

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС
РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО
ДЛЯ ГИБРИДНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**Рыбкин А.С., Залялов А.Н., Малькин А.Г.,
Огнев С.П., Рослов В.И.**

КОМПАКТНЫЕ СУПЕР-ЭВМ (ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ)

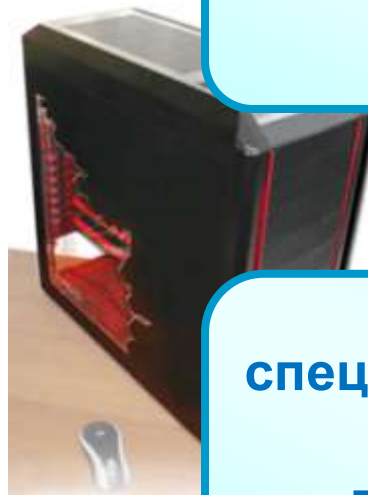
НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ

Универсальные
компактные
суперЭВМ

Совместимость с
широким спектром
прикладного
программного
обеспечения

Компактные суперЭВМ
на специализированных
процессорах

Создание
специализированного
прикладного
программного
обеспечения

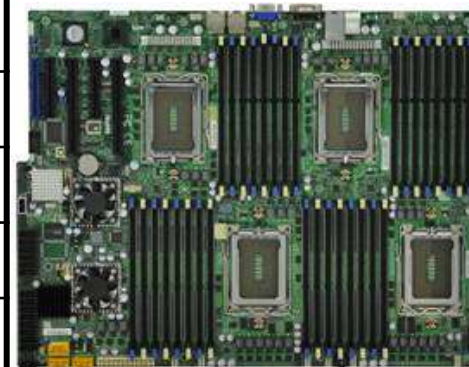


НАЗНАЧЕНИЕ КОМПАКТНЫХ СУПЕР-ЭВМ

- **Компактные суперЭВМ** — это суперкомпьютеры настольного размера (персональные суперкомпьютеры, PSC и пр.), не требующие для эксплуатации специальных инженерных систем
- **Целевая аудитория** — академические и научно-исследовательские заведения, вычислительные центры и лаборатории на производстве, в авто-, авиа-, космической, атомной, финансовой, научной или добывающих отраслях, в коммерческих проектах
- **Позиционирование** — не только в качестве замены традиционных кластеров НРС, но и как дополнение к ним. Использование персонального суперкомпьютера позволит исследователям продолжать работу в период ожидания доступа к полномасштабным "числодробилкам"

ХАРАКТЕРИСТИКИ АПК-1

Теоретическая пиковая производительность	1,1 Тфлопс
Количество вычислительных ядер	144 шт.
Максимальный объём оперативной памяти	до 1536 Гбайт
Емкость дисковой памяти	12 (до 24) Тбайт
Операционная система	Linux
Акустический уровень шума	48 дБА
Габариты (В x Ш x Г)	645 x 320 x 725 мм
Вес	60 кг
Количество вычислительных модулей / процессоров в модуле	3 шт. / 4 шт.
Система охлаждения процессоров	жидкостная
Система межпроцессорных обменов	InfiniBand QDR
Сеть управления и мониторинга	Ethernet
Потребляемая мощность	до 2,5 кВт
Стоимость (в зависимости от комплектации)	от 1,4 млн. руб.



СРАВНЕНИЕ АРИФМЕТИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ

	NVIDIA Tesla C2050	AMD ATI Radeon HD 5970	Intel Xeon X5680	AMD Opteron 6176 SE
Количество ядер, шт.	14	40	6	12
Тактовая частота, ГГц	1,15	0,725	3,33	2,3
Цена, \$	2499	599	1663	1386
Потребляемая мощность, Вт	247	294	130	105
Производительность, ГФлоп/с	515	928	80	110,4
Пропускная способность памяти, ГБ/с	144	256	64	85,3
Арифметическая интенсивность	28,6	29	10	10,4
Удельная цена, \$/Гфлоп/с	4,85	0,65	20,8	12,5
Удельная мощность, Гфлоп/с/Вт	2,08	3,16	0,61	1,05

