

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Снытникова Алексея Владимировича «Исследование производительности высокопроизводительных вычислительных систем», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.15 – «Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети»

1. Актуальность темы.

Современный уровень развития численного моделирования физических процессов предполагает использование высокопроизводительных вычислительных систем при решении реальных задач. При выборе используемых вычислительных систем и разработке программного обеспечения для численного моделирования необходимо уметь оценивать производительность вычислительных систем и определять степень их пригодности для решения требуемых задач.

В настоящее время существует множество специализированных тестовых программ, нацеленных на оценку производительности вычислительной системы (например, упоминаемые автором Intel® MPI Benchmarks, High Performance Linpack и др.), однако ни одна из этих программ не может определить реальное быстродействие вычислительной системы при решении достаточно сложной реальной задачи конкретным методом, поэтому разработка теста, измеряющего производительность реальной вычислительной системы для решения сложной задачи конкретным методом (например, методом частиц в ячейках или методом конечных элементов) является актуальной.

2. Содержание диссертации и автореферата.

Представленная диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списков сокращений и условных обозначений, списка литературы, списков рисунков и таблиц, а также двух приложений. Текст диссертации изложен на 176 страницах, включая приложения, списки литературы, рисунков и таблиц. Содержание автореферата достаточно полно отражает суть и основные результаты диссертационного исследования.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, соответствие паспорту специальности.

Достоверность и обоснованность большинства научных результатов диссертации подтверждается проведёнными теоретическими и экспериментальными исследованиями, согласованностью с результатами других авторов, достоверность разработанных тестов косвенно подтверждается сравнением с результатами, полученными по тестам других авторов.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 10 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК РФ; 5 в международных изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science. Диссертация не содержит заимствованных материалов или отдельных результатов без ссылок на авторов и источники заимствования.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных конференциях в России и за рубежом: на международных научных конференциях серии Parallel Computing Technologies (Нижний Новгород, 2003, Красноярск, 2005, Новосибирск, 2009), международной конференции International Conference on Computational Science (Амстердам, 2009), международной конференции Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (Новосибирск, 2010), международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления» (Москва, 2010), международной суперкомпьютерной конференции «Научный сервис в сети Интернет» (Новороссийск, 2009, 2011, 2014), международной научной конференции Russian Supercomputing Days (Москва, 2015, 2016), международной конференции «Супервычисления и математическое моделирование» (Саров, 2016), что подтверждается соответствующими публикациями в материалах этих конференций.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.13.15 «Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети».

4. Оценка новизны, теоретической и практической значимости.

Постановка задачи о проведении тестирования высокопроизводительной ВС на основе метода частиц в ячейках является новой.

В качестве основных новых научных результатов, полученных диссертантом, можно отметить следующие.

- Создан программный комплекс, основанный на моделировании динамики плазмы методом частиц в ячейках на высокопроизводительных ВС для всестороннего исследования производительности ВС, позволяющий в рамках одного запуска программы определить конкретную подсистему, наиболее заметно снижающую скорость вычислений.
- Реализован и протестирован метод исследования коммуникационной структуры высокопроизводительных ВС, позволяющий давать рекомендации по более оптимальному распределению процессов в приложении на узлах высокопроизводительной ВС, а также вычислять экстраполяцию реально полученной производительности на аналогичные системы с большим количеством узлов и процессоров.
- Предложен и протестирован метод комплексного анализа производительности узлов мультиархитектурной ВС, оснащенной многоядерными процессорами и графическими ускорителями или ускорителями Intel Xeon Phi, основанный на программе для моделирования динамики плазмы методом частиц в ячейках и позволяющий делать

прогнозы эффективности данной мультиархитектурной ВС для решения конкретных задач, более достоверные по сравнению с синтетическими тестами

Комплексный тест, созданный в рамках диссертационной работы, позволяет проводить экспериментальное исследование функционирования вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей в широком диапазоне. Это исследование дополняется проводимым в той же тестовой программе теоретическим анализом масштабируемости и параллельной эффективности. В ходе тестирования измеряются характеристики ВС: вычислительная производительность, скорость работы коммуникационной сети и системы ввода-вывода. Измеренные характеристики позволяют улучшить работу сетевой (коммуникационной) подсистемы ВС путем перепрограммирования сетевых адаптеров и изменения настроек системного ПО, а также дать рекомендации по улучшению технико-экономических и эксплуатационных характеристик ВС такого типа в дальнейшем при использовании аналогичных методов решения задач.

