

ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОАО «НИЦЭВТ»

© Авторы, 2014

© ЗАО «Издательство «Радиотехника», 2014

В.А. Михеев – к.т.н., доцент, Генеральный директор, ОАО «НИЦЭВТ»**А.С. Симонов** – к.т.н., начальник отделения, ОАО «НИЦЭВТ»

E-mail: simonov@nicevt.ru

Описана история, а также представлены текущее состояние и перспективы развития суперкомпьютерных технологий в ОАО «НИЦЭВТ».

Ключевые слова: суперкомпьютер, интерконнект, коммуникационная сеть, сервер, SHMEM, MPI.

The article describes the history, current state and prospects of development of supercomputers in JSC «NICEVT».

Keywords: supercomputer, interconnect, communication network, server, SHMEM, MPI.

Роль суперкомпьютерных технологий в современном мире трудно переоценить. Их внедрение в основные сферы деятельности человечества позволяет не только значительно повысить ключевые показатели эффективности, но и зачастую качественно изменить устоявшиеся за многие годы процессы. Важная роль в развитии отечественных суперкомпьютерных технологий принадлежит ОАО «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники» (ОАО «НИЦЭВТ»). Развитие технологий, ведущих к созданию суперЭВМ на предприятии, берет свое начало со дня образования при заводе САМ Специального конструкторского бюро №245 (СКБ-245), которому была поручена разработка ЭВМ для систем управления военного назначения. В СКБ-245 была разработана первая советская ЭВМ «Стрела», ЭВМ «Полёт», «Оператор», М-20, «Урал-1», «Погода», «Кристалл», М-205, М-206, «Волга», «Радон», «Клен», «Клен-1», «Клен-2», комплексы М-110, М-111, 5Э61, «Луч».

В мае 1958 г. на базе СКБ-245 создан Научно-исследовательский институт электронных математических машин (НИЭМ), а в 1968 г. в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР – НИЦЭВТ как головное предприятие СССР и стран СЭВ по созданию Единой системы электронных вычислительных машин ЕС ЭВМ.

В период с 1968 по 1995 гг. в НИЦЭВТ разработаны 7 старших моделей ЕС ЭВМ, 4 двухмашинных комплекса на их основе, 16 изданий и 5 исполнений операционных систем, множество моделей периферийного оборудования, которые составляли основу парка вычислительных машин в нашей стране. Всего их было произведено свыше 20 тысяч. Начиная с 1986 г., НИЦЭВТ приступил к созданию высокопроизводительных вычислительных систем, а уже в начале 1990-х годов была разработана векторная суперЭВМ ЕС-1191 и в 1995 г. – суперскалярная минисуперЭВМ ЕС-1195.

Дальнейшее развитие суперЭВМ в НИЦЭВТ было продолжено в 2005 г.

Проведённые исследования показали, что для получения приемлемых показателей масштабируемости производительности суперЭВМ необходима разработка собственного интерконнекта, приближенного по своим характеристикам к коммуникационным сетям лучших образцов зарубежных суперкомпьютеров. Результатом решения этой сложной задачи является разработанная инженерами ОАО «НИЦЭВТ» СБИС маршрутизатора высокоскоростной коммуникационной сети ЕС8430 «Ангара» (рис. 1).

История создания СБИС маршрутизатора берет свое начало в 2006 г., когда появился первый макетный образец сетевого адаптера на основе ПЛИС (рис. 2). За прошедшие годы разработаны три поколения макетных образцов сетевого оборудования на ПЛИС, для отработки микроархитектуры и программного обеспечения собран вычислительный кластер. В ходе проекта стали очевидны и основные проблемы ПЛИС: значительная стоимость сетевого оборудования, ограничения по применению, высокие накладные расходы на связи между логическими ячейками и, как следствие, низкие эксплуатационные характеристики.