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОМПАКТНАЯ СУПЕР-ЭВМ ГВС-10 «КУБАНЬ»

- Центральный процессор (x86):
 - Intel Core i7-920 2,66 ГГц
 - до **24** ГБ DDR-III DIMM
- Арифметический ускоритель:
 - до 4 NVIDIA GT200x2
- Потребляемая мощность
 - до 1,3 кВт



Оперативная
память

Центральный
процессор

Оперативная
память

Графический
процессор

Оперативная
память

Графический
процессор

Оперативная
память

Графический
процессор

Оперативная
память

Графический
процессор

Оперативная
память

Графический
процессор

Оперативная
память

Графический
процессор

Оперативная
память

Графический
процессор

Оперативная
память

Графический
процессор

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОМПАКТНАЯ СУПЕР-ЭВМ ГВС-10 «КУБАНЬ»

- Центральный процессор (x86):
 - Intel Core i7-920 2,66 ГГц
 - до **24** ГБ DDR-III DIMM
- Арифметический ускоритель:
 - до 4 NVIDIA GT200x2
- Потребляемая мощность
 - до 1,3 кВт



24 ГБ / 25,5 ГБ/с

42,6 ГФлоп/с
Nehalem



0,9 ГБ / **112** ГБ/с

74,5 ГФлоп/с



0,9 ГБ / **112** ГБ/с

74,5 ГФлоп/с



0,9 ГБ / **112** ГБ/с

74,5 ГФлоп/с



0,9 ГБ / **112** ГБ/с

74,5 ГФлоп/с



0,9 ГБ / **112** ГБ/с

74,5 ГФлоп/с



0,9 ГБ / **112** ГБ/с

74,5 ГФлоп/с



0,9 ГБ / **112** ГБ/с

74,5 ГФлоп/с



0,9 ГБ / **112** ГБ/с

74,5 ГФлоп/с



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОМПАКТНАЯ СУПЕР-ЭВМ ГВС-10 «КУБАНЬ»

- Центральный процессор (x86):
 - Intel Core i7-920 2,66 ГГц
 - до **24** ГБ DDR-III DIMM
- Арифметический ускоритель:
 - до 4 NVIDIA GT200x2
- Потребляемая мощность
 - до 1,3 кВт



24 ГБ / 25,5 ГБ/с

42,6 ГФлоп/с
Nehalem



Оперативная
память:

7,2 ГБ / **896** ГБ/с

Арифметический
ускоритель:

