

РАЗВИТИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ БАЗЫ РФЯЦ-ВНИИЭФ

Р. М. ШАГАЛИЕВ, Ю. Г. БАРТЕНЕВ, В. Н. СТРЮКОВ, А. А. ХОЛОСТОВ, А. М. ВАРГИН

Исторически, вычислительный центр (ВЦ) РФЯЦ-ВНИИЭФ, — крупнейший в России. С начала 1980-х гг. началось широкое применение многопроцессорных вычислительных машин. За это время сформировался высококвалифицированный коллектив специалистов в области разработки и эксплуатации суперЭВМ.

В настоящее время в состав ВЦ входят современные высокопроизводительные ЭВМ с передовыми техническими характеристиками собственной разработки.

Дата создания	Место в России (на момент создания)
01.2001	1
08.2003	2
10.2004	1
12.2005	2
12.2006	1
12.2007	1



Машинный зал

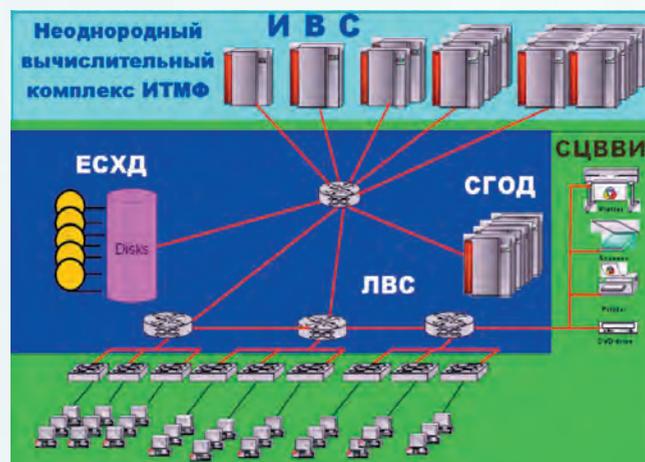
Высокопроизводительные машины строятся на основе процессоров и серверных платформ, наиболее передовых на момент создания суперЭВМ. Наряду с вычислительными серверами аппаратный комплекс образуют следующие подсистемы:

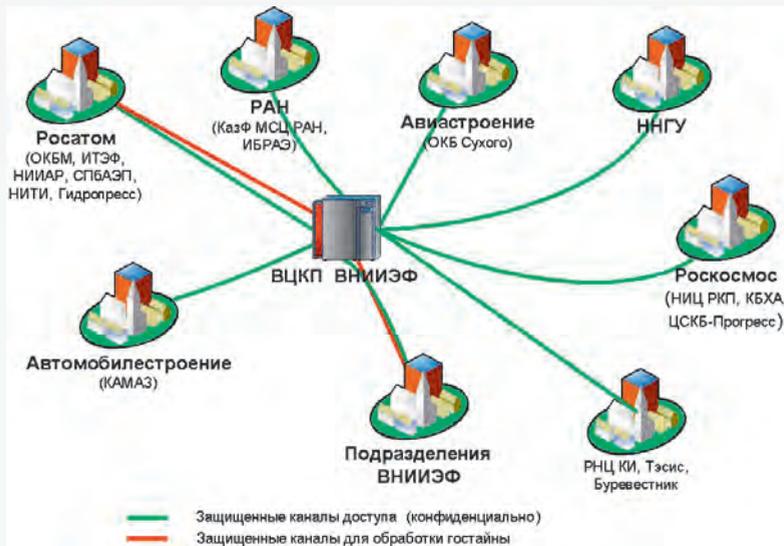
- высокоскоростная коммуникационная сеть, объединяющая вычислительные серверы в единое вычислительное поле;
- иерархическая параллельная файловая система, состоящая из оперативного уровня для быстрого сохранения/извлечения данных и уровня долговременного хранения данных;
- управляющая подсистема, обеспечивающая загрузку узлов и управление ими в ходе вычислительного процесса;
- подсистема мониторинга, контролирующая работу машины;
- подсистема графической обработки.

