

## СОВМЕСТНАЯ БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКАЯ ПРОГРАММА «СКИФ»

С.В. Абламейко<sup>1</sup>, С.М. Абрамов<sup>2</sup>, В.В. Анищенко<sup>1</sup>, Н.Н. Парамонов<sup>1</sup>, О.П. Чиж<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Объединенный институт проблем информатики

Национальной академии наук Беларуси, Минск

<sup>2</sup>Институт программных систем Российской академии наук, Переславль-Залесский

*Приводятся общие сведения по суперкомпьютерной программе Союзного государства «СКИФ». Кратко изложены основные результаты двух этапов выполнения программы. Отражены главные работы по внедрению суперкомпьютерной техники семейства «СКИФ», предложены перспективные направления его развития.*

### 1. Общие сведения по Программе «СКИФ»

Программа Союзного государства «Разработка и освоение в серийном производстве семейства высокопроизводительных вычислительных систем с параллельной архитектурой (суперкомпьютеров) и создание прикладных программно-аппаратных комплексов на их основе» (шифр программы - «СКИФ») с учетом продления на один год рассчитана на 5 лет: 2000-2004 гг. Государственные заказчики программы - Национальная академия наук Беларуси и Министерство образования и науки Российской Федерации. Главные исполнители программы – Объединенный институт проблем информатики (ОИПИ) НАН Беларуси и Институт программных систем (ИПС) РАН.

В реализации программных мероприятий участвуют около 20 предприятий от РБ и РФ, в том числе:

от РБ: УП «НИИ ЭВМ» Госкомвоенпрома РБ, УП «Белмикросистемы» Минпрома РБ, НИРУП «Национальный центр информационных ресурсов и технологий», НИРУП «Геоинформационные системы» и Институт тепло и массо- обмена НАН Беларуси, БГУИР и БГУ Минобразования РБ, РНПЦ «Кардиология» Минздрава РБ, и др.;

от РФ: ОАО «Научно-исследовательский центр электронно-вычислительной техники», предприятие «Суперкомпьютерные системы», Центр научных телекоммуникаций и информационных технологий РАН, АНО «Институт высокопроизводительных вычислений и информационных систем», ГНУ «Российский научно-исследовательский институт региональных проблем» Министерства образования Российской Федерации, Научно-исследовательский институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова и др.

Система программных мероприятий включает 21 задание, которые предусматривают работы по созданию базовых конструктивных модулей, элементной базы, системного программного обеспечения и законченных прикладных систем.

Главной целью программы является возрождение компьютерной отрасли двух стран, промышленное производство ряда программно-совместимых моделей суперкомпьютеров с широким спектром производительности - до триллионов операций в секунду. Для достижения этой цели в рамках программы реализуется комплексный подход, включающий: разработку Концепции создания моделей семейства суперкомпьютеров «СКИФ»; создание опытных образцов базовых конфигураций суперкомпьютерных систем (БКСС) «СКИФ»; разработку literной конструкторской и программной документации, проведение комплексных предварительных и приемочных (государственных) испытаний опытных образцов БКСС «СКИФ»; создание единого

информационного телекоммуникационного пространства участников программы с возможностью удаленного доступа к суперкомпьютерным ресурсам; создание пилотных прикладных комплексов на базе суперкомпьютеров «СКИФ»; подготовку и переподготовку кадров для работы с суперкомпьютерными технологиями; организацию промышленного выпуска моделей суперкомпьютеров «СКИФ» в широком диапазоне производительности.

Основная цель комплексного подхода - это реальное освоение высоких суперкомпьютерных технологий в России и Беларуси. Поэтому большое внимание уделяется подготовке и переподготовке кадров для работы с суперкомпьютерными технологиями, созданию пилотных прикладных комплексов и организации промышленного выпуска.

Основные концептуальные принципы создания семейства суперкомпьютеров (открытая масштабируемая архитектура, набор базовых вычислительных модулей и конфигураций, и др.) позволяют оптимальным способом создавать для каждой конкретной прикладной проблемы адекватную суперкомпьютерную конфигурацию.

