

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 378

ОПЫТ НИЖЕГОРОДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПО ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2010 г.

В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

gergel@unn.ru

Поступила в редакцию 28.02.2010

Рассматривается опыт Нижегородского университета по подготовке высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений. Дается общая характеристика разработанных образовательных программ, выполняемых научных исследований, сотрудничества с ведущими ИТ-компаниями.

Ключевые слова: суперкомпьютерные технологии, высокопроизводительные вычисления, подготовка, переподготовка и повышение квалификации кадров, научные исследования, ИТ-компания.

Применение высокопроизводительных вычислительных систем является стратегическим направлением развития вычислительной техники. Это обстоятельство вызвано не только принципиальным ограничением максимально возможного быстродействия обычных последовательных ЭВМ, но и практически постоянным существованием вычислительных задач, для решения которых возможностей существующих средств вычислительной техники всегда оказывается недостаточно. Отсюда вытекает значимость проблемы подготовки высококвалифицированных специалистов, способных эффективно использовать высокопроизводительные компьютерные системы для решения важных научно-технических задач с высокой вычислительной трудоемкостью.

В сфере данной проблематики Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского (ННГУ) в последние годы заложил основы комплексной системы подготовки кадров в области высокопроизводительных технологий для вузов и научных организаций. В рамках данной системы реализуется массовая подготовка специалистов на базе открытия новых и развития существующих специальностей высшего образования, развитие магистратуры для формирования кадрового потенциала научных исследований, переподготовка и повышение квалификации преподавателей вузов в области высокопроизводительных вычислений, развитие орга-

низационной и материальной базы учебной и исследовательской деятельности, выполнение научных и прикладных исследований с широким привлечением студентов, магистрантов и аспирантов, проведение научных конференций и молодежных школ, кооперация с ведущими фирмами, работающими в сфере ИТ.

Основные направления деятельности могут быть кратко охарактеризованы следующим образом.

Суперкомпьютерный консорциум университетов России

Одним из основополагающих принципов деятельности Нижегородского университета в области суперкомпьютерных технологий является координация и взаимовыгодное сотрудничество с ведущими российскими и зарубежными научно-образовательными центрами. Значимым событием в этом направлении явилось создание в декабре 2008 г. Суперкомпьютерного консорциума университетов России (<http://www.hpc-russia.ru>), учредителями которого стали Московский, Нижегородский, Томский и Южно-Уральский университеты.

Целью Суперкомпьютерного консорциума университетов России является разработка и обеспечение выполнения комплекса мероприятий, направленных на эффективное использование имеющегося потенциала высшей школы

для развития и активного внедрения суперкомпьютерных технологий в российском образовании, науке и промышленности.

В рамках поставленной цели деятельность консорциума будет ориентирована на решение следующих основных задач:

- координация и организация взаимодействия высших учебных заведений России по использованию и развитию современных суперкомпьютерных технологий в образовании, науке и промышленности;
- разработка образовательных программ подготовки высококвалифицированных специалистов, повышения квалификации и переподготовки кадров в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений;
- содействие развитию в России сети высокоэффективных суперкомпьютерных центров, ориентированных на внедрение высокопроизводительных вычислительных технологий во все сферы национальной экономики;
- формирование системы обмена передовым опытом, распространение последних достижений в области высокопроизводительных вычислений;
- разработка научно-образовательных и научно-технических целевых программ в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительной обработки данных;
- в содружестве с организациями РАН содействие расширению в университетах России фундаментальных и прикладных научных исследований, требующих проведения значительных ресурсоемких вычислений;
- развитие и поддержка системы российских научных конференций и молодежных научных школ по суперкомпьютерным технологиям и их приложениям;
- расширение международного образовательного и научного сотрудничества университетов России в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений.

Важным направлением деятельности консорциума будет являться активное продвижение работ по практическому использованию суперкомпьютерных технологий для решения актуальных проблем науки, техники, промышленности и бизнеса, анализ и исследование которых ранее не представлялись возможными в силу ограниченности существующих вычислительных средств.

В состав консорциума на начало 2010 г. вошло более 20 университетов России, к которым уже подключились ассоциированные члены в

лице институтов РАН и коммерческих компаний.