Объем аппаратных средств суперЭВМ потребовал создания уникальных систем электропитания и охлаждения.

Все высокопроизводительные ЭВМ объединены в единый Неоднородный вычислительный комплекс (НВК), интегрированный в вычислительную сеть института. НВК включает в себя также специализированные системы, такие как Единую систему хранения данных (ЕСХД), Систему графической обработки данных (СГОД), Систему централизованного ввода-вывода информации (СЦВВИ) и другие.

Новый импульс развитию вычислительного центра РФЯЦ-ВНИИЭФ придало выездное заседание Комиссии при Президенте РФ по вопросам модернизации и технологического развития





экономики (г. Саров, 2009 г.), на котором было принято решение о реализации в 2010–2012 гг. проекта «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий», одной из задач которого является разработка базового ряда суперЭВМ. Данный проект успешно реализуется.

На основе этих решений по заказу Госкорпорации «Росатом» реализуется проект создания суперкомпьютера нового поколения петафлопсного класса. В настоящее время разработаны и прошли межведомственную экспертизу технические предложения, разработан технический проект, подготовлены инженерные системы жизнеобеспечения, осуществлено производство конструктивных компонент собственной разработки; ведется монтаж, наладка и тестирование оборудования, оптимизация системного программного обеспечения. Сегмент создаваемый маши-



Система СМПО

ны уже сейчас используется для счета производственных задач. Государственные испытания и ввод в эксплуатацию комплекса нового поколения в соответствии с ускоренным планом реализации намечены на 1 квартал 2011 г.

Ключевой компонентой суперЭВМ является высокопроизводительная коммуникационная сеть. Во ВНИИЭФ имеется опыт создания собственной коммуникационной системы СМПО — системы межпроцессорных обменов (сдана в 2003 г.). В настоящее время развернуты работы по созданию новой версии СМПО.

В 2005–2008 гг. в ИТМФ РФЯЦ-ВНИИЭФ реализованы, аттестованы и сданы в эксплуатацию две высокоскоростные ЛВС разного уровня конфиденциальности, к которым подключено более 800 пользователей суперкомпьютеров, и отработана технология защищенного удаленного предоставления вычислительных ресурсов. Это позволило ВНИИЭФ выделить часть своих вычислительных ресурсов для совместного использования другими высокотехнологичными предприятиями с целью внедрения суперкомпьютерных технологий.

Вычислительный центр коллективного пользования

На базе выделенных и вновь приобретенных вычислительных ресурсов в 2008 г. был образован Вычислительный центр коллективного пользования (ВЦКП) РФЯЦ-ВНИИЭФ и предоставлен удаленный доступ к нему внешним предприятиям и организациям. Сформирована виртуальная сеть, гарантирующая целостность и доступность информации, передаваемой между ВЦКП и предприятиями через российский сегмент сети Интернет.

В настоящее время производительность ЭВМ ВЦКП составляет 20 Тфлопс, доступ к нему для проведения расчетов имеют более 15 организаций, максимальная скорость доступа к ресурсам ВЦКП составляет 100 Мбит/с, которую вместе с существенным увеличением производительности ЭВМ далее планируется увеличить.

Компактные суперЭВМ

В рамках реализации проекта «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий» во ВНИИЭФ разработана универсальная компактная суперЭВМ производительностью 1,1 Тфлопс оригинальной



Первая универсальная компактная суперЭВМ передана в ОАО «Компания "Сухой"»

архитектуры и конструкции для эксплуатации в обычных рабочих помещениях без специальных инженерных систем и персонала. Создан опытный образец, который принят Государственной комиссией, РКД присвоена литера О1. Ведется серийное производство.

Серийная компактная суперЭВМ обладает:

- низкими шумовыми характеристиками;
- малым энергопотреблением;
- набором прикладных пакетов РФЯЦ-ВНИИЭФ;
- 144 процессорами и 384 Гб оперативной памяти.

