



СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



**Материалы 3-й Всероссийской
научно-технической конференции**

**29 сентября - 4 октября 2014
Дивноморское, Геленджик**

ТОМ 1

Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский фонд фундаментальных исследований
Южный научный центр Российской академии наук
Южный федеральный университет
НИИ многопроцессорных вычислительных систем
имени академика А.В. Каляева Южного федерального университета
ОАО «НИЦЭВТ»
ФГУП «НИИ «Квант»
ООО «НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров»
Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий»
Журнал «Известия ЮФУ. Технические науки»

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СКТ-2014

**Материалы 3-й Всероссийской
научно-технической конференции**

29 сентября – 4 октября 2014
Дивноморское, Геленджик

ТОМ 1

Ростов-на-Дону
2014

УДК 004.272.43
ББК 32.973
С 73

С 73 Суперкомпьютерные технологии (СКТ-2014) // Материалы 3-й Всероссийской научно-технической конференции: в 2 т. – Ростов-на-Дону. Издательство Южного федерального университета, 2014. – 226 с.
ISBN 978-5-9275-1282-9
ISBN 978-5-9275-1283-6 (Т.1)

В первом томе материалов 3-й Всероссийской научно-технической конференции «Суперкомпьютерные технологии» (СКТ-2014) представлены доклады, посвященные вопросам создания суперкомпьютеров, их архитектуре и аппаратной базе, а также разработке математического и программного обеспечения суперкомпьютеров.

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 14-07-20307 г

М $\frac{2404000000}{6КО(03) - 2014}$ без объявл.

ISBN 978-5-9275-1283-6 (Т.1)
ISBN 978-5-9275-1282-9

УДК 004.272.43
ББК 32.973

© Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем имени академика А.В. Каляева федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», составление, оформление, 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из приоритетных направлений модернизации экономики Российской Федерации является создание и развитие отечественных стратегических информационных технологий, основу которых, безусловно, составляют суперкомпьютерные технологии.

Суперкомпьютерные технологии оказывают всё большее влияние как на экономику и обороноспособность страны, так и на повседневную жизнь людей – медицину, образование, торговлю, финансовый сектор.

Однако в России имеется существенное отставание от развитых стран Америки, Европы и Азии в области создания и применения стандартных кластерных суперкомпьютеров. В списке TOP-500 (ноябрь 2013), содержащем сведения о наиболее производительных суперкомпьютерах мирового сообщества, самый мощный суперкомпьютер в России (Ломоносов - МГУ) занимает 37-ю строчку.

В то же время по ряду перспективных направлений развития суперкомпьютеров (суперкомпьютеры с реконфигурируемой архитектурой, гетеровычислительные системы и ряд других) Россия находится на передовых рубежах

Поэтому обсуждение таких опережающих подходов к развитию суперкомпьютерных технологий является очень актуальным и составляет основной предмет рассмотрения на данной конференции, собравшей воедино как разработчиков аппаратных средств высокопроизводительных вычислений, их системного и программного обеспечения, представляющих различные отечественные научные школы, так и представителей организаций – потенциальных пользователей суперкомпьютеров.

Целью научно-технической конференции «Суперкомпьютерные технологии» (СКТ-2014) является работа по консолидации

суперкомпьютерного сообщества, а также обобщение и развитие накопленного за последние годы отечественного опыта разработки, создания и программирования суперкомпьютеров, применения перспективных суперкомпьютерных технологий, а также выработка рекомендаций по дальнейшему использованию этого опыта с точки зрения задач модернизации экономики России.

Научная программа конференции объединяет широкий круг вопросов по следующим основным направлениям развития суперкомпьютерных технологий:

- Принципы построения, архитектура и аппаратная база суперкомпьютеров.*
- Математическое и программное обеспечение суперкомпьютеров.*
- Проблемно-ориентированные и реконфигурируемые вычислительные системы.*
- Распределенные вычислительные и управляющие системы.*
- Применение суперкомпьютерных технологий в науке, технике и промышленности.*