Открытие экспериментальной подготовки по направлению «Информационные технологии»

В соответствии с основными направлениями стратегии подготовки специалистов в области информационных технологий, в содружестве с Московским и Санкт-Петербургским университетами, Московским институтом электроники и математики, Санкт-Петербургским электротехническим университетом и Российским технологическим университетом (МАТИ) Нижегородский государственный университет в 2003 г. провел лицензирование образовательной программы высшего профессионального образования по направлению 511900 – «Информационные технологии» и на основании приказа Министерства образования РФ открыл в порядке эксперимента подготовку бакалавров и магистров по данному направлению, обеспечив прием на бюджетные места 15 студентов первого курса (в 2009 г. бюджетный прием составил 50 человек для подготовки бакалавров и 30 человек для обучения в магистратуре).

Учебный план направления 511900 был подготовлен в соответствии с государственными требованиями и с учетом рекомендаций Computing Curricula 2001 международных организаций IEEE-CS и ACM. Учебный план обеспечивает фундаментальную математическую подготовку по основным разделам современной математики, лежащим в основе процессов обработки информации, разнообразный спектр общепрофессиональных дисциплин и дисциплин специализаций, опирающихся на развитую лабораторную и методическую базу, широкую гуманитарную и социально-экономическую подготовку.

Стратегической целью новой образовательной программы является подготовка высококвалифицированных специалистов, способных проводить научные исследования актуальных проблем науки и техники с использованием современных достижений информационных и компьютерных (в т.ч. и высокопроизводительных) технологий.

Подготовка высококвалифицированных специалистов в рамках образовательных программ магистратуры

Для решения проблемы подготовки высококвалифицированных специалистов в ННГУ в

2001 г. создана первая в Нижнем Новгороде межфакультетская магистерская программа «Математические модели, методы и программное обеспечение современных компьютерных технологий». Подготовка специалистов в рамках данной программы предусматривает в равной степени как продолжение *фундаментального образования* в области математических моделей и методов, служащих основой для разработки современных компьютерных технологий, так и углубленное практическое освоение *передовых промышленных технологий* создания масштабного программного обеспечения. Для подготовки новых учебных курсов и проведения занятий привлекаются ведущие преподаватели и специалисты ННГУ. Межфакультетскую магистратуру поддержали корпорации Intel, Microsoft и Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (г. Москва).

Обучение в магистратуре прежде всего ориентировано на бакалавров основных физико-математических факультетов ННГУ, но поступление в магистратуру возможно и для выпускников других специальностей любого вуза Нижнего Новгорода, желающих получить высшую профессиональную подготовку в области современных компьютерных технологий.

Учебный план магистратуры включает:

- блок дисциплин, направленных на получение фундаментальной подготовки в области математических моделей и методов, лежащих в основе современных компьютерных технологий;
- блок дисциплин, ориентированных на эффективное освоение промышленных технологий создания сложного программного обеспечения;
- блок научной работы, включающий в себя научные семинары, расширенный вычислительный практикум, научно-исследовательскую работу под руководством научного руководителя, значительный объем индивидуальной работы на новейших образцах компьютерной техники.

В 2008 г. была проведена существенная модернизация межфакультетской магистратуры – она была ориентирована существенным образом на подготовку специалистов по системному и прикладному программированию для многопроцессорных многоядерных компьютерных систем.

Ключевым принципом организации магистратуры является междисциплинарный подход к образованию, реализующий возможность получения знаний по параллельному программированию специалистами из разных проблемных областей и одновременно преодолевающий ог-

раниченность узкоспециализированной подготовки.

Переподготовка и повышение квалификации преподавателей вузов в области информационных технологий

Для переподготовки и повышения квалификации преподавателей вузов в области ИТ Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского совместно с корпорацией Intel выполнял в 2004–2006 гг. экспериментальный благотворительный проект «Виртуоз», целью которого являлась подготовка преподавателей к внедрению в региональных вузах России и других стран СНГ нового направления подготовки – «Информационные технологии». С августа по декабрь молодые преподаватели из региональных вузов России и других стран СНГ принимали участие в семестровой программе индустриально-академической стажировки в ННГУ и корпорации Intel с целью получения комплексных систематизированных знаний в области передовых методов разработки и преподавания современных информационных технологий.

Основная задача проекта «Виртуоз» – совершенствование методологии преподавания программной инженерии, разработка новых и модернизация существующих в региональных вузах курсов по высокопроизводительным информационным технологиям.