Это позволяет проводить сложные расчеты, недоступные обычной персонлке.

С 2007 г. во ВНИИЭФ ведутся работы по созданию и освоению гибридных вычислительных систем с арифметическими ускорителями на базе графических процессоров для математического моделирования сложных физических процессов, что сулит значительное сокращение времени счета задач, цены и энергопотребления ЭВМ.

Проведенные исследования и опытно-конструкторские работы позволили создать гибридные персональные и кластерные вычислительные системы, а так же эффективные проблемно-ориентированные программно-аппаратные комплексы для решения задач математического моделирования методами Монте-Карло



От первого суперкомпьютера к первой компактной суперЭВМ



Компактные суперЭВМ, внедренные в 2010 г.



Серийная компактная суперЭВМ



Специализированная компактная суперЭВМ



Оснащение суперЭВМ программным обеспечением разработки ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

и молекулярной динамики. Планируется существенно расширить классы решаемых задач и вести дальнейшее внедрение гибридных вычислительных систем в гражданские направления деятельности ВНИИЭФ.

Системное и общеприкладное программное обеспечение

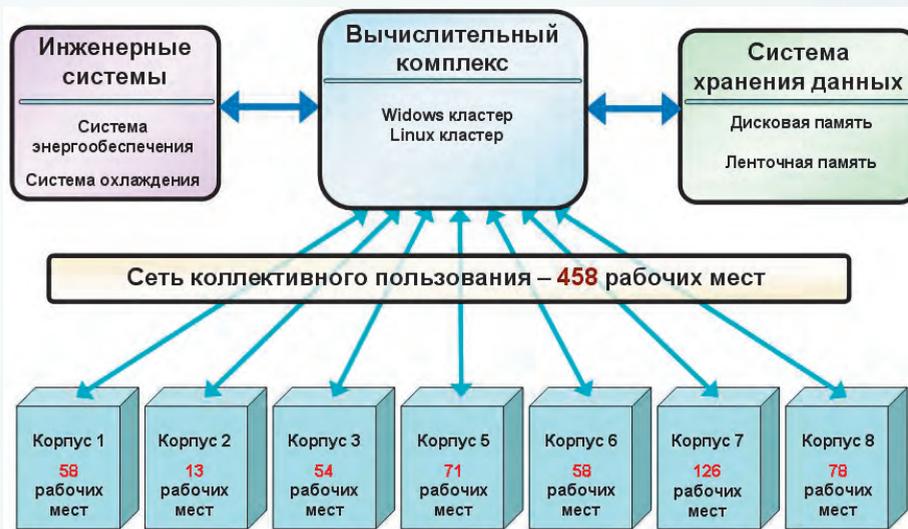
Для обеспечения высоких характеристик эффективности и надежности использования суперЭВМ ВНИИЭФ разрабатывает отечественную программную платформу для эффективного использования широкого спектра высокопроизводительных вычислительных систем: от компактных суперЭВМ до мощных суперЭВМ и не-

однородных многомашиных комплексов. По данному направлению разрабатываются уникальные базовые компоненты системного программного обеспечения и новые программные технологии такие, как:

- параллельная распределенная операционная среда высокопроизводительных вычислений;
- единая система управления ресурсами, мониторинга и диагностики аппаратно-программных компонент;
- высокопроизводительные программные технологии управления доступом и хранением сверхбольших объемов данных;
- оптимизированные прикладные математические библиотеки;
- параллельные системы визуализации и графического анализа больших объемов данных для задач математического моделирования.

Создание вычислительных центров в других организациях

Опыт и квалификация сотрудников ВНИИЭФ в области суперкомпьютерных технологий различного уровня позволили осуществить ряд проектов по созданию ВЦ на территории внешних организаций, которые сдавались «под ключ», с отлаженным оборудованием и программным обеспечением. В качестве иллюстрации можно привести пример создания полноценного ВЦ для одного из предприятий МО РФ.