Проведение конференции СКТ-2014 призвано способствовать повышению уровня фундаментальных и прикладных исследований в области суперЭВМ, проводимых в России; содействовать созданию высокопроизводительных вычислительных систем новых поколений, привлечению творческой научной молодежи к проведению фундаментальных и прикладных исследований в области суперкомпьютерных систем; повышению уровня подготовки специалистов и кадров высшей квалификации в высших учебных заведениях по данному направлению; модернизации экономики России и превращению ее из сырьевой в инновационную.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ, АРХИТЕКТУРА И АППАРАТНАЯ БАЗА СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ

<i>Абрамов С.М., Амелькин С.А., Романенко А.Ю., Симонов А.С., Чичковский А.А.</i> Опыт реализации высокопроизводительных вычислительных систем с погружной жидкостной системой охлаждения	10
<i>Акжолов М.Ж., Дикарев Н.И., Шабанов Б.М., Шмелев А.С.</i> Оценка производительности векторного потокового процессора при изменении размера обрабатываемых массивов	15
<i>Алексеев А.В., Антипина Н.Р., Ветчинников А.В., Залялов А.Н., Липов Д.И., Ломтев А.В., Нурждин А.А., Сапронов И.С.</i> Тестирование многопроцессорных суперЭВМ с гетерогенной и гибридной архитектурой	20
<i>Брындин Е.Г.</i> Управление непрерывной обработкой программ на виртуальной памяти	21
<i>Бутенков С.А., Семерников Е.А.</i> Оптимизация проектирования вычислительных систем реального времени на основе моделей массового обслуживания	30
<i>Гренадеров М.А., Роцин И.С., Смирнов А.В., Яблонский С.В.</i> Особенности электроснабжения и холодоснабжения современных суперкомпьютеров	35
<i>Затуливетер Ю.С., Фищенко Е.А., Артамонов С.Е.</i> К созданию отечественной элементной базы для высокопараллельных и распределённых вычислений	40
<i>Змеев Д.Н., Левченко Н.Н., Окунев А.С.</i> Исследование принципов работы параллельной потоковой вычислительной системы на кластерных вычислительных системах	45
<i>Змеев Д.Н., Левченко Н.Н., Окунев А.С.</i> Управление вычислениями в системе ввода данных параллельной потоковой вычислительной системы «БУРАН»	48

Коваленко В.Б.

Объекты в иерархии софт-архитектур реконфигурируемых вычислительных систем..... 52

Левин И.И., Мельников А.К.

Методы управления гибридными высокопроизводительными вычислительными комплексами..... 55

Левин И.И., Мельников А.К., Семерников Е.А.

Некоторые особенности аппаратной реализации вычислительных структур в ПЛИС..... 61

Митькин А.С., Погорелов В.А., Соколов С.В.

Многофункциональный оптический вычислитель..... 64

Носков С.В.

Особенности работы с памятью в реконфигурируемой вычислительной системе..... 70

Подлазов В.С., Каравай М.Ф.

Повышение пропускной способности многомерных торов..... 72

РАЗДЕЛ 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ

Алексеев А.В., Баранов А.В., Киселев А.В., Киселев Е.А.

Экспериментальное сравнение технологий распараллеливания по данным Пирамида, MapReduce и MPI..... 77

Андреев А.Е., Духнич Е.И., Красников А.А.

Реализация схемы шифрования на основе кватернионов в реконфигурируемой вычислительной системе с помощью Altera OpenCL SDK..... 81

Анциферов С.С., Русанов К.Е.

Время принятия решения в алгоритмах последовательной обработки нечеткой информации..... 85

Аряшев С.И., Зубковский П.С., Кулешов А.С., Цветков В.В.

Адаптация библиотеки подпрограмм линейной алгебры GotoBLAS к архитектуре векторного сопроцессора..... 90

Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М., Гладской И.Б., Грищенко Д.В. О методе блочного элемента.....	95
Бутенков С.А. Методы информационной грануляции в параллельных вычислениях.....	99
Веркеенко М.С. Разработка алгоритма стабильного и быстрого выделения угло- ковых точек на цифровых снимках с использованием дерева принятия решений.....	104
Гудков В.А., Дордопуло А.И. Средства высокоуровневого программирования многокристаль- ных реконфигурируемых вычислительных систем.....	108
Гуленик А.А. Генетический алгоритм разбиения информационных графов па- раллельных программ для реконфигурируемых вычислительных систем.....	115
Димитриенко Ю.И., Коряков М.Н., Захаров А.А. Разработка математического и программного обеспечения для суперкомпьютерного моделирования сопряженных процессов гиперзвуковой аэродинамики и термомеханики композитных конструкций перспективных летательных аппаратов.....	118
Долгов А.И. Корректные модификации формулы Байеса для параллельного программирования.....	122
Духнич Е.И. Октонийные дискретные линейные преобразования.....	127
Егоров В.Ю. Применение операционной системы QP ОС и гипервизора QP VMM как программной платформы для высокопроизводитель- ных вычислений.....	132
Ершова О.В., Кириченко Е.В., Семерников Е.А., Чкан А.В. Ошибки усечения результатов арифметических операций с фиксированной точкой в алгоритмах быстрого преобразования Фурье.....	137

Жуков А.Л. Жадные алгоритмы кластеризации данных на основе теории грануляции.....	141
Иванников В.П., Аветисян А.И., Самоваров О.И. Архитектура и особенности реализации программного обеспечения предметно-ориентированных web-лабораторий.....	144
Каляев З.В., Данилов И.Г., Брандин Б.А. Реализация системы диагностики крупных реконфигурируемых вычислительных систем.....	153
Кулагин И.И., Пазников А.А., Курносоев М.Г. Оптимизация информационных обменов в параллельных PGAS-программах.....	158
Куприянов М.С., Шичкина Ю.А. Метод распараллеливания алгоритма, представимого информационным графом.....	163
Никитина А.В., Семенов И.С. Численное моделирование задач динамики планктонных популяций на многопроцессорных вычислительных системах перспективной архитектуры.....	168
Никляев И.Ю. Программирование устройств с архитектурой потока данных на языке высокого уровня.....	172
Семенякина А.А. Параллельное решение задач диффузии – конвекции на основе схем повышенного порядка точности.....	177
Семерникова Е.Е. Использование переменной разрядности данных в языках программирования высокого уровня для реконфигурируемых вычислительных систем.....	182
Степанян А.Б., Алюшкевич В.Б., Дмитриев В.А., Максимович Е.П., Фисенко В.К. Требования по встраиванию средств защиты и соответствующего программного обеспечения при их повторном использовании в новых программных продуктах.....	184

<i>Сухинов А.И., Хачуни Д.С., Чистяков А.Е.</i> Численное моделирование распространения загрязняющих веществ в воздушной среде прибрежной зоны на многопроцессорных вычислительных системах.....	189
<i>Сухинов А.И., Чистяков А.Е., Проценко Е.А.</i> Параллельные алгоритмы численного решения задач транспорта наносов в мелководных акваториях.....	194
<i>Сухинов А.И., Чистяков А.Е., Семенов И.С., Григорян Л.А.</i> Параллельные алгоритмы численного решения задач фильтрации двухфазных несжимаемых жидкостей.....	199
<i>Сухинов А.И., Чистяков А.Е., Тимофеева Е.Ф.</i> Численное моделирование волновых процессов в прибрежной зоне на основе регуляризованных по Б.Н. Четверушкину явных схем на вычислительных системах с массовым параллелизмом.....	204
<i>Хисамутдинов М.В.</i> Алгоритм сложения множества изображений с целью получения одиночного незашумлённого изображения.....	209
<i>Ченцов А.А., Ченцов А.Г.</i> Метод итераций в задаче последовательного обхода мегаполисов с ограничениями и внутренними работами.....	212
<i>Шапвалов О.В.</i> Разработка библиотеки параллельных шаблонов.....	218
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	224

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ СОПРЯЖЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ГИПЕРЗВУКОВОЙ АЭРОДИНАМИКИ И ТЕРМОМЕХАНИКИ
КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ***

*Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана, г. Москва,
dimit@bmstu.ru*

Введение

В работе приведена математическая постановка и предложен вычислительный метод для решения сопряженных задач аэрогазодинамики, теплообмена и внутреннего теплопереноса в композитных конструкциях перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов. Представлена информация о разработанном программном обеспечении и проведено его тестирование на задачах обтекания фрагмента носовой части модельной конструкции. Показано, что вследствие высоких температур аэродинамического нагрева конструкций из полимерных композиционных материалов в них может происходить терморазрушение из-за термодеструкции полимерной фазы и образования интенсивного внутреннего газообразования в материалах конструкции.