596 ГФлоп/с

240 векторных ядер

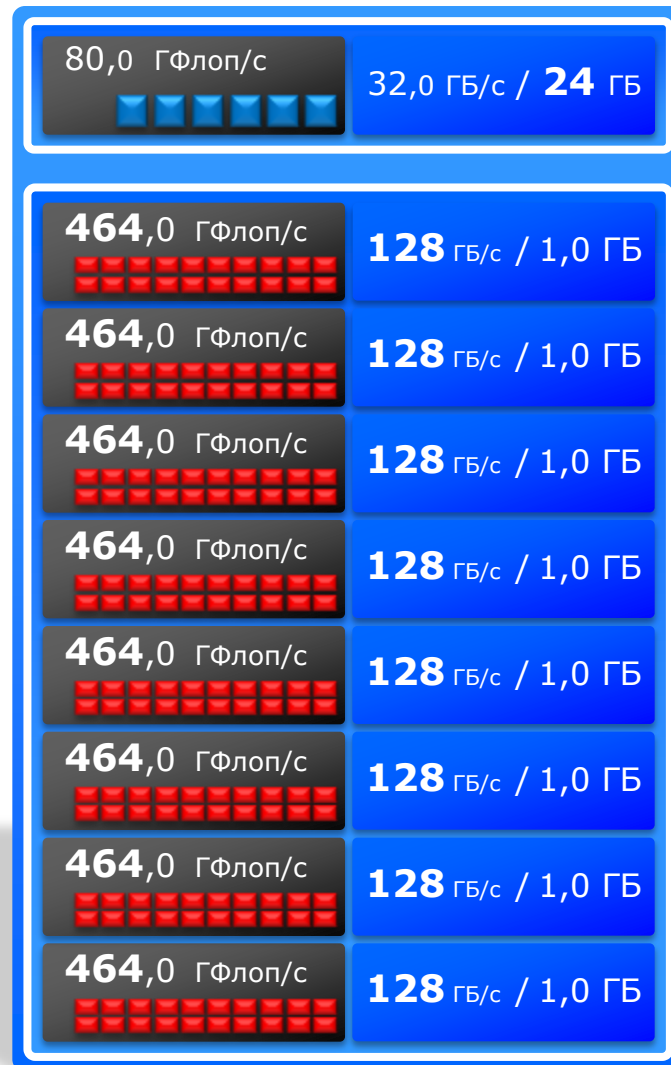
1920 CUDA cores

30720 потоков



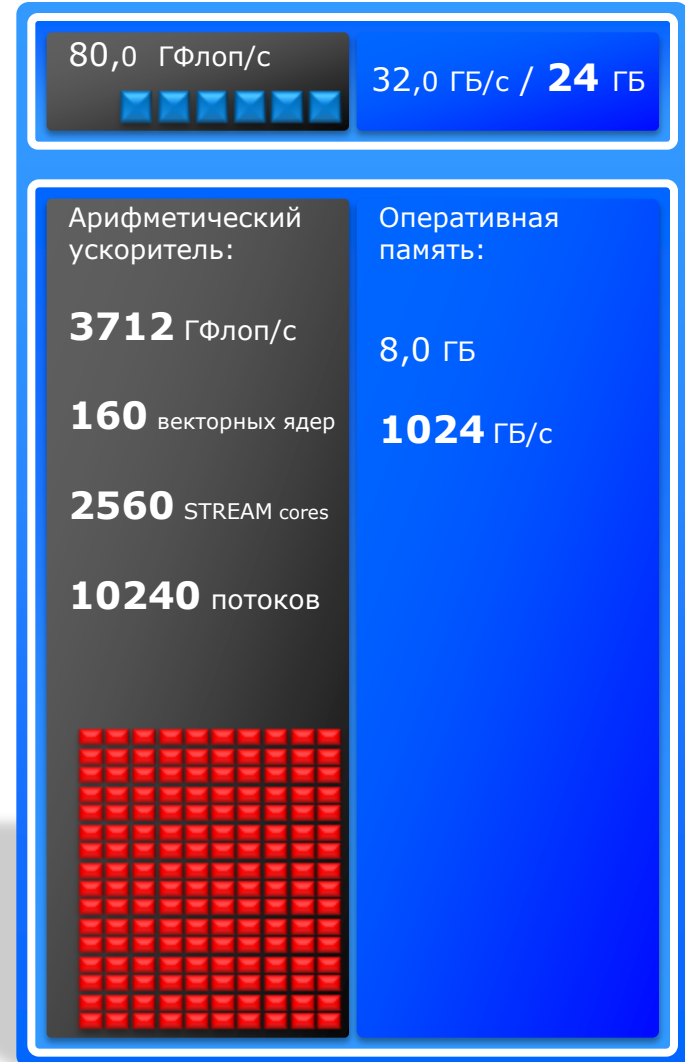
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОМПАКТНАЯ СУПЕР-ЭВМ ГВС-14

- Центральный процессор (x86):
 - Intel или AMD 3,33 ГГц
 - до **24** ГБ DDR-III DIMM
- Арифметический ускоритель:
 - до **4** NVIDIA TESLA C2050 или AMD Radeon HD 5970
- Потребляемая мощность
 - до 1,5 кВт



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОМПАКТНАЯ СУПЕР-ЭВМ ГВС-14

- Центральный процессор (x86):
 - Intel или AMD 3,33 ГГц
 - до **24** ГБ DDR-III DIMM
- Арифметический ускоритель:
 - до **4** NVIDIA TESLA C2050 или AMD Radeon HD 5970
- Потребляемая мощность
 - до 1,5 кВт