Специфика моделей и их модификаций отражается в эксплуатационной документации. основополагающие принципы Концепции позволяют создавать прикладные комплексы, соответствующие требованиям конкретного заказчика, оптимально использовать производственные мощности предприятия-изготовителя с учетом специфики рынка сбыта высокопроизводительных вычислительных систем.

Конструкторская документация разрабатывается на базовые модули, имеющие самостоятельную поставку, и на базовые конфигурации суперкомпьютерных систем. Конструкторская документация выполняется в едином для всех исполнений конфигураций групповом варианте в соответствии с действующими стандартами.

Групповое построение конструкторской документации адекватно отражает возможности архитектурной идеологии (открытость, масштабируемость), позволяя оптимальным способом организовать серийное производство широкой номенклатуры моделей суперкомпьютеров, наиболее полно удовлетворяющих предъявляемым пользовательским требованиям.

## **2. Результаты выполнения мероприятий программы**

С учетом продления срока реализации программа рассчитана на период в 5 лет и включает два этапа.

**На этапе 1** (2000-2002 г.г.) отработаны основные концептуальные принципы и созданы суперкомпьютерные конфигурации, обеспечивающие возможность создания семейства моделей суперкомпьютеров среднего класса (модели Ряда 1) с пиковой производительностью до 300-400 миллиардов операций в секунду - суперсерверы «СКИФ». Разработаны комплекты конструкторской и программной документации, созданы образцы БКСС с пиковой производительностью до 100 миллиардов операций в секунду. Проведены государственные испытания опытного образца БКСС кластерного уровня. По результатам испытаний комплектам конструкторской и программной документации присвоена в установленном порядке литера «О<sub>1</sub>», что обеспечивает организацию промышленного выпуска суперкомпьютерных конфигураций. Проводилась подготовка кадров программистов, были начаты разработки пилотных прикладных систем, организован режим удаленного доступа к вычислительным ресурсам суперкомпьютерных установок в ОИПИ НАН Беларуси и в ИПС РАН, созданы необходимые заделы для разработки второго ряда моделей семейства суперкомпьютеров.

Параметры суперсерверов «СКИФ» позволяют использовать их как в качестве платформы для ресурсоемких приложений (например, серверы баз данных), так и в качестве основы для построения крупных вычислительных центров. Суперсерверы «СКИФ» — оптимальное решение для транзакционных систем, работающих с большой нагрузкой (биллинговые системы, банковские приложения, системы резервирования билетов и т.п.). Это эффективная платформа для инженерных и научных расчетов, моделирования различных процессов.

**На этапе 2 (2003-2005 г.г.)** отрабатываются основные концептуальные принципы и создаются суперкомпьютерные конфигурации для отработки принципов построения семейства моделей суперкомпьютеров с массовым параллелизмом сверхвысокой производительности (триллионы операций в секунду) - модели суперкомпьютеров «СКИФ» Ряда 2. Модели Ряда 2 реализуются на базе кластерной, потоковой и гибридной архитектур, включая сетевые (метакластерные) конфигурации. На этом этапе создаются для освоения в производстве образцы БКСС с пиковой производительностью до нескольких триллионов операций в секунду, сетевые суперкомпьютерные конфигурации и прикладные программно-аппаратные комплексы.

Важнейший практический результат первых 4-х лет выполнения программы - выпуск 12 образцов кластерных суперкомпьютеров с пиковой производительностью, начиная от 20 миллиардов операций в секунду у двух «Первенцов» и до 716 миллиардов операций в секунду у «СКИФ К-500». В настоящее время пять образцов находятся в Минске и 7 образцов - в Российской Федерации.

Кластер «СКИФ К-500» создан в 2003 году для отработки принципов построения моделей суперкомпьютеров «СКИФ» с массовым параллелизмом сверхвысокой производительности (триллионы операций в секунду). Создание этого кластера является качественно новым результатом, позволяющим вплотную приблизиться к терафлопному диапазону.