В течение семестра участники программы под руководством ведущих специалистов в области ИТ проходили обучение современным методикам программной инженерии, передовым информационным технологиям, получали опыт работы по созданию учебных курсов, соответствующих международным образовательным стандартам IEEE/ACM Computing Curricula 2001: Computer Science и IEEE/ACM Computing Curricula 2001: Software Engineering, а также проходили стажировку в корпорации Intel.

Выполнение проекта «Виртуоз» было поддержано ведущими корпорациями в области ИТ – Intel, Microsoft, IBM, Borland, а также известной российской компанией «Лаборатория Касперского».

Логическим развитием проекта «Виртуоз» явилась организация в ННГУ при поддержке Федерального агентства по образованию программы повышения квалификации научно-педагогических работников федеральных государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования по

направлению «Высокопроизводительные вычисления».

Интернет-университет суперкомпьютерных технологий

Создание Интернет-университета суперкомпьютерных технологий (<http://www.hpcu.ru>) была инициировано Нижегородским университетом в содружестве с Интернет-университетом информационных технологий и Научно-исследовательским вычислительным центром Московского университета. Проект создания университета был горячо поддержан и вошел как важная составляющая часть деятельности созданного в 2008 г. Суперкомпьютерного консорциума университетов России; его участниками стали Санкт-Петербургский и Южно-Уральский университеты, Институт математического моделирования РАН и Институт прикладной математики РАН.

Образовательная деятельность университета ориентирована на самый широкий круг обучаемых (студентов, специалистов, преподавателей) и предусматривает наличие различных направлений подготовки для учета различных профессиональных требований в области суперкомпьютерных технологий (пользователи, программисты, инженеры).

Согласование массовости обучения и качества получаемого образования обеспечивается за счет привлечения к деятельности университета ведущих специалистов страны в области суперкомпьютерных технологий, активного использования современных ИТ-технологий для организации учебного процесса, применения двухуровневой системы обучения.

Двухуровневая система обучения в рамках университета включает:

- Базовый уровень подготовки (ориентирован на самый широкий круг обучаемых и организуется в форме дополнительного образования на основе технологий дистанционного обучения с использованием сети Интернет (включая проведение учебных занятий в форме видеоконференций)).

- Профильный (углубленный) уровень подготовки (организуется в опорных образовательных центрах университетов – участников проекта). Длительность такого обучения регулируется образовательными программами, реализуемыми в соответствующих образовательных центрах.

Технологические основы организации учебного процесса на базовом уровне подготовки состоят в следующем:

- Процесс обучения в рамках университета формируется на основе **технологий дистанционного образования** (представление учебных материалов в сети Интернет, модульное представление учебного материала, автоматизированное тестирование);

- Для представления учебных материалов наряду с традиционным гипертекстовым форматом широко используются **видеоматериалы**;

- Важной составляющей обучения является **проведение учебных занятий в форме видеоконференций**, в значительной степени позволяющих обеспечить на новой технологической основе возможности классического очного обучения (изложение учебного материала преподавателем, опрос обучаемых, организацию самостоятельной работы под управлением преподавателя);

- Самостоятельная работа слушателей университета и возможность проведения вычислительного практикума в процессе обучения будет обеспечиваться предоставлением **доступа к суперкомпьютерным центрам** университетов – исполнителей проекта;

- В ходе развития проекта может быть предусмотрена возможность регулярного проведения **очных семинаров-школ** (например, в рамках научно-технических конференций суперкомпьютерной тематики).

Нижегородский Центр суперкомпьютерных технологий

Вычислительную основу Центра суперкомпьютерных технологий составляет **высокопроизводительный кластер**, приобретенный Нижегородским университетом в 2007 г. в рамках Национального проекта «Образование». Кластер имеет архитектуру вычислительных систем семейства SKIF. В составе кластера 64 двухпроцессорных двухъядерных сервера Intel Xeon 3.2 GHz, 4 Gb и класс рабочих станций на базе 12 компьютеров с четырехъядерными процессорами Intel Core 2 Duo 1.86 GHz, 2 Gb с сетевым оборудованием на основе Gigabit Ethernet. Пиковая производительность составляет 3 Тфлопс (триллионов операций в секунду).

В числе дополнительного компьютерного оборудования Центра:

- Вычислительный кластер, запуск которого был осуществлен в 2001 г. на основе оборудования, переданного ННГУ в рамках академической программы компании Intel. В составе начальной версии кластера было 2 четырехпроцессорных сервера Intel Pentium III Xeon 700

МГц, 12 двухпроцессорных серверов Intel Pentium III Xeon 1000 МГц, 12 рабочих станций Intel Pentium 4 1300 МГц (44 процессора в совокупности). Суммарное быстродействие составляло более 50 Гфлопс (50 миллиардов операций в секунду) – на момент установки данный кластер являлся одним из самых быстродействующих в стране.