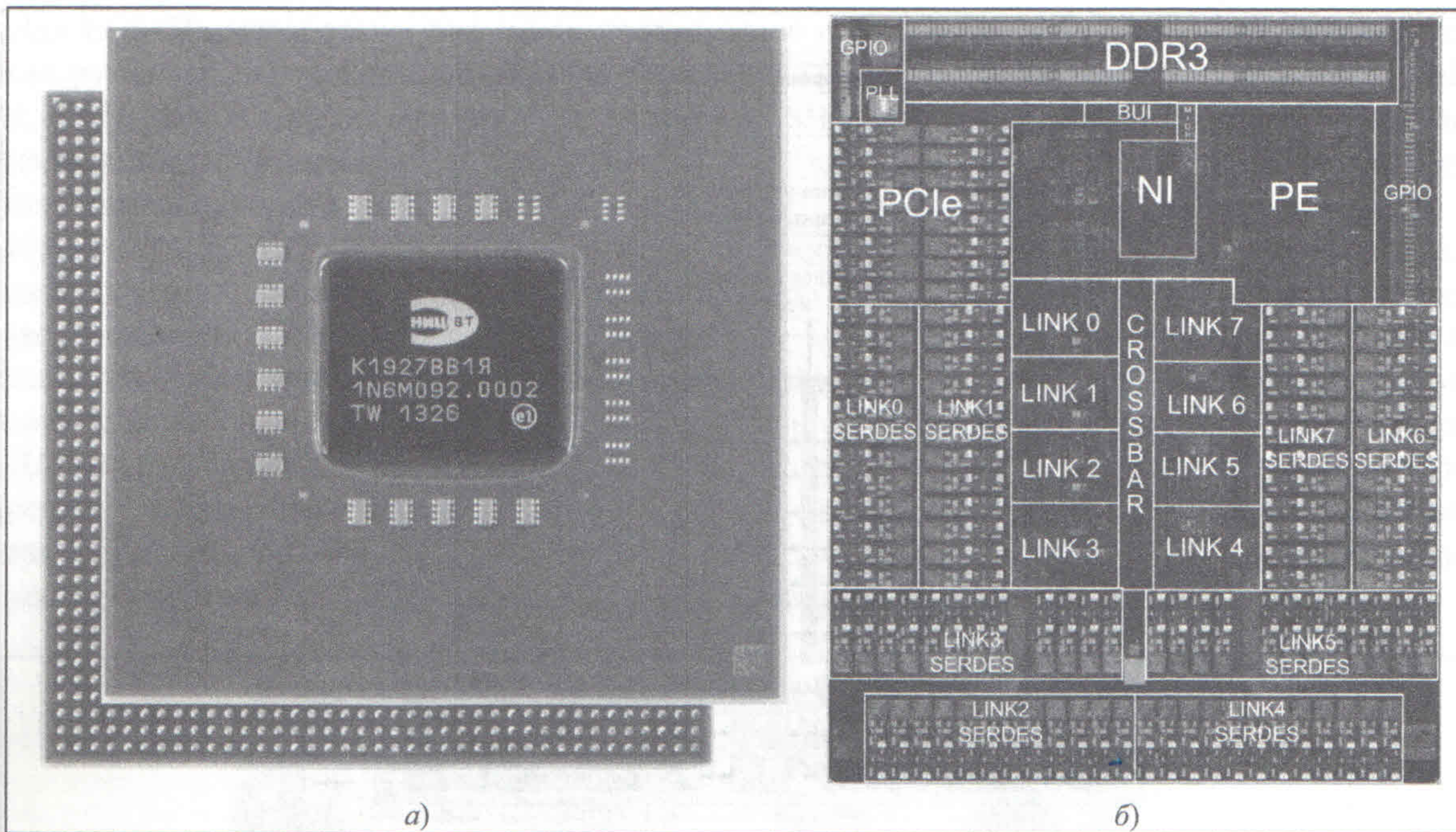


Рис. 1. СБИС маршрутизатора высокоскоростной коммуникационной сети EC8430 «Ангара» (а) и её топология (б)