Общая система уравнений сопряженной задачи гиперзвуковой аэротермодинамики и термомеханики

Общая постановка сопряженной задачи аэротермодинамики и термомеханики состоит из 3-х систем уравнений:

- уравнений Навье-Стокса внешнего газового потока, обтекающего конструкцию;
- уравнений внутреннего теплопереноса в конструкции;
- уравнений термоупругости оболочечной конструкции.

Разработка метода решения сопряженной задачи

Для решения сопряжённой задачи предложен следующий метод: вводится цикл по "медленному" времени, соответствующему процессу распространения тепла в стенке конструкции. Внутри этого цикла вво-

* Исследование выполнено при поддержке гранта Президента РФ МК-3218.2013.8. Работа выполнена с использованием ресурсов суперкомпьютерного комплекса МГУ имени М.В. Ломоносова [4].

дится "быстрое" время, соответствующее времени установления газового потока. Для каждого фиксированного момента медленного времени тепловой поток на твёрдой стенке, вообще говоря, неизвестный, полагается фиксированным, тогда системы уравнений газодинамики и внутреннего тепломассопереноса в конструкции разделяются на одном шаге медленного времени.

Затем внутри цикла по медленному времени ищется решение задачи внутреннего тепломассопереноса сначала для начального приближения полей давлений и температуры на поверхности аппарата. В результате рассчитывается значение теплового потока для пограничного слоя. Далее осуществляется решение системы уравнений Навье-Стокса по быстрому времени до установления по быстрому времени. После этого осуществляется переход к следующему моменту медленного времени. Расчет проводится до установления по медленному времени.

Для решения систем дифференциальных уравнений Навье-Стокса используются численные конечно-разностные методы МакКормака и TVD второго порядка аппроксимации, а также конечно-объёмный метод RKDG [1]. Метод МакКормака является самым простым и быстрым, но обладает самой большой схемной диффузией; схема TVD требует больших затрат машинного времени, обладает малой схемной диффузией, но весьма чувствительна к качеству сетки; метод RKDG обладает всеми преимуществами TVD-схемы, позволяет вести расчёт и на негладких сетках, но является самым медленным.

В конечно-разностных методах вязкая часть уравнений Навье-Стокса аппроксимируется при помощи неявной разностной схемы с расщеплением по координатным направлениям, которая разрешается методом прогонки.

Для решения уравнений внутреннего тепломассопереноса используется неявная конечно-разностная схема. Уравнения термоупругости оболочечной конструкции из композиционного материала решаются методом конечных элементов. Интегрирование уравнений термоупругости осуществляется только для шагов медленного времени. Входными данными для этой задачи являются поля давлений на внешней и внутренней поверхности оболочки, которые определяются после решения уравнений газовой динамики, а также распределение температуры, объёмных концентраций фаз и порового давления газообразных продуктов терморазложения композитной оболочки, которые рассчитываются при решении уравнений внутреннего тепломассопереноса на каждом шаге медленного времени.

Описание разработанного программного комплекса

Разработанные алгоритмы вошли в состав программно-вычислительного комплекса SIGMA [2], который применяется для мо-

делирования совместных процессов сверхзвуковой и гиперзвуковой газовой динамики и теплопереноса в областях сложной криволинейной формы. Программный комплекс включает в себя модули: трёхмерного геометрического моделирования, позволяющего генерировать достаточно широкий диапазон трёхмерных геометрических областей, модуль задания свойств, параметров и начальных данных, генератор адаптивной сетки (препроцессор), расчётный модуль (процессор) и визуализатор расчётов (постпроцессор). Каждый модуль является независимым программным продуктом, написанным на языке C++, и поддерживает возможность создания расширений. Большинство итерационных процедур генерации сеток и расчётного модуля обладают геометрическим параллелизмом и реализованы с использованием коммуникационных библиотек OpenMP 2.0 и MPI.

Для генерации сеток используется собственный генератор геометрически-адаптивных структурированных сеток [3]. Имеются функции, позволяющие управлять сгущением узлов сетки вблизи граничных поверхностей блоков. Для некоторых типов криволинейных областей поддерживается возможность построения O-grid блоков подобно одному из известных блоков в коммерческом генераторе ANSYS ICEM CFD.