- В 2005 г. в состав кластера был включен сервер IBM Power 5 1.65 ГГц, сервер с 2 двухъядерными процессорами AMD Opteron 64 bt 2 ГГц и 8 двухпроцессорных серверов Intel Pentium 4 Xeon EMT64T 3 ГГц.

- В 2005 г. в состав кластера был включен переданный компанией Intel первый в Европе вычислительный класс из 15 компьютеров на двухъядерных процессорах Intel Pentium 4D 2.8 ГГц.

Наряду с высокопроизводительной кластерной установкой в 2007–2008 гг. ННГУ приобрел 3 мини-кластера в следующей комплектации:

- Персональный мини-кластер T-Forge Mini на базе четырех серверов, каждый из которых имеет два двухъядерных процессора AMD Opteron 2.2 ГГц, 2 Гб RAM, 100 Гб HDD, Gigabit Ethernet. Общее количество ядер – 16, пиковая производительность – 70 Гфлопс;

- 2 персональных мини-кластера T-Edge Mini на базе 5 серверов, каждый из которых имеет два четырехъядерных процессора Quad Core 2 Intel Xeon 5320 (1.86 ГГц), 4 Гб RAM, 250 Гб HDD, сеть Gigabit Ethernet (в первом) и Infiniband (во втором). Общее количество ядер в каждом мини-кластере – 40, пиковая производительность – 240 Гфлопс.

Центр суперкомпьютерных технологий обладает и представителями новейшего направления развития компьютерного оборудования для высокопроизводительных вычислений – аппаратными ускорителями вычислений. В их числе:

- Ускоритель ClearSpeed Advance X620, представляющий собой дополнительную плату, которая может быть подключена к компьютеру, совместимому с x86, через слот PCI-X. На плате ускорителя два процессора CSX600, работающих с частотой 210 МГц, и 1 Гб памяти. Каждый процессор содержит главное исполнительное устройство и 96 обрабатывающих ядер. В целом, ускоритель обеспечивает суммарную производительность более 70 Гфлопс.

- Ускоритель Nvidia Tesla D870, представляющий собой отдельный блок размером 15×24×52 см³, который может быть подключен к компьютеру, совместимому с x86, через слот PCI Express (http://www.nvidia.ru/page/tesla_deskside.html). В составе ускорителя 2 графиче-

ских процессорных устройства со 128 ядрами каждый и общим объемом памяти 3 Гб. Пиковая производительность ускорителя составляет 1 Tflops (одинарная точность), что позволяет говорить об ускорителе как о «настольном суперкомпьютере».

Для проведения вычислительных экспериментов с многоядерными процессорами Cell в центре имеется возможность удаленного доступа к компьютерному оборудованию компании «Т-Платформы» (<http://www.t-platforms.ru/ru/cell.php>).

В 2008 г. компания Intel передала Нижегородскому университету самую современную в то время серверную установку с общей памятью на базе 16 процессоров Itanium в комплектации 8 двухъядерных узлов, обеспечивающую пиковую производительность 128 Гфлопс.

Для обеспечения визуализации полученных результатов суперкомпьютерных вычислений в центре имеется оборудование для демонстрации стереовидеографики, а рабочие станции оборудованы профессиональными видеокартами Nvidia Quadro FX 5600 и Nvidia Quadro FX 4600.

В результате выполнения работ по Федеральной целевой программе «Интеграция науки и высшего образования России на 2002–2006 годы» (ФЦП «Интеграция») совместно с Институтом прикладной физики РАН (Нижний Новгород) в 2002 г. создан Нижегородский распределенный центр коллективного пользования для суперкомпьютерных вычислений, в состав которого вошли лаборатория высокопроизводительных компьютерных систем ННГУ и лаборатория информационных технологий ИПФ РАН. В рамках центра объединены суперкомпьютерные вычислительные мощности ННГУ и ИПФ РАН в составе высокопроизводительного кластера ННГУ и вычислительного кластера ИПФ РАН, способных работать совместно при решении суперсложных задач.