16 ноября 2003 года суперкомпьютерная конфигурация «СКИФ К-500» включена в 22-й выпуск списка top-500 (см. сайты, отражающие ход выполнения и реализации программы Союзного государства «СКИФ» — <http://www.skif.bas-net.by> и <http://skif.pereslavl.ru>). Включение «СКИФ К-500» в список пятисот наиболее мощных вычислительных установок в мире означает достижение уже в 2003г. важного прямого политического эффекта - Республика Беларусь и Россия наравне с США, Японией и еще несколькими странами стали обладателями критической суперкомпьютерной технологии, повысив престиж Союзного государства, как разработчика этой технологии.

### **3. Перспективы практического использования суперкомпьютеров «СКИФ»**

За последний год в Беларуси значительно расширился фронт работ по практическому использованию суперкомпьютерных систем, созданных по программе «СКИФ». Развернуты работы по созданию сквозной компьютерной технологии проектирования, испытаний и технологической подготовки турбокомпрессоров для наддува дизельных двигателей Минского моторного завода. Заказчик - Борисовский завод агрегатов Министерства промышленности РБ. Компьютерная технология базируется на платформе СКИФ и программных системах LS-DYNA и Star-CD, адаптированных для работы на многопроцессорных системах.

Проведены предварительные работы по использованию суперкомпьютеров «СКИФ» для расчетов и моделирования остовов перспективных универсальных тракторов «Беларусь», которые принципиально не могут быть рассчитаны на

традиционных средствах вычислительной техники. Получены положительные решения, ведется работа по совершенствованию методик.

В рамках отраслевой программы «Компьютерные технологии проектирования новых изделий» Министерства промышленности РБ проводятся работы по расчету динамических характеристик почвообрабатывающих агрегатов с использованием программного обеспечения конечно-элементных расчетов, развернутого на семействе кластеров «СКИФ».

Поставлены вычислительные эксперименты по расчетам на «СКИФ» несущих конструкций карьерных самосвалов БелАЗ и шахтных крепей.

Проведены работы по моделированию на суперкомпьютерах «СКИФ» процессов лазерного спекания порошковых материалов для технологий быстрого прототипирования и изготовления медицинских изделий.

В интересах МАЗа совместно с НИРУП «Белавтотракторостроение» НАН Беларуси проводятся работы по суперкомпьютерному моделированию столкновений транспортных средств с неподвижными препятствиями.

В рамках договора с одним из силовых ведомств РБ суперкомпьютеры СКИФ задействованы в отработке технологий решения задач перебора большой размерности

Завершена клиническая апробация аппаратно-программного кардиологического комплекса на основе вычислительных модулей «СКИФ» для исследования микроциркуляторного звена сердечно-сосудистой системы запатентованным методом биомикроскопии (ОИПИ НАН Беларуси, РНПЦ «Кардиология», УП «НИИЭВМ»).

Совместно с Республиканским Гидрометеорологическим центром Беларуси проведено удаленное тестирование счета модели регионального прогноза погоды на 48 часов. В результате счета задачи на 32 процессорной установке «СКИФ» прогностические значения приземного давления, составляющих скорости ветра и осадков получены в 12 раз быстрее, чем при расчетах на обычных вычислительных средствах.

Для практического внедрения результатов программы «СКИФ» организован режим удаленного доступа к вычислительным ресурсам суперкомпьютерных конфигураций ОИПИ НАН Беларуси в рамках заключенных договоров (соглашений) о научно-техническом сотрудничестве с рядом предприятий республики. Совместно с Промышленным институтом сельскохозяйственных машин (г. Познань, Польша) ведутся работы по разработке технологий удаленного проектирования объектов сельскохозяйственной техники на базе суперкомпьютеров «СКИФ».

Функционирование в ОИПИ НАН Беларуси суперкомпьютера «СКИФ К-500» является качественно новым результатом в рамках совместной белорусско-российской программы, который позволил создать Национальный суперкомпьютерный центр коллективного пользования для проектирования и анализа объектов новой техники.

