогда не пробовал есть в ванне?

– Нет. Я как все нормальные люди, ем за компьютером!

Компьютер – это электронное устройство, которое не заменит человека до тех пор, пока не научится смеяться над шутками босса и сваливать свои собственные ошибки на соседний компьютер.

Сын спрашивает у папы программиста:

– Пап, откуда дети берутся?

– Сынок, я занят. Спроси у Яндекса!

Три яблока изменили наш мир: первым соблазнили Еву, второе разбудило Ньютона, а третье попало на глаза Стиву Джобсу.

Вчера случайно обнаружил, что в туалете ловит

соседский незапароленный ВайФай.
Сегодня мама странно посмотрела на меня и поинтересовалась, нет ли у меня проблем с кишечником.

Новая «акция» в нашем магазине: Купите у нас 1000 мегабайт оперативной памяти и 24 мегабайта вы получите абсолютно бесплатно!

Он был настолько одинок, что на его почтовый ящик даже СПАМ не приходил...

– У моей бабули до сих пор лежит Евангелие 1804 года издания.

– Ух ты! Небось, еще на 5-ти дюймовых дискетах!!!

Приезжают американцы к нам и спрашивают:

– Вы с какого возраста детей учите на компьютерах работать?

Наши отвечают:

– С первого класса!

– Ух ты, а можно посмотреть?

Приводят американцев в первый класс. На парте стоит четыре компьютера. Учительница говорит:

– Петров, возьми один компьютер и поставь его на подоконник.

Дети, сколько компьютеров осталось?

Долгое время существовала гипотеза, что, если миллион обезьян посадить за

пишущие машинки, то по теории вероятности через некоторое время они напечатают «Войну и мир». Теперь с развитием Интернета, мы знаем, что это не так...

Жена сисадмина спрашивает мужа:

– Почему ты никогда не рассказываешь, как у тебя дела на работе?

– Да чего тебе рассказывать? Вот, вчера блок питания сгорел...

– Бедненький! Ну ты хоть с собой бутерброды бери.

– Всё! С сегодняшнего дня я начал новую жизнь!!!

– Что? Бросил пить и курить?

– Неа... поменял почтовый ящик, ник и номер аськи.

Разговаривают две девушки:

– А что он из себя представляет?

– Очень общительный и доброжелательный... Даже не скажешь, что программист!

Капля никотина убивает лошадь. А кружка кофе – клавиатуру!

Начальник:

– А кофе на клавиатуру тоже вирус пролил?

Вопрос: Кто не прощает ошибок.

Ответ: Женщины и тетрис на девятой скорости.

Звонок в службу по ремон-

ту компьютеров.
Женский голос (шепотом):

– Алло, это ремонт компьютеров?

– Да.

– У меня компьютер сломался.

– А что Вы шепотом говорите.

– Если муж услышит – убьет!

Шеф диктует секретарше электронное письмо:

– Сообщаю вам запятая что кредит запятая полученный нами у вас запятая в этом году мы не сможем отдать точка.

Леночка, я сказал точка, а не двоеточие с тремя скобками!

Вопрос в службу поддержки:

Что делать если я довел мышку до края коврика, а курсор не дошел до края экрана?

Со слов системного администратора:

– 95 процентов компьютерных ошибок сидят в тридцати-сорока сантиметрах от монитора...

Разговаривают два программиста:

– А у меня духовка не включается...

– Что пишет?

Разговор в чате:

– Помогите, уменяпробелнеработает!

Ответ:

– Настоящему_

программисту_пробел_
не_ужен!

:) – обычный смайлик
:)) – смайлик с двойным подбородком
:))) – американский смайлик
:] – Робот Вертер
:[– Терминатор
:[] – Маша Распутина
(:) – Гюльчатай, открой личико...
(:[] – Маша Распутина??!!
:{ – Чапаев
.) – Кутузов
}:| – Брежнев
:\$ – Билл Гейтс
:# – Ходорковский
OO – Памела Андерсон
oo – Бритни Спирс
.. – Кристина Орбакайте
Известные произведения искусства:
«Девочка на шаре» –
:) O
«Девочка с персиками» –
:) OOO
«Иван Грозный убивает своего сына» –
{====> : (
«Грачи прилетели» –
}}}}}}}}}

– Компьютер – это зло?
– Ага!
– Выключу сейчас, а то ничего не успеваю сделать.
– Я вчера выключил и появилось два новых зла – холодильник и телевизор.

Если тебе уже пора вставать на работу, а ты еще не ложишься, значит накануне вечером ты решил посидеть полчаса перед сном в Интернете.

Я тут понял. Чашка у Админа, как пояс у каратиста. Чем чернее, тем опасней к нему подходить.

Купили доченьке веб-камеру – и теперь ровно одна треть комнаты идеально убрана...

Сайты «Одноклассники» и «Вконтакте» можно объединить в один проект под названием ФСБук.

На забугорном форуме идет обсуждение вируса, который при просмотре порносайтов включает вебкамеру.

Автор вируса был настолько уверен в своих успехах, что предложил дать 100 долларов каждому, кому удастся во время просмотра видео остаться необнаруженным.

Десятки страниц расстроенных американцев, никто никак не возьмет зеленую бумажку.

И тут пишет один пользователь, судя по профилю русский, и предлагает проверить вирус на себе.

...И несколько сообщений ниже пишет автор: «Как, как тебе это удалось? Ты нашел место где прячется вирус?» Ответ русского порадовал: «У меня просто нет веб-камеры».

– Милый, я тут клавиатуру протирала... Теперь справа почему-то горят все три

лампочки, что это может значить?

– Это значит, что клавиатура уже чистая.

Тяжело быть программистом. Приходишь отдохнуть к людям в гости, а тебе сразу показывают домашний компьютер и просят разобраться с его проблемами.

Сплю я, значит в серверной... Просыпаюсь тишина. ТИШИНА???!!!!

Нормальные люди не едят за компом, а берут ноутбук на кухню.

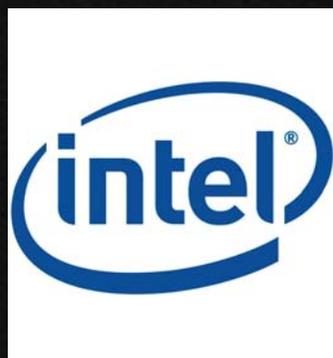
В Эстонии создан самый быстрый в этой стране компьютер. В настоящее время эстонский сверхскоростной компьютер стремительно загружается.

Меня жена пытается дрессировать: с каждым днем кладет бутерброды все дальше и дальше от компьютера.

Билл Гейтс выступил с речью, посвященной борьбе со спамом. Речь будет разослана всем пользователям Windows.

Сегодня видел объявление «Продам принтер», написанное от руки. Что-то здесь не так...

Наши партнеры:



Журнал МФТИ «За науку»
Главный редактор Наталья Беликова
Художник Сергей Орлов
Верстка Марины Сурковой
Zanauku_mipt@mail.ru