Для выполнения вычислений в целях научных исследований и проведения обучения в рамках молодежных школ использовались в режиме удаленного доступа ресурсы Московского университета и Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН – ведущих организаций России в области высокопроизводительных вычислений.

В рамках научно-технической программы Союзного государства России и Беларуси «Разработка и использование программно-аппаратных средств грид-технологий перспективных высокопроизводительных (суперкомпьютерных) вычислительных систем семейства «СКИФ» (шифр «СКИФ-ГРИД») Нижегород-

ский университет входит в состав территориально-распределенной вычислительной системы «СКИФ-Полигон». В составе «СКИФ-Полигона» создан и функционирует нижегородский узел распределенных вычислений на базе высокопроизводительного кластера ННГУ, ресурсы которого подключены к распределенной вычислительной сети «СКИФ-Полигона».

Учебно-методическое обеспечение

Характеризуя необходимый набор знаний и умений, требуемый специалисту в области высокопроизводительных вычислений для эффективного решения сложных научно-технических задач, можно выделить следующий возможный набор разделов программы подготовки в указанной области:

- Архитектура параллельных вычислительных систем;
- Модели вычислений и методы анализа сложности;
- Параллельные методы вычислений;
- Параллельное программирование (языки, среды разработки, библиотеки) и др.

Большую работу по систематизации образовательных программ выполнила экспертная группа Министерства образования и науки РФ по подготовке специалистов в области высокопроизводительных вычислений. В качестве рекомендаций данная группа выдвинула предложения по созданию новых специализаций «Высокопроизводительные вычислительные технологии и системы», «Математическое и программное обеспечение высокопроизводительных вычислительных систем (ВВС)», «ВВС и параллельное программирование», а также сформировала рекомендуемый набор учебных курсов по этим специализациям. Информация о результатах деятельности рабочей группы представлена, например, в статье А.Н. Тихонова, А.Д. Иванникова, В.Г. Домрачева, А.К. Скурадова, И.В. Ретинской (2001).

Наряду с созданием новых специальностей и специализаций для подготовки в области высокопроизводительных вычислений, актуальным является наличие и общего (интегрального) учебного курса по параллельному программированию, в рамках которого с единых позиций предпринималась бы попытка общего анализа многих проблем в области высокопроизводительных вычислений. Такой курс может быть использован как систематическое введение в предметную область в рамках специализаций и специальностей соответствующей направленности. Кроме того, подобный курс полезен для

различных программ переподготовки и повышения квалификации кадров.

Именно к указанному типу относится учебный курс «Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование», который читается для студентов факультета вычислительной математики и кибернетики Нижегородского университета с 1995 г.; с 1999 г. этот курс читается также в Нижегородском государственном техническом университете. Данный курс был прочитан (после соответствующей переработки) для научных сотрудников Института прикладной физики РАН и для работников компании Intel.

В 2001 г. по курсу было подготовлено учебное пособие «Основы параллельных вычислений» (переиздано в 2004 г.), в 2007 г. издан учебник «Теория и практика параллельных вычислений», которые на данный момент используется в учебном процессе более чем 20 вузов страны.

Для проведения лекционных и практических занятий имеется полный комплект компьютерных презентаций в формате системы MS PowerPoint; информационное сопровождение курса обеспечивается ресурсом сети Интернет (<http://www.software.unn.ac.ru/ccam/?doc=14>), в котором представлены лекционные презентации и результаты выполнения студенческих заданий.

Важно отметить, что образовательный комплекс обладает высокой степенью готовности для тиражирования. Курс входит в состав библиотеки учебных материалов русскоязычного сайта компании Microsoft (<http://www.microsoft.com/Rus/Msdnaa/Curricula/Default.aspx>).

Имеется полный вариант разработанного комплекса на английском языке, который представлен в библиотеке учебных материалов сайта компании Microsoft (в сентябре 2007 г. этот вариант учебного курса занимал второе место по количеству скачиваний среди всех образовательных материалов данного образовательного ресурса) (<https://www.academicresourcecenter.net/curriculum/pfv.aspx?ID=6594&wa=wsignin1>).

Курс можно изучить и сдать экзамен дистанционно при помощи сайта Интернет-университета информационных технологий (<http://www.intuit.ru/department/calculate/paralltp>).

Теоретический материал курса закрепляется практической работой в рамках объемного лабораторного практикума на основе программной системы «Параллельная Лаборатория» (сокращенное наименование ПараЛаб), которая обеспечивает возможность проведения вычислительных экспериментов с целью изучения и

исследования параллельных алгоритмов решения сложных вычислительных задач.