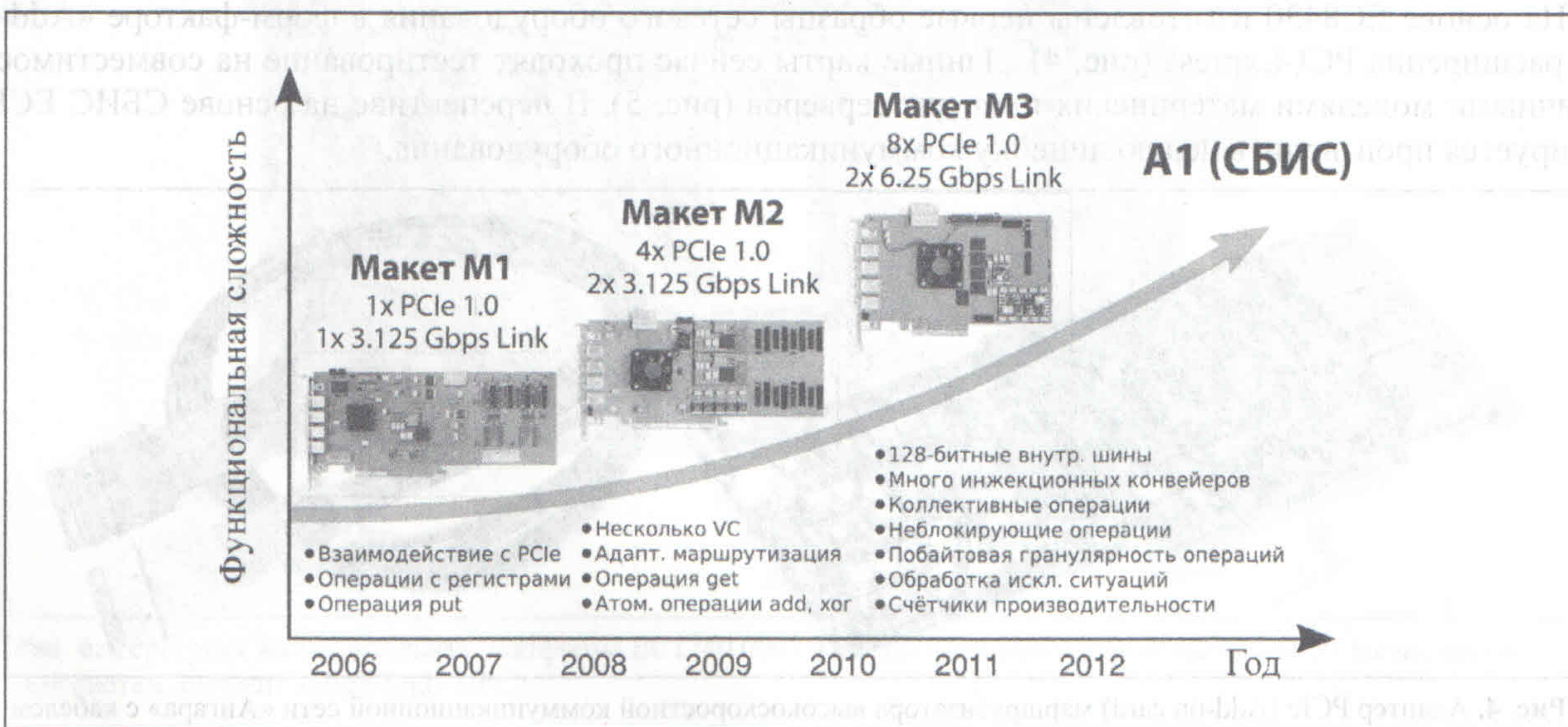


Рис. 2. Эволюция разработки маршрутизатора высокоскоростной коммуникационной сети «Ангара»

В настоящее время EC8430 включает полный набор функциональных блоков (рис. 3), обеспечивающих эффективный обмен данными между узлами вычислительной системы. С точки зрения общей структуры в состав EC8430 входят собственно маршрутизатор, обеспечивающий приём, маршрутизацию и передачу пакетов данных на следующий узел, и адаптер, включающий в свой состав функциональные блоки, обеспечивающие эффективное взаимодействие с процессором и памятью вычислительного узла.

В маршрутизаторе реализованы пять виртуальный подсетей, обеспечивающих адаптивную (с учётом загруженности маршрута) и детерминированную (по фиксированному маршруту) маршрутизацию, а также две подсети коллективных операций Broadcast и Reduce.

В адаптер помимо интерфейса с процессором включены функциональные блоки, обеспечивающие поддержку операций барьерной синхронизации, агрегации коротких пакетов в массивы в локальной памяти маршрутизатора, выполнения атомарных операций и неблокирующих чтений из памяти вычислительного узла, коллективных операций и пр.