Проектирование и оснащение специалистами ВНИИЭФ вычислительных центров отраслевых предприятий

Исследования в области вычислительных систем

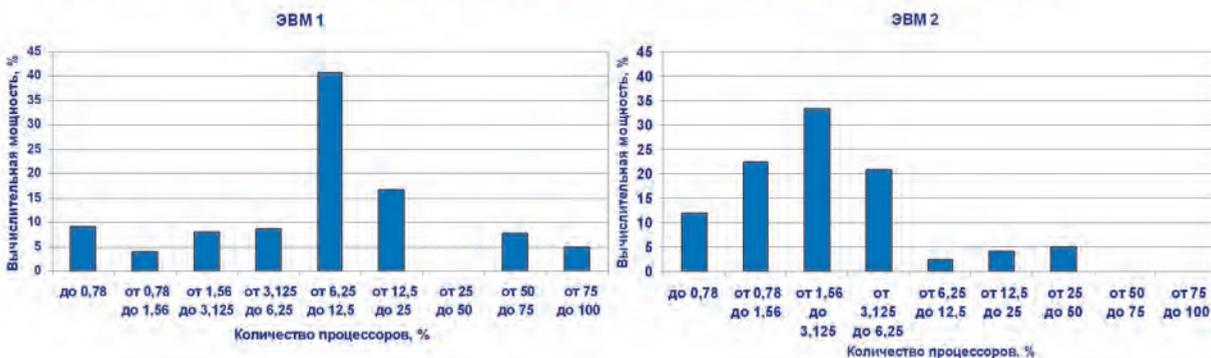
При создании суперЭВМ ВНИИЭФ исходит из определенных условий и выработанных подходов. Более мощная суперЭВМ создается:

- для повышения разрешающей способности математического моделирования;

Методика подсчета ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЭВМ ВЦ



Распределение вычислительного ресурса ЭВМ по задачам с различным числом процессоров



• к моменту готовности освоения прикладными программными комплексами.

Создаваемая суперЭВМ должна быть способна:

- эффективно считать задачи на всем вычислительном поле;
- оперативно сохранять данные счета задач большого объема;
- хранить несколько лет исходные и выходные данные для обработки;
- оперативно представлять данные в графической и интегральной форме;
- оперативно взаимодействовать с другими вычислительными системами ВЦ.

Это обусловило разработку методов и методик для получения исходных данных по работе созданных и обоснованию параметров создаваемых суперЭВМ:

- расчета параметров подсистем будущей, гораздо более мощной суперЭВМ;
- выбора оптимальных компонент суперЭВМ на базе собственных тестов;
- определения реальных характеристик суперЭВМ при сдаче в эксплуатацию;
- расчета потоков тепла в вычислительных устройствах и машинном зале;

• расчета показателей надежности перед и в ходе эксплуатации суперЭВМ;

- определения структуры коммуникационной нагрузки и подсчета эффективности распараллеливания параллельной задачи;
- подсчета эффективности использования ЭВМ с учетом загрузки задачами, эффективности распараллеливания, сбоев и отказов ЭВМ.

ШАГАЛИЕВ Рашит Мирзагалиевич –
начальник математического отделения ИТМФ
РФЯЦ-ВНИИЭФ, доктор физ.-мат. наук, лауреат
Государственной премии и премии Правительства РФ

БАРТЕНЕВ Юрий Германович –
главный научный сотрудник ИТМФ
РФЯЦ-ВНИИЭФ, доктор физ.-мат. наук

СТРЮКОВ Владимир Николаевич –
зам. начальника отделения ИТМФ РФЯЦ-ВНИИЭФ

ХОЛОСТОВ Алексей Александрович –
начальник отдела ИТМФ РФЯЦ-ВНИИЭФ,
лауреат Государственной премии

ВАРГИН Анатолий Михайлович –
начальник отдела ИТМФ РФЯЦ-ВНИИЭФ