Система может быть использована для организации лабораторного практикума по различным учебным курсам в области параллельного программирования, в рамках которого обеспечивается возможность:

- моделирования многопроцессорных вычислительных систем с различной топологией сети передачи данных;
- получения визуального представления о вычислительных процессах и об операциях передачи данных, происходящих при параллельном решении разных вычислительных задач;
- построения оценок эффективности изучаемых методов параллельных вычислений.

Проведение такого практикума может быть организовано на «обычных» однопроцессорных компьютерах, работающих под управлением операционных систем MS Windows 2000 или MS Windows XP (режим многозадачной имитации параллельных вычислений). Кроме режима имитации, в системе Параллаб обеспечивается удаленный доступ к имеющейся многопроцессорной вычислительной системе для выполнения экспериментов в режиме «настоящих» параллельных вычислений для сопоставления результатов имитации и реальных расчетов.

Научные мероприятия

Важнейшим направлением работ в области подготовки высококвалифицированных кадров в ННГУ является организация научных конференций, семинаров, молодежных школ с международным участием и широким привлечением студентов, аспирантов и молодых сотрудников.

Начиная с 2001 года Нижегородский госуниверситет при содействии Вычислительного центра РАН и Института математического моделирования РАН ежегодно проводит Международные научно-практическую конференцию и молодежную школу «Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах». Тематика конференции и школы связана с рассмотрением основных аспектов организации высокопроизводительных вычислений на кластерных компьютерных установках, активацией научно-практической деятельности исследователей в этой перспективной области развития современных средств вычислительной техники, учебно-образовательной деятельностью при подготовке специалистов в области параллельных вычислений.

Конференции и школы проводятся поочередно в Нижнем Новгороде и в одном из других

городов России. В 2004 году местом проведения Четвертой конференции являлся Самарский государственный аэрокосмический университет, в 2006 году Шестую конференцию принимал Санкт-Петербургский государственный университет, в 2008 году Восьмая конференция была организована в Казани на базе Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, в 2009 г. конференция проводилась на базе Владимирского государственного университета.

В числе форм и методов подготовки высококвалифицированных специалистов в области высокопроизводительных вычислений следует отметить зимнюю школу-практикум молодых ученых и специалистов «Технологии параллельного программирования», которая проводится ежегодно с 2004 г. Нижегородским госуниверситетом и Нижегородским центром разработки программного обеспечения Intel при поддержке Нижегородского фонда содействия образованию и исследованиям.

Наряду с лекционными занятиями слушатели школы проходили лабораторный практикум на кластере Центра высокопроизводительных вычислений ННГУ. Для проведения вычислительных экспериментов был организован удаленный доступ через Интернет к вычислительным кластерам Московского университета, Научно-исследовательского вычислительного центра МГУ, Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН, Санкт-Петербургского университета, Института прикладной физики РАН.

Знаковым событием для российского суперкомпьютерного сообщества явилось проведение Суперкомпьютерным консорциумом университетов России на базе Нижегородского государственного университета в октябре 2009 года уникальной Всероссийской молодежной школы «Суперкомпьютерные технологии и высокопроизводительные вычисления в образовании, науке и промышленности».

Проведение консорциумом этой научно-образовательной школы позволило обеспечить качественно новый уровень таких мероприятий. Отличительные особенности данной школы:

- активная поддержка образовательным сообществом страны – выполнение образовательной программы было обеспечено ведущими учеными и известными специалистами МГУ, ННГУ, ЮУрГУ, СПбГУ ИТМО, ИММ РАН, ИПМ РАН и других организаций;
- комплексность охвата проблематики суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений – в рамках школы

было организовано 7 параллельно идущих секций с широким спектром изучаемых тем;

- разнообразие форм и методов обучения – в программе школы представлены интенсивные учебные занятия с расширенным лабораторным практикумом, обзорные доклады ведущих ученых и специалистов, практические работы различного уровня сложности;

- значительное количество участников – в школе прошли обучение 75 слушателей из 25 городов России, молодые специалисты, аспиранты, студенты с разным уровнем подготовки.

Участие в школе дало уникальную возможность дополнительной профессиональной подготовки в области суперкомпьютерных технологий. По всем отзывам данная школа была прекрасно организована и проведена, показала свою исключительную полезность. Достигнутый результат послужил основой для включения данной школы в план ежегодных мероприятий Суперкомпьютерного консорциума университетов России.