Проблема создания в системе НАН Беларуси суперкомпьютерного центра коллективного пользования возникла в связи с отставанием от ведущих мировых держав в развитии и применении новейших наукоёмких информационных технологий, нацеленных на решение сложных задач машиностроения, биотехнологии, геологоразведки, контроля окружающей среды, транспорта и связи, государственных, коммерческих, военных и других приложений.

Создание суперкомпьютерного центра в ОИПИ НАН Беларуси для развития и внедрения в НАН Беларуси наукоёмких информационных технологий обеспечит предоставление услуг для решения наукоёмких задач, возникающих в промышленности и в других областях народного хозяйства страны, требующих

компьютерных и информационных ресурсов, владение которыми недоступно или экономически нецелесообразно для отдельных организаций.

#### **4. Перспективы развития суперкомпьютерного направления «СКИФ»**

Комплексное выполнение мероприятий программы «СКИФ» завершается в 2004 году. Результаты реализации программы «СКИФ» являются существенным научно-техническим и организационным заделом для дальнейшего развития суперкомпьютерного направления, в том числе, для формирования новых программ Союзного государства по развитию суперкомпьютерного направления «СКИФ».

С учетом созданного в рамках программы «СКИФ» научно-технического задела **главной целью формирования новых программ Союзного государства по развитию суперкомпьютерного направления «СКИФ» является освоение и адаптация передовых зарубежных и отечественных наукоемких технологий на отечественных суперкомпьютерах, внедрение этих технологий в основных отраслях гражданской и военной промышленности и социально-экономической сфере Союзного государства, оптимизация отечественных суперкомпьютерных конфигураций семейства «СКИФ» с учетом требований современных наукоемких технологий и специфики их приложений.**

Создаваемые суперкомпьютеры семейства «СКИФ» являются базой для реализации формируемой Министерством образования и науки РФ и НАН Беларуси научно-технической программы Союзного государства «Развитие и внедрение в государствах-участниках Союзного государства наукоемких компьютерных технологий на базе мультипроцессорных вычислительных систем» (шифр «**Триада – БР**»).

На базе результатов программы «СКИФ» могут быть сформированы и другие (наряду с программой «Триада») направления - защита информации, специальные условия эксплуатации и т.п. Однако все эти направления перспективны лишь при развитии стратегического направления - оптимизации отечественных суперкомпьютерных конфигураций семейства «СКИФ» с учетом специфики требований современных наукоемких технологий и других суперкомпьютерных приложений. Развитие этого стратегического направления возможно в рамках новой программы Союзного государства (базовой для развития суперкомпьютерного направления «СКИФ») с условным шифром «**СКИФ-ГРИД**».

Интегральный экономический и политический эффект от комплексной реализации программы «СКИФ» обеспечивается тем, что ее результаты будут способствовать форсированному технологическому перевооружению ключевых отраслей промышленности стран-участниц Союзного государства, их реформированию с целью достижения мирового уровня качества продукции на базе новейших наукоемких информационных технологий и суперкомпьютерных конфигураций.

#### **Заключение**

В рамках программы «СКИФ» создан научно-технический задел, необходимый для комплексной реализации завершающего этапа, включая разработку образца суперкомпьютера триллионного диапазона производительности «СКИФ К-1000». Достижение этой цели позволило создать суперкомпьютерный центр, обеспечивающий расчеты в интересах различных предприятий и учреждений стран-участниц.

Комплексная реализация мероприятий программы позволила в сравнительно короткие сроки при относительно небольших затратах выйти на собственный путь развития конкурентоспособной высокопроизводительной вычислительной техники,

уровень которой соответствует требованиям со стороны широкой категории пользователей.

Формирование программы «СКИФ-ГРИД» на 2005–2008 гг. является важнейшим условием эффективного использования результатов программы «СКИФ» и дальнейшего развития (силами созданной белорусско-российской команды исполнителей) суперкомпьютерных технологий в интересах стран-участниц Союзного государства.