Сгенерированная гексаэдральная сетка преобразуется в тетраэдральную для применения метода RKDG. Для этого большинство гексаэдральных ячеек разделяется на 5 тетраэдральных элементов; в некоторых исключительных случаях, когда разбиением на 5 тетраэдров не удаётся состыковать соседние элементы, применяется разбиение на 6 тетраэдров. Полученные таким образом тетраэдральные сетки сохраняют адаптацию сеточных линий под границы области и позволяют получать более качественные картины течения, чем на сетках, в которых ребра тетраэдров ориентированы произвольным образом.

Результаты численного решения

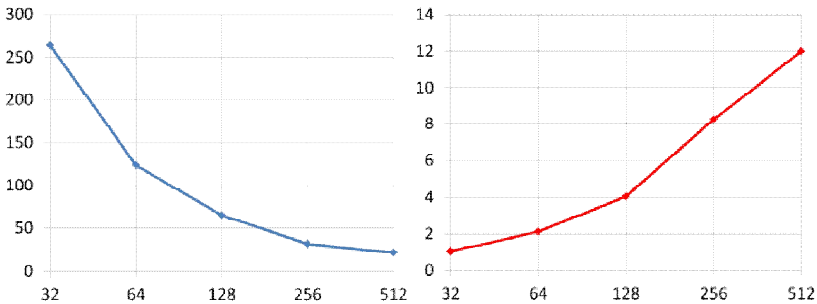
В работе представлены результаты численного моделирования обтекания фрагмента корпуса модельного летательного аппарата эллипсоидальной формы гиперзвуковым потоком газа ($M=6$) на высоте 15 км.

Полученное численное решение с хорошим разрешением передаёт головной скачок уплотнения в критической точке летательного аппарата, максимум плотности, давления и температуры приходится на критическую точку носка аппарата, в которой температура достигает 2000К.

Представлены результаты численных расчетов полей внутреннего теплопереноса в оболочке элемента ГЛА. Терморазложение полимерной фазы композитной оболочки приводит к образованию большого количества газообразных продуктов в порах материала. Ввиду низкой газопроницаемости композита образующиеся газы не успевают от-

фильтровываться во внешний газовый поток и создают внутреннее поровое давление.

На рисунке показана эффективность распараллеливания с помощью MPI на суперкомпьютере МГУ "Чебышев" решения одной из задач газовой динамики на конечно-разностной сетке с 16 млн. узлов. Было просчитано 5 000 временных слоев. Эффективность, близкая к линейной, сохраняется до 256 ядер, далее она начинает снижаться.



Эффективность распараллеливания задачи расчета газодинамических параметров. По оси абсцисс – количество задействованных ядер, по оси ординат – время в мин. (слева) и ускорение (справа)

1. Cockburn B., Shu C.W. Runge-Kutta Discontinuous Galerkin Methods for Convection-Dominated Problems // Journal of Scientific Computing, 2001. Vol. 16, no. 3, p. 173–261.
2. Дмитриенко Ю. И., Захаров А. А., Коряков М. Н. Разработка программного обеспечения для численного моделирования в задачах гиперзвуковой аэрогазодинамики перспективных летательных аппаратов // Программные системы: теория и приложения : электрон. научн. журн., 2012. Т. 3, № 4. С. 17–26.
3. Дмитриенко Ю. И., Котенев В. П., Захаров А. А. Метод ленточных адаптивных сеток для численного моделирования в газовой динамике. М. : Физматлит, 2011. – 280 с.
4. Воеводин Вл.В., Жуматий С.А., Соболев С.И., Антонов А.С., Брызгалов П.А., Никитенко Д.А., Стефанов К.С., Воеводин Вад.В. Практика суперкомпьютера "Ломоносов" // Открытые системы. - Москва: Издательский дом "Открытые системы", № 7, 2012. С. 36-39.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Абрамов С.М., 10
 Аветисян А.И., 144
 Акжолов М.Ж., 15
 Алексеев А.В., 20
 Алексеев А.В., 77
 Алюшкевич В.Б., 184
 Амелькин С.А., 10
 Андреев А.Е., 81
 Антипина Н.Р., 20
 Анцыферов С.С., 85
 Артамонов С.Е., 40
 Аряшев С.И., 90