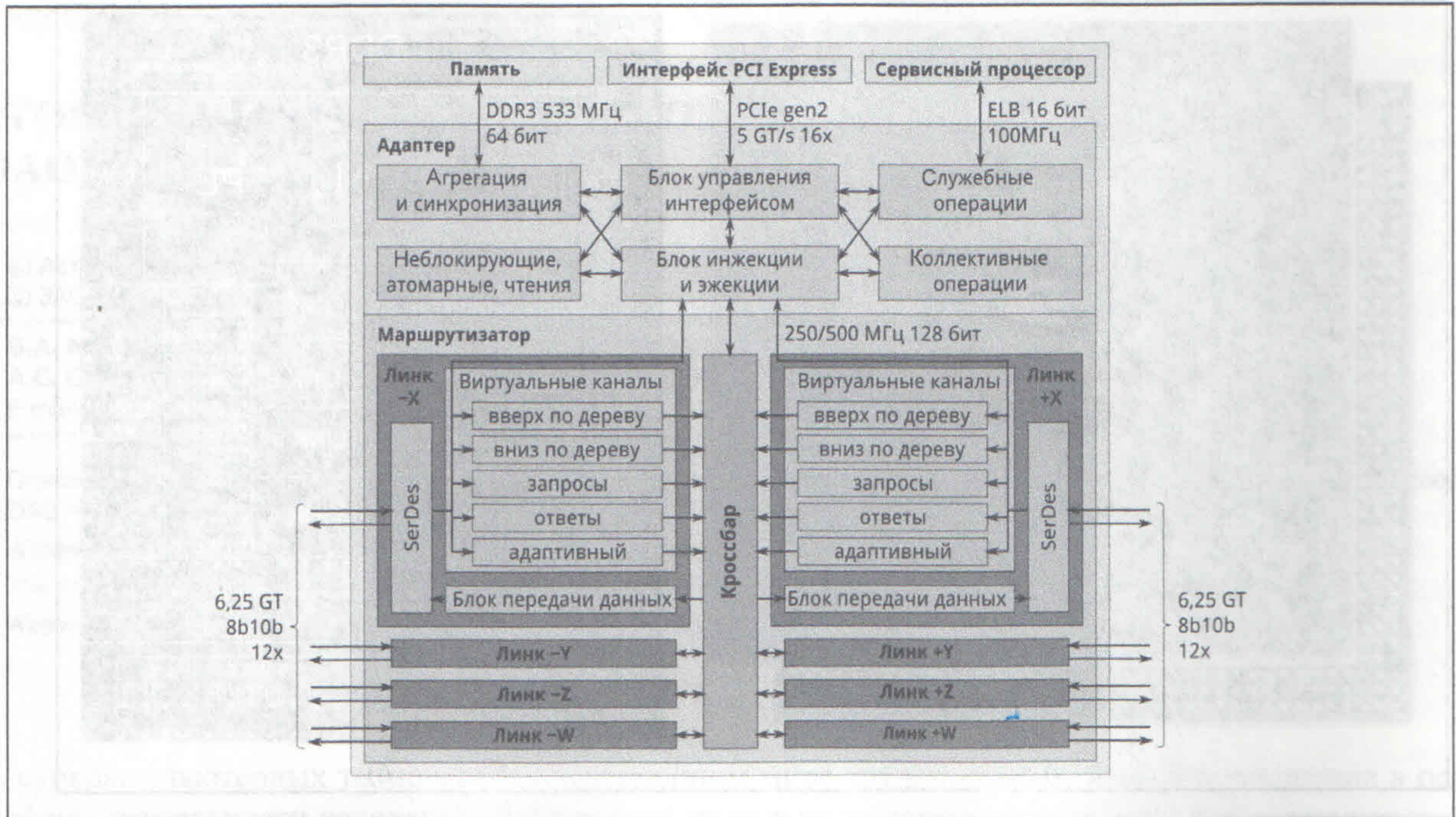


Рис. 3. Структура СБИС маршрутизатора высокоскоростной коммуникационной сети

На основе EC8430 изготовлены первые образцы сетевого оборудования в форм-факторе «Add-On» карт расширения PCI-Express (рис. 4). Данные карты сейчас проходят тестирование на совместимость с различными моделями материнских плат для серверов (рис. 5). В перспективе на основе СБИС EC8430 планируется производить целую линейку коммуникационного оборудования.

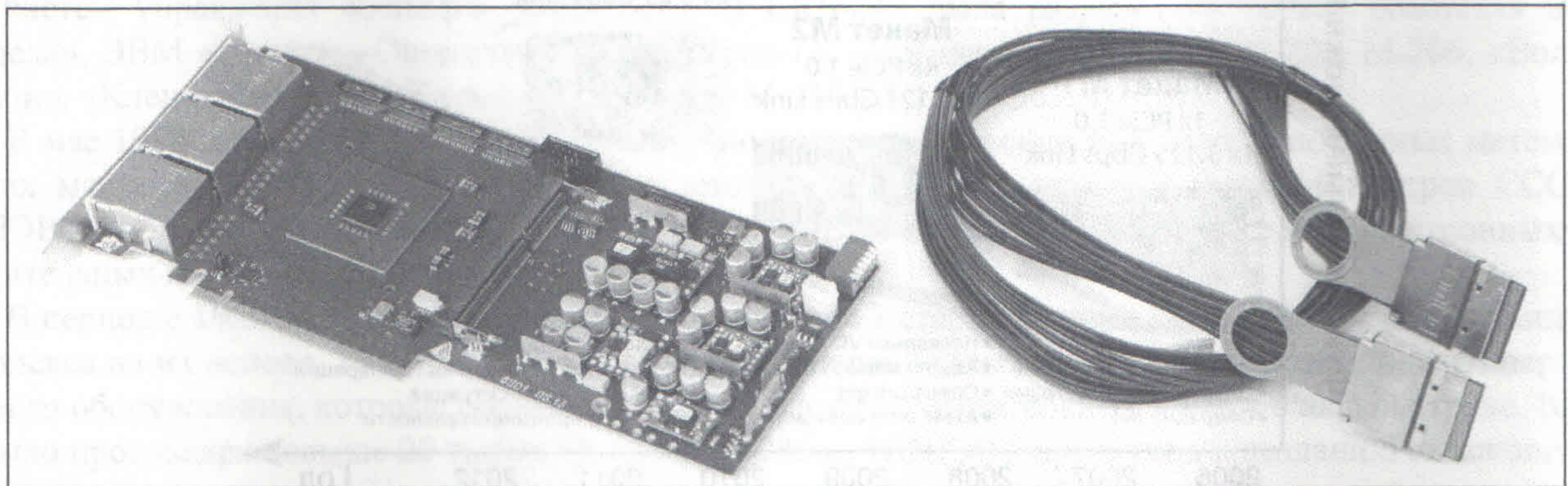


Рис. 4. Адаптер PCIe (Add-on card) маршрутизатора высокоскоростной коммуникационной сети «Ангара» с кабелем для соединения узлов