ХАРАКТЕРИСТИКИ

	ГВС-10 «Кубань»	ГВС-14Т 2010г.	ГВС-18А 2010г.
Теоретическая пиковая производительность, ТФлоп/с	0,7	2	3,5
Количество вычислительных ядер, шт.	244	60	164
Объем ОЗУ вычислительного модуля, ГБ	12	до 24	
Объем ОЗУ арифметического ускорителя, ГБ	7,2	до 24	до 16
Емкость дисковой памяти, ТБ	4	до 12	
Операционная система	Linux / MS Windows		
Акустический уровень шума, дБА	48	до 50	
Габариты (В x Ш x Г), мм	660 x 250 x 605	495 x 210 x 490	
Вес, кг			
Система охлаждения вычислительного модуля / арифметического ускорителя	жидкостная/ воздушная	жидкостная	
Подключение у локальной сети предприятия	Gigabit Ethernet		
Электропитание	220В, 50Гц		
Потребляемая мощность, кВт	до 1,3	до 1,5	до 1,5
Стоимость (в зависимости от комплектации), руб.	200 000	до 500 000	до 350 000

ПРОГРАММА СМК-У

РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Одной из основных сфер внедрения программно-аппаратных комплексов на базе гибридных вычислительных систем с графическими арифметическими ускорителями может оказаться атомная энергетика. В частности, важнейшей задачей при разработке и эксплуатации сложных технических объектов атомной энергетике является расчёт критических параметров.

В практике ВНИИЭФ для расчета критических параметров методом Монте-Карло используется программный комплекс СМК.

Необходимыми результатами выполнения данной работы должны являться:

- оценка эффективности использования подобных программно-аппаратных комплексов для решения сложных задач математического моделирования в интересах атомной энергетике и других наукоёмких отраслей экономики;
- исследование влияния на производительность и другие эксплуатационные характеристики программно-аппаратных комплексов некоторых технических параметров системы.

ПРОГРАММА СМК-У

РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

В качестве прикладного программного обеспечения комплекса разрабатывается программа СМК-У расчета критических параметров методом Монте-Карло, основанная на программном комплексе СМК. Разработка программы, адаптированной к особенностям архитектуры гибридной вычислительной системы, потребовала **коренного изменения структуры** комплекса СМК. По этой причине работы по созданию программы были разделены на несколько последовательных этапов с усложнением процессов моделирования траекторий частиц и описаний геометрий задач. На каждом из этапов проводится тестирование работы программы и исследование эффективности методических решений адаптированных к использованию графических арифметических ускорителей.

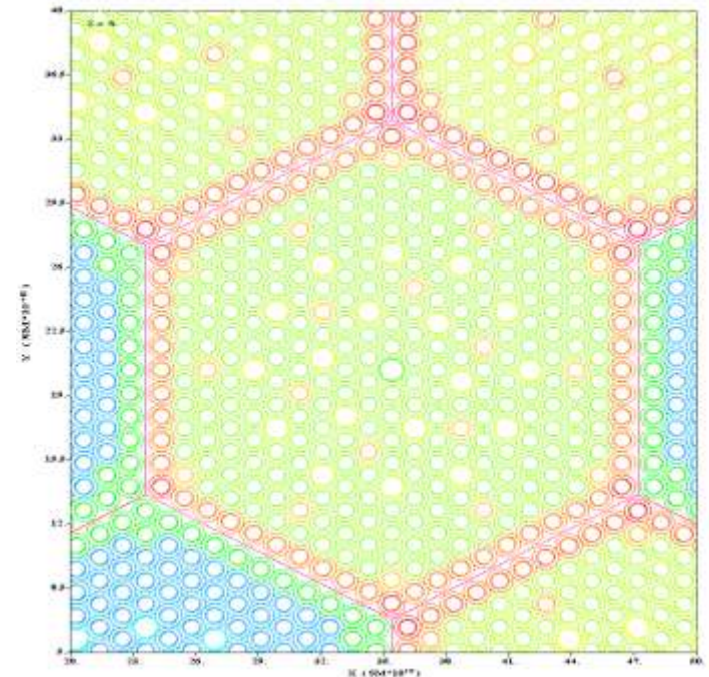
В докладе приводятся результаты разработки программы СМК-У, в ходе которого вся счетная часть комплекса СМК переработана для графического ускорителя. Представлены характерные для данного класса задач тесты и численные исследования разрабатываемой программы для гибридных вычислительных систем ГВС-10 «Кубань», ГВС-14 и универсальной компактной супер-ЭВМ АПК-1.