Б

Бабешко В.А., 95
 Бабешко О.М., 95
 Баранов А.В., 77
 Брандин Б.А., 153
 Брындин Е.Г., 21
 Бутенков С.А., 30, 99

В

Веркеенко М.С., 104
 Ветчинников А.В., 20

Г

Гладской И.Б., 95
 Гренадеров М.А., 35
 Григорян Л.А., 199
 Грищенко Д.В., 95
 Гудков В.А., 108
 Гуленок А.А., 115

Д

Данилов И.Г., 153
 Дикарев Н.И., 15

Димитриенко Ю.И., 118
 Дмитриев В.А., 184
 Долгов А.И., 122
 Дордопуло А.И., 108
 Духнич Е.И., 81, 127

Е

Евдокимова О.В., 95
 Егоров В.Ю., 132
 Ершова О.В., 137

Ж

Жуков А.Л., 141

З

Залялов А.Н., 20
 Затуливетер Ю.С., 40
 Захаров А.А., 118
 Змеев Д.Н., 45, 48
 Зубковский П.С., 90

И

Иванников В.П., 144

К

Каляев З.В., 153
 Каравай М.Ф., 72
 Кириченко Е.В., 137
 Киселев А.В., 77
 Киселев Е.А., 77
 Коваленко В.Б., 52
 Коряков М.Н., 118
 Красников А.А., 81
 Кулагин И.И., 158
 Кулешов А.С., 90
 Куприянов М.С., 163
 Курносов М.Г., 158

Л

Левин И.И., 55, 61
Левченко Н.Н., 45, 48
Липов Д.И., 20
Ломтев А.В., 20

М

Максимович Е.П., 184
Мельников А.К., 55, 61
Митькин А.С., 64

Н

Никитина А.В., 168
Никляев И.Ю., 172
Носков С.В., 70
Нуждин А.А., 20

О

Окунев А.С., 45, 48

П

Пазников А.А., 158
Погорелов В.А., 64
Подлазов В.С., 72
Проценко Е.А., 194

Р

Романенко А.Ю., 10
Рощин И.С., 35
Русанов К.Е., 85

С

Самоваров О.И., 144
Сапронов И.С., 20
Семенов И.С., 168, 199
Семенякина А.А., 177
Семерников Е.А., 30, 61, 137
Семерникова Е.Е., 182

Симонов А.С., 10
Смирнов А.В., 35
Соколов С.В., 64
Степанян А.Б., 184
Сухинов А.И., 189, 194, 199, 204

Т

Тимофеева Е.Ф., 204

Ф

Фисенко В.К., 184
Фищенко Е.А., 40

Х

Хачунц Д.С., 189
Хисамутдинов М.В., 209

Ц

Цветков В.В., 90

Ч

Ченцов А.А., 212
Ченцов А.Г., 212
Чистяков А.Е., 189, 194, 199, 204
Чичковский А.А., 10
Чкан А.В., 137

Ш

Шабанов Б.М., 15
Шаповалов О.В., 218
Шичкина Ю.А., 163
Шмелев А.С., 15

Я

Яблонский С.В., 35

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СКТ-2014

Материалы 3-й Всероссийской
научно-технической конференции

29 сентября – 4 октября 2014
Дивноморское, Геленджик

ТОМ 1

Редактор В.О. Бронзов
Компьютерная верстка: Н.Ю. Иванова

Подписано в печать 5.08.2014.
Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,14. Уч.-изд. л.14,77.
Тираж 150 экз. Заказ 3736.

Издательство Южного федерального университета.

Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции
Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1. Тел. (863) 247-80-51.



**Научно-исследовательский институт
многопроцессорных вычислительных систем
имени академика А.В. Каляева
федерального государственного автономного
учреждения высшего профессионального образования
“Южный федеральный университет”**

**Адрес: 347928, Россия, Ростовская область,
г. Таганрог ул. Чехова, 2, ГСП-284
тел./факс (863-4) 36-03-76, 615-459
e-mail: mvs@mvs.sfedu.ru
<http://www.mvs.sfedu.ru>**