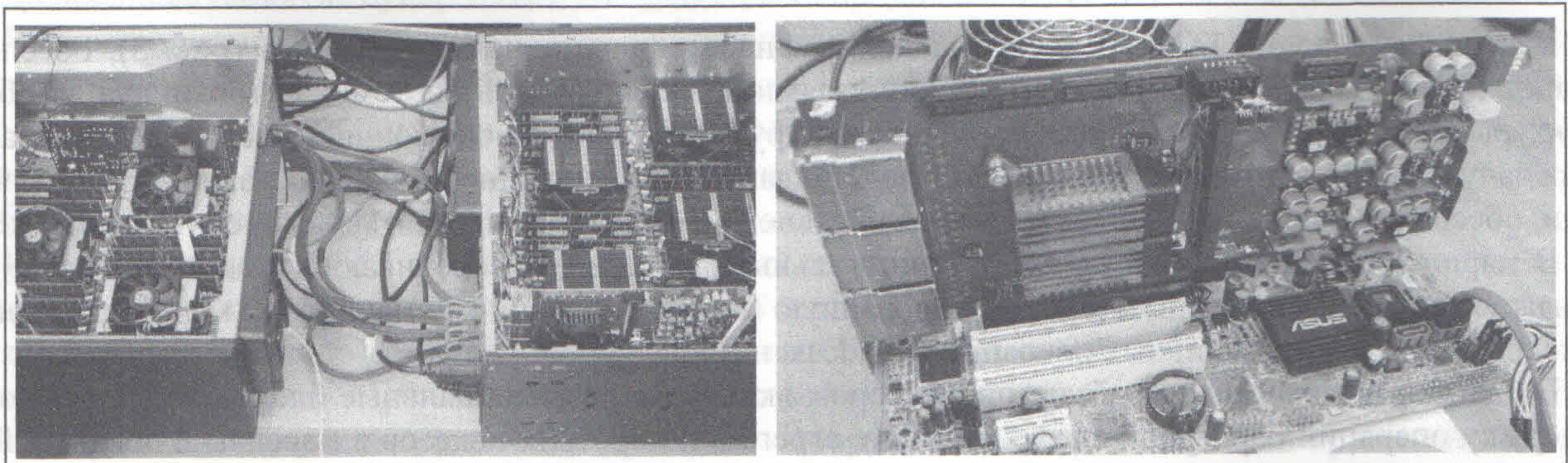


Рис. 5. Тестирование совместимости адаптера маршрутизатора высокоскоростной коммуникационной сети «Ангара» с различными моделями материнских плат для серверов

Для ЕС8430 разработано системное программное обеспечение, поддерживающее стандартный набор инструментальных средств разработки параллельных программ Fortran 77/90/95 (GNU, Intel), C/C++ (GNU, Intel), UPC, Co-Array Fortran, библиотек MPI, SHMEM, а также совместимость со стандартными прикладными математическими и алгоритмическими библиотеками BLAS, LAPACK, FFTW, GSL, MKL и инженерными пакетами зарубежной разработки.

Кроме того, в ОАО «НИЦЭВТ» совместно с разработчиками российских инженерных пакетов и прикладных программ проводится оптимизация системного ПО коммуникационной сети для повышения ее производительности. При этом высокая эффективность и малая коммуникационная задержка при выполнении операций обмена данными обеспечивается использованием реализованного в ЕС8430 механизма RDMA с прямой записью в пользовательское виртуальное адресное пространство памяти прикладной программы.

Для высокопроизводительных вычислительных систем с повышенными показателями эффективности (сегмент «High-End» HPC) в ОАО «НИЦЭВТ» разработана и производится серверная вычислительная платформа ЕС1740.0001 «Ангара» (рис. 6), обеспечивающая высокие показатели вычислительной плотности, сопоставимые с лучшими образцами отечественных и зарубежных производителей.