ЗАДАЧА Т1

Для тестирования программы выбраны две тестовых задачи. Их подготовка основана на результатах расчета бенчмарка активной зоны реактора ВВЭР-1000 с 1/3 загрузкой МОХ-топлива, выполненной специалистами Курчатовского института. В работе представлены спецификация и результаты расчетов некоторых состояний активной зоны с 1/3 загрузкой МОХ топлива по программам MCU и MCNP-4C .

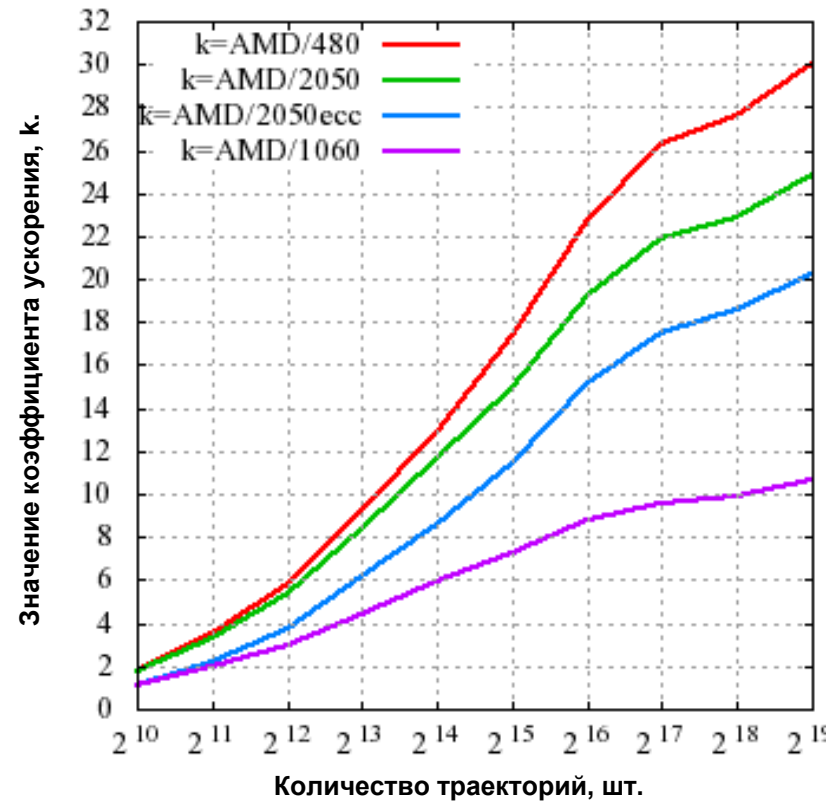
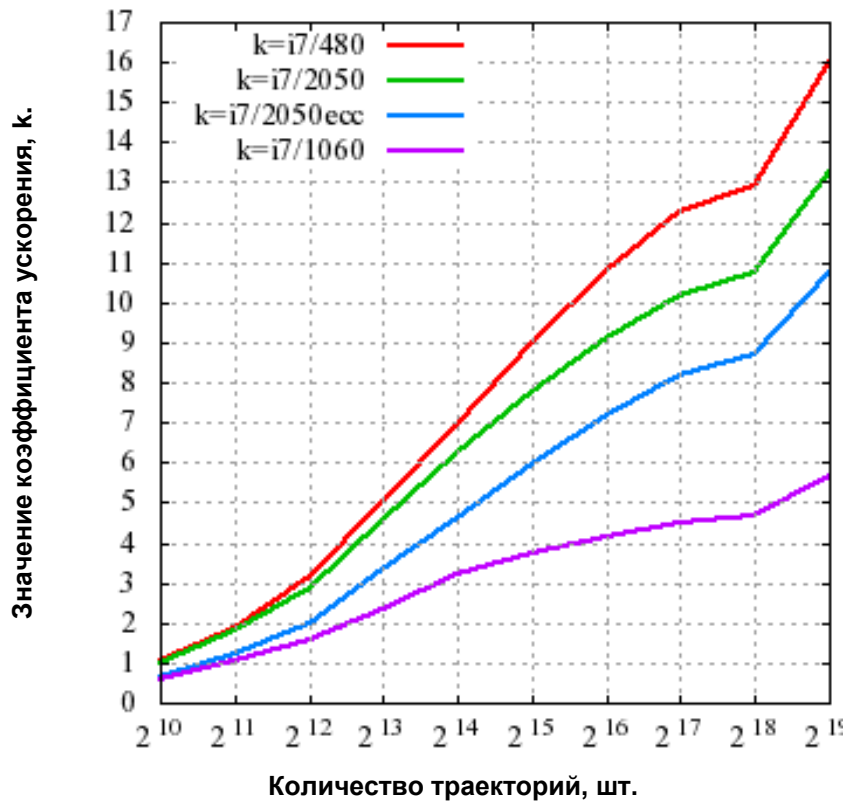
Активная зона комплектуется 4 типами ТВС, различающихся глубиной выгорания топлива (0, 15, 32 и 40 МВт*сутки/кг ТМ) UOX ТВС и 3 типами МОХ ТВС (0, 17, 33 МВт*сутки/кг ТМ).