5. Общие замечания по диссертационной работ

1. Наиболее существенным недостатком работы считаю то, что одним из защищаемых положений диссертационной работы является положение 3 («Разработана и обоснована методика расчета *абсолютной* оценки пригодности данной ВС для решения реальных задач, основанной на сбалансированности производительности различных подсистем конкретной ВС, в частности оперативной памяти, коммуникационной сети, дисковой подсистемы, процессоров и ускорителей вычислений и позволяющей сравнивать ВС безотносительно используемых программ и решаемых задач»). Это положение слабо обосновано, более того, в самой диссертации можно найти подтверждение того, что разработка такого теста малореальна. Например, в п.1.4.1 из таблицы 1 видно, что даже в самом методе частиц в ячейках в зависимости от используемой декомпозиции расчетной области меняется время выполнения программы, откуда, очевидно, следует что оценка вычислительной системы, сделанная тестом диссертанта, изменится даже при относительно небольшой смене алгоритма метода частиц в ячейках, не говоря уже о переходе к решению задач каким-либо принципиально другим методом (типа метода конечных элементов, коллокаций, граничных элементов и др.). Кроме того, результаты теста диссертанта, как следует из приведенных в работе сравнений с другими тестами (например, с тестом Intel MPI Bechmarks на стр.113), не полностью совпадают с результатами других тестов, что также говорит об отсутствии универсальности (поскольку другие тесты также пытаются эмулировать решение реальных задач, но другими способами). Не отрицая полезность проведенных автором исследований, хочу заметить, что разработка абсолютного теста все же пока является неосуществимой мечтой. Необходимо

отметить также, что никаких попыток обосновать абсолютность своего теста путем сравнения времени решения какой-либо реальной задачи каким-либо другим методом на изучаемых системах автор не сделал.

Кроме указанного крупного недостатка, работа содержит достаточно мелких.

2. На стр.14 в перечислении конференций в апробации работы иногда путаются числа и падежи
3. Обозначения в формулах иногда вводятся без пояснений, что затрудняет их понимание, например, в формулах 1.2 и 1.3 без пояснений вводятся i и x с индексами, причем в 1.2 i жирная, а в 1.3 – нет.
4. Приведенные листинги в п. 1.6.1 и 1.6.2 показывают, что автор, учитывая вещественные операции, не заботится в своих программах о целочисленных, например, о копировании при передаче параметра – структуры Field в листинге 1.4, а также о значительных дополнительных затратах при вызове функций. Несколько странен и неединообразный стиль программирования автора – параметры типа double иногда передаются копированием, а иногда по ссылке. Кроме того, подсчет операций выполняется автором тоже не всегда корректно, например, на стр. 36 в фрагменте

```
i=abs(i2.x-i1.x);
```

```
l=abs(i2.y-i1.y);
```

```
k=abs(i2.z-i1.z);
```

```
m =4*i +2* l+k
```

автор в комментариях указывает 3 операции, причем, судя по описаниям типов, все переменные в этом фрагменте целые.

5. На стр.130 при обсуждении таблицы 24 сказано, что зависимость в ней близка к линейной, хотя в ней всего 3 точки и при первом увеличении числа потоков вдвое время изменилось более чем в 3 раза, а при следующем удвоении – менее чем в два раза, а других данных в таблице нет.

6. Заключение.

Диссертация Снытникова Алексея Владимировича «Исследование производительности высокопроизводительных вычислительных систем» несмотря на указанные недостатки, в целом производит положительное впечатление, является законченной научно-квалификационной работой, в которой рассматриваются важные научные проблемы, а именно проблемы определения производительности высокопроизводительных вычислительных систем на реальных задачах математического моделирования, показывает достаточно высокую квалификацию автора. Диссертация отвечает требованиям Положения ВАК РФ о порядке присуждения учёных степеней, а её автор, Снытников Алексей Владимирович заслуживает присуждения ему ученой

степени доктора технических наук по специальности 05.13.15
«Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети».

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры прикладной математики
Новосибирского государственного
технического университета



Рояк Михаил Эммануилович
20 сентября 2019 г.

630073, Новосибирск, пр.К.Маркса, 20
Телефон +7(383) 3462776
E-mail: royak@corp.nstu.ru

Подпись профессора кафедры ПМТ НГТУ
Рояка М.Э. заверяю

Начальник ОК НГТУ



О.К.Пустовалова