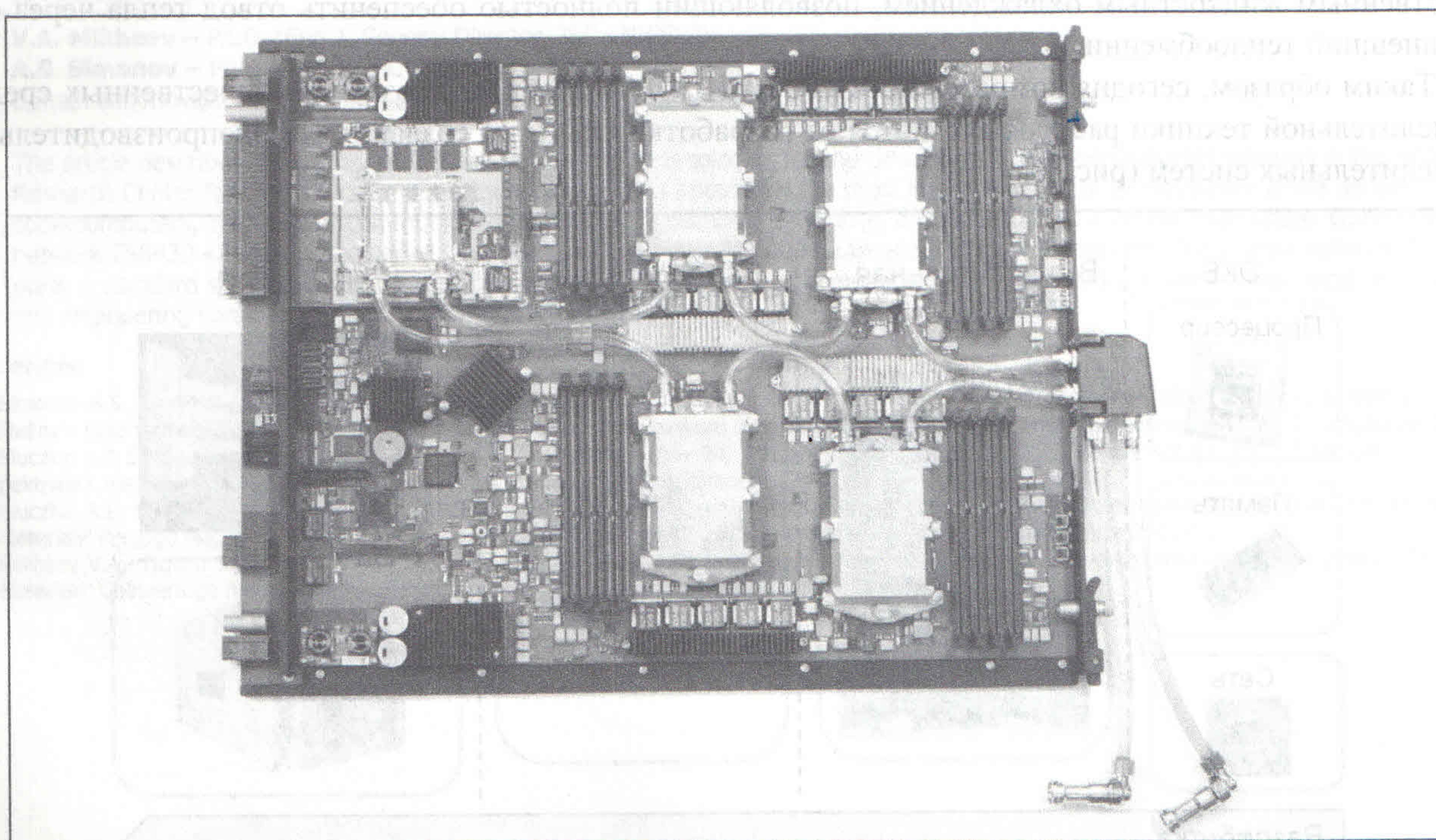


Рис. 6. Серверная вычислительная платформа ЕС1740.0001 «Ангара» для высокопроизводительных вычислительных систем (сегмент «High-End» HPC)

Вычислительная платформа ЕС1740.0001 «Ангара» представляет собой сервер-лезвие толщиной 33 мм, в котором используются высокопроизводительные микропроцессоры компании AMD линейки Opteron 6300. При этом СБИС коммуникационной сети размещена на мезонинном модуле, что обеспечивает проведение апгрейда не только процессоров, но и интерконнекта в ходе эксплуатации вычислительной системы.

Объединение вычислительных платформ ЕС1740.0001 «Ангара» в шасси может осуществляться как в варианте с вертикальной, так и с горизонтальной компоновкой и объединением через midplane, что повышает удобство обслуживания вычислительной системы.

В рамках единого шасси вычислительные платформы объединяются по 12 или 16 штук, с гибридной системой охлаждения. Это позволяет не только существенно снизить стоимость и массу конечного изделия, но и обеспечить высокие показатели энергоэффективности вычислительной системы в целом.

Серийное изготовление платформы освоено на производственном комплексе ОАО «НИЦЭВТ». Особенно много сложностей вызвал процесс изготовления прецизионной многослойной печатной платы

большого размера, где высокая точность требуется для устойчивой работы современных микропроцессоров, памяти и сетевого оборудования на высоких скоростях.