В качестве **первого теста** была выбрана бесконечная система, состоящая из ТВСов с одним и тем же химическим составом ТВЭЛов.



РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

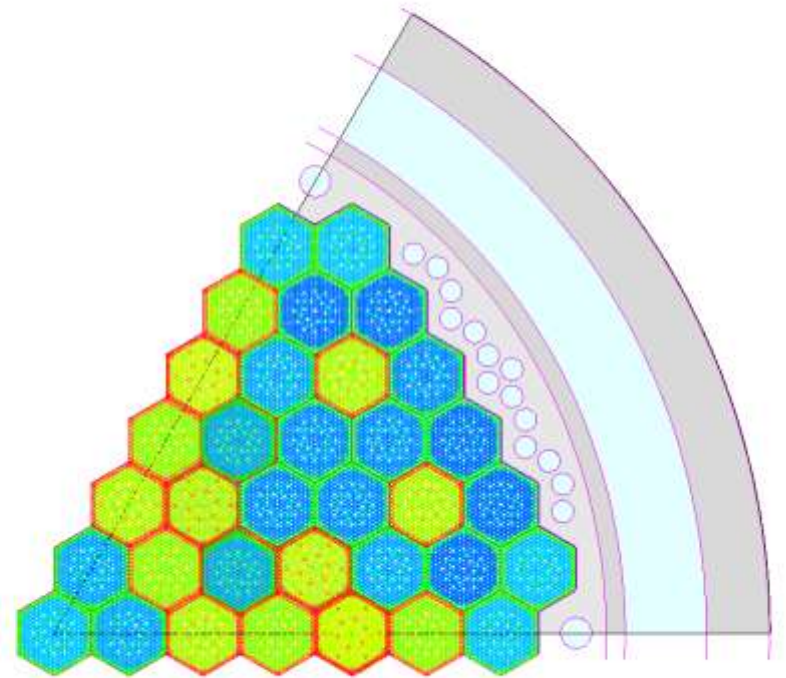
ЗАДАЧА T1



ЗАДАЧА Т2

В качестве **второго теста** было выбрано одно из состояний активной зоны реактора из работы *E.Gomin, M.Kalugin, D.Oleynik. VVER-1000 MOX Core Computational Benchmark. OECD 2006, NEA №6088.*

В силу симметрии активной зоны расчеты проводились 1/6 части АЗ с применением тактики отражения на границах.



**1/6 картограммы активной зоны
реактора ВВЭР-1000**

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

ЗАДАЧА Т2