Научные и прикладные исследования в области суперкомпьютерных технологий ставили своей целью создание и развитие новых методов и средств вычислительного анализа научно-технических задач с существенной вычислительной трудоемкостью, решение которых невозможно без использования высокопроизводительных вычислительных установок и систем, реализующих парадигму распараллеливания вычислений как основной инструмент преодоления фундаментальной сложности решаемых задач. Для достижения заявленных целей Нижегородский госуниверситет создал интегрированную аппаратную суперкомпьютерную среду на базе кластерных вычислительных систем различной производительности и грид-технологий распределенных вычислений, управляемую современными системными программными средствами, ориентированными на использование, главным образом, Windows-платформ и допускающими сопряжение с Unix-подобными решениями.

Основные направления исследований нацелены:

- на разработку и модификацию системных средств управления высокопроизводительными комплексами;
- на оптимизацию и расширение существующих библиотек параллельных вычислений;
- на разработку прикладных программных средств параллельных вычислений в области принятия решений, физического моделирования, биоинформатики, оптимального проектирования;
- на решение прикладных задач с существенной вычислительной трудоемкостью как с

применением программных систем собственной разработки, так и с использованием современных проблемно-ориентированных пакетов и систем параллельного анализа;

- на разработку организационных и методических основ подготовки кадров в области высокопроизводительных вычислений.

В числе выполненных научно-технических проектов:

- Высокопроизводительные вычисления в глобальной оптимизации: последовательные и параллельные алгоритмы;

- Масштабируемые параллельные алгоритмы вывода и обучения вероятностных сетей в рамках библиотеки Probabilistic Network Library;

- Оптимизация открытых реализаций стандарта MPI для Linux на кластерах архитектуры Power;

- Разработка системы «Метакластер» для управления вычислительными ресурсами в многопроцессорных компьютерных комплексах (кластерах);

- Технология разработки распределенных параллельных программ с помощью Cluster OpenMP;

- Создание Нижегородского узла пилотного сегмента распределенной грид-системы «СКИФ»;

- Адаптация библиотеки GROMACS для архитектуры Cell BE;

- Разработка высокопроизводительного программного комплекса для квантово-механических расчетов и моделирования наноразмерных атомно-молекулярных систем и комплексов (головной исполнитель проекта – СПбГУ ИТМО) и многие другие.

Краткое описание результатов научных исследований и подготовки кадров в Нижегородском университете в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений завершено. Можно отметить, что многое удалось, но еще больше предстоит сделать. В настоящее время интенсивно проводятся подготовительные работы по существенному увеличению вычислительных ресурсов Центра суперкомпьютерных технологий и их доведению до уровня лучших суперкомпьютерных систем мира. Широко обсуждается программа развития Интернет-университета суперкомпьютерных технологий. Чрезвычайно интересным и перспективным направлением является деятельность по содействию широкому распространению персональных мини-кластеров для поддержки массового практического применения суперкомпьютерных технологий.

Значительные перспективы открываются в связи с присвоением ННГУ статуса национального исследовательского университета.

И самое главное, необходимо развитие сотрудничества со всеми заинтересованными сторонами – университетами, научно-исследовательскими институтами, ИТ-компаниями, промышленными предприятиями. Значимость задачи – расширение научных исследований и подготовки кадров в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений – просто обязывает нас это сделать.

Список литературы

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002.

2. Гегель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. Интуит Бином. Лаборатория знаний, 2007.

3. Гегель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2001. (2004 – 2 изд.).

4. Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Домрачев В.Г. и др. Организационные и методические основы подготовки специалистов по высокопроизводительным вычислениям // Труды Международной научной конференции «Телематика 2001». СПб.: Изд-во СПбГИТМО, 2001. С. 151–154.

5. Рекомендации по преподаванию информатики в университетах. Computing Curricula 2001. Computer Science. СПб., 2002.

**NIZHNI NOVGOROD STATE UNIVERSITY'S EXPERIENCE IN EDUCATION
AND RESEARCH IN SUPERCOMPUTING TECHNOLOGIES**

V.P. Gergel, R.G. Strongin

The experience of the Nizhni Novgorod State University in education and research in supercomputing technologies is considered. An overview of educational programs, research and collaboration with IT companies is given.

Keywords: supercomputing technologies, high-performance computations, training, retraining, professional development, research, IT companies.