Важные преимущества отечественной платформы – отсутствие возможных аппаратных «закладок» и полностью открытый исходный код базовой системы ввода-вывода, что является необходимым условием для обработки на ней информации без опасности её несанкционированной модификации или утечки.

Разработанная платформа и комплект системного программного обеспечения коммуникационной сети протестированы на совместимость с современными серверными операционными системами, такими как Windows Server 2012, Red Hat Enterprise Linux, Astra Linux, а также приложениями для проведения научных исследований, решения задач проектирования, бизнес-аналитики, управления базами данных, создания специализированных информационно-расчётных систем.

Серверная вычислительная платформа EC1740.0001 является основой для целого ряда высокопроизводительных вычислительных систем с высокими показателями эффективности для различных областей применения. В настоящее время на основе серверной вычислительной платформы EC1740.0001 «Ангара» совместно с инженерами ИПС РАН разрабатывается вариант вычислительной системы с непосредственным жидкостным охлаждением, позволяющий полностью обеспечить отвод тепла через единый внешний теплообменник.

Таким образом, сегодня компетенции ОАО «НИЦЭВТ» в области создания отечественных средств вычислительной техники распространяются от разработки СБИС до создания высокопроизводительных вычислительных систем (рис. 7).

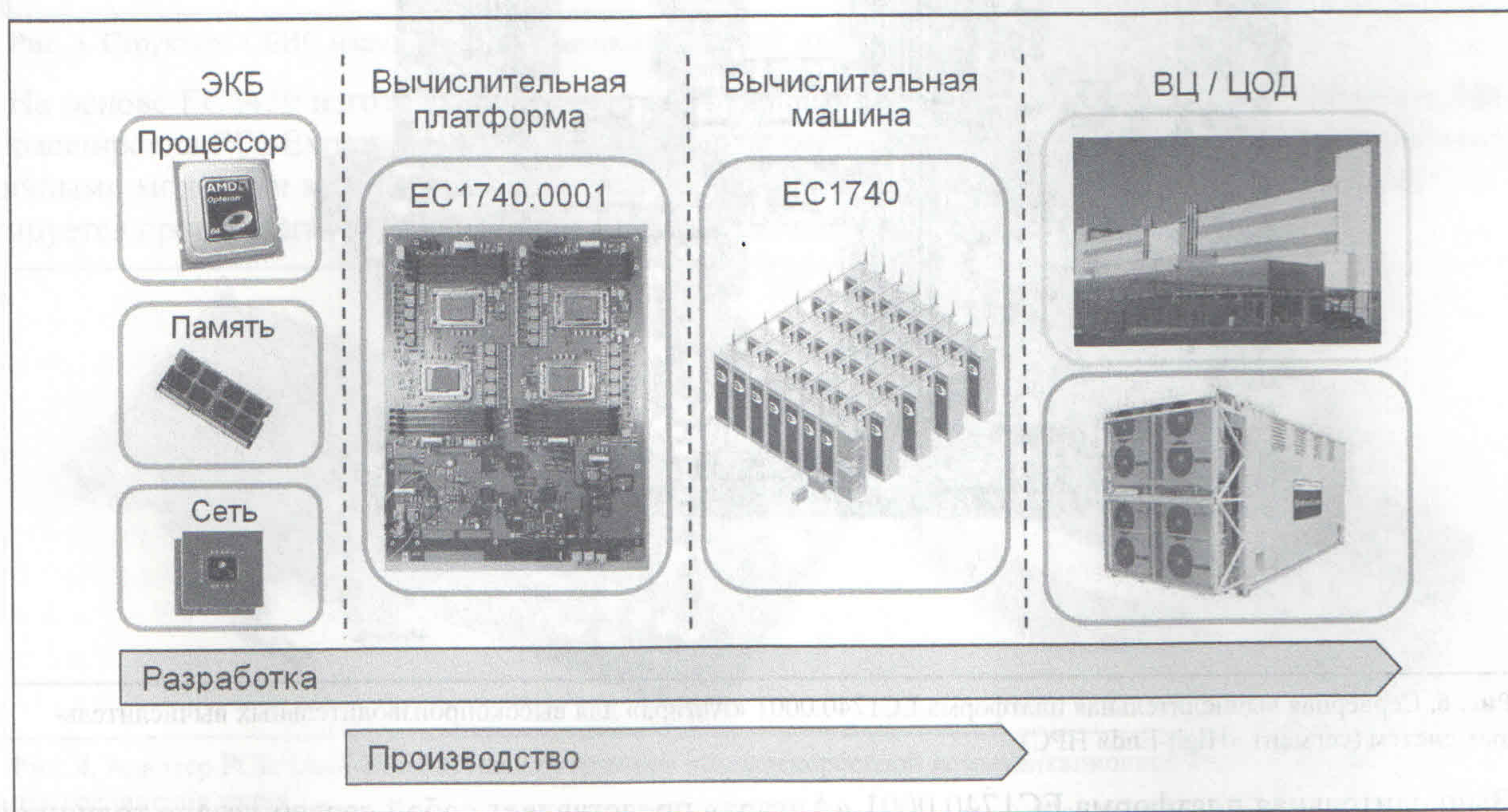


Рис. 7. Компетенции ОАО «НИЦЭВТ» в области суперкомпьютерных технологий

● В статье описывается история развития технологий разработки суперкомпьютерных систем в ОАО «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники».

Определяя дальнейшие направления развития суперкомпьютерных технологий, ОАО «НИЦЭВТ» ориентируется на решение практических задач применения высокопроизводительных вычислительных систем в стационарных и мобильных центрах обработки данных для различного круга потребителей.

Литература

1. *Симонов А.С., Слуцкий А.И., Леонова А.Е.* Направления развития суперкомпьютерных технологий в ОАО «НИЦЭВТ» // Информационные технологии и вычислительные системы». 2012. № 2. С. 11–18. (Доклад на Втором московском суперкомпьютерном форуме. Россия. Москва. ВВЦ, 26–27 октября 2011 г.)

2. Слуцкий А.И., Симонов А.С., Жабин И.А., Макагон Д.В., Сыромятников Е.Л. Разработка межзвонной коммуникационной сети ES8430 «Ангара» для перспективных российских суперкомпьютеров // Успехи современной радиоэлектроники. 2012. № 1. С. 6–10.
3. Слуцкий А.И., Симонов А.С., Казаков Д.В., Аладышев К.А. Суперкомпьютерная система «Ангара» на основе отечественной вычислительной платформы // Материалы Первого Национального суперкомпьютерного форума (НСКФ-2012) (Переславль-Залесский, 29–30 ноября 2012 г.).
4. Михеев В.А., Изгалин С.П., Слуцкий А.И., Симонов А.С. и др. На пути к созданию отечественного суперкомпьютера субэкзафлопсной производительности // Материалы Четвертого московского суперкомпьютерного форума (МСКФ-2013) (Москва, 23 октября 2013 г.).

Поступила 4 декабря 2013 г.

HISTORY AND DEVELOPMENT OF SUPERCOMPUTER TECHNOLOGIES IN JSC «NICEVT»

© Authors, 2014

© Radiotekhnika, 2014

V.A. Mikheev – Ph.D. (Eng.), General Director, JSC «NICEVT»

A.S. Simonov – Ph.D. (Eng.), JSC «NICEVT»

E-mail: simonov@nicevt.ru

The article describes the history of the development of technologies for the development of supercomputer systems in the «Scientific Research Center for electronic computer technology». It is noted that the most important area of improvement is the development of supercomputers, high-speed communication networks. Describes developed by JSC «NICEVT» router high-speed communications network ES8430 «Angara» and server computing platform ES1740.0001 «Angara». ES8430 is designed for system software that supports a standard set of tools to develop parallel programs, as well as compatibility with standard applied mathematical and algorithmic engineering libraries and packages of foreign design.

References

1. Simonov A.S., Sluczkin A.I., Leonova A.E. Napravleniya razvitiya superkomp'yuterny'x texnologij v OAO «NICE'VT» // Informacionny'e texnologii i vy'chislitel'ny'e sistemy». 2012. № 2. S. 11–18. (Doklad na Vtorom moskovskom superkomp'yuternom forume. Rossiya. Moskva. VVC. 26–27 oktyabrya 2011 g.)
2. Sluczkin A.I., Simonov A.S., Zhabin I.A., Makagon D.V., Sy'romyatnikov E.L. Razrabotka mezhzvonnoj kommunikacionnoj seti ES8430 «Angara» dlya perspektivny'x rossijskix superkomp'yutero'v // Uspexi sovremennoj radioelektroniki. 2012. № 1. S. 6–10.
3. Sluczkin A.I., Simonov A.S., Kazakov D.V., Alady'shev K.A. Superkomp'yuternaya sistema «Angara» na osnove otechestvennoj vy'chislitel'noj platformy' // Materialy' Pervogo Nacionalnogo superkomp'yuternogo foruma (NSKF-2012) (Pereslavl'-Zalesskij, 29–30 noyabrya 2012 g.).
4. Mikheev V.A., Izgalin S.P., Sluczkin A.I., Simonov A.S. i dr. Na puti k sozdaniyu otechestvennogo superkomp'yutera subekzaflopsnoj proizvoditel'nosti // Materialy' Chetvertogo moskovskogo superkomp'yuternogo foruma (MSKF-2013) (Moskva, 23 oktyabrya 2013 g.).