

**Заключение диссертационного совета 24.1.047.01, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 21.02.2023 № 2

**О присуждении** Перепёлкину Владиславу Александровичу, гражданину Российской Федерации учёной степени кандидата технических наук.

**Диссертация** "Система LuNA автоматического конструирования параллельных программ численного моделирования на мультимониторных компьютерах" по специальности 2.3.5 — Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей **принята к защите** 22 ноября 2022 г. (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.1.047.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6, созданного приказом Минобрнауки России № 561/нк от 03.06.2021 г.

**Соискатель** Перепёлкин Владислав Александрович, 09 мая 1984 года рождения. В 2008 году соискатель окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Новосибирский государственный университет, в 2013 г. соискатель окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, **работает** научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

**Диссертация выполнена** в лаборатории синтеза параллельных программ Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** — доктор технических наук Малышкин Виктор Эммануилович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория синтеза параллельных программ, главный научный сотрудник.

**Официальные оппоненты:**

Легалов Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", Департамент программной инженерии Факультета компьютерных наук, профессор,

Курносов Михаил Георгиевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики", Кафедра вычислительных систем, профессор

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского", г. Нижний Новгород в своём положительном отзыве, подписанном Иванченко Михаилом Васильевичем, доктором физико-математических наук, доцентом, ректорат, проректор по научной работе, **указала**, что диссертационная работа Перепёлкина В.А. "Система LuNA автоматического конструирования параллельных программ численного моделирования на мультикомпьютерах" представляет собой законченную научно-исследовательскую работу по актуальной теме, в диссертационной работе получены новые результаты, имеющие теоретическую и практическую ценность; тема, содержание и результаты диссертации Перепёлкина В.А. отвечают паспорту специальности 2.3.5 — Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, работа соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней № 842 от 24.09.2013 г., а соискатель Перепёлкин В.А. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет **53 опубликованных работы**, в том числе по теме диссертации опубликовано 53 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 27 работ. Работы представляют собой научные публикации, среди которых 6 статей опубликованы в журналах из перечня ВАК, 7 статей индексируются в базе Web of Science, 16 статей в базе Scopus. В

публикациях изложены все основные результаты диссертации. В диссертации **отсутствуют недостоверные сведения** об опубликованных соискателем учёной степени работах. Все выносимые на защиту результаты получены автором лично. Со стороны соавторов работ соискателя отсутствуют возражения касательно результатов, выносимых на защиту.

### **Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Victor E. Malyshkin, Vladislav A. Perepelkin. LuNA Fragmented Programming System, Main Functions and Peculiarities of Run-Time Subsystem // Parallel Computing Technologies, 11th International Conference, PaCT 2011, Proceedings. — LNCS 6873. — Springer, 2011. — С. 53–61.

В статье сформулированы основные принципы, на которых строится система LuNA и её входной язык. Изложены идеи основных алгоритмов, обеспечивающих работу системы. Показано, как система базируется на своей теоретической основе — теории структурного синтеза параллельных программ на вычислительных моделях. Сформулирована принципиальная схема реализации системы LuNA и принципиально описаны операторы языка LuNA. Рассмотрены проблемы повышения эффективности конструируемых программ.

В данной работе соискателю принадлежат следующие результаты: разработка языка LuNA, проектирование и разработка алгоритмов системы LuNA.

2. Victor E. Malyshkin, Vladislav A. Perepelkin. The PIC Implementation in LuNA System of Fragmented Programming // The Journal of Supercomputing, Special Issue on Parallel Computing Technologies. — Springer, 2014. — С. 89–97. — DOI 10.1007/s11227-014-1216-8.

В статье описывается реализация на базе системы LuNA большой и сложной численной задачи — моделирование эволюции самогравитирующего протопланетного пылевого диска методом частиц-в-ячейках, что показывает применимость системы для проведения крупномасштабных численных расчётов. Также в статье продемонстрирована работа одного из основных алгоритмов системы — алгоритма динамической балансировки нагрузки на узлы диффузионного типа с сохранением соседства данных.

В данной работе соискателю принадлежат следующие результаты: разработка LuNA-программы решения указанной задачи на базе существующего программного кода, разработка и реализация указанного алгоритма динамической балансировки нагрузки, экспериментальное исследование LuNA-программы.

3. Malyshkin V., Perepelkin V. Trace-Based Optimization of Fragmented

Programs Execution in LuNA System // Parallel Computing Technologies. PaCT 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12942. Springer, Cham, 2021. pp. 3-10. DOI: 10.1007/978-3-030-86359-3\_1.

В статье представлена техника повышения эффективности исполнения LuNA программ на основе трассировки (журналирования) и последующего воспроизведения трассы легковесной высокоэффективной исполнительной системой — проигрывателем трасс.

В данной работе соискателю принадлежат следующие результаты: разработка модели и формата хранения трассы, разработка и реализация алгоритма воспроизведения трасс, проведение экспериментального исследования.

4. Akhmed-Zaki, D., Lebedev, D., Malyshkin, V., Perepelkin, V. Automated construction of high performance distributed programs in LuNA system // 15th International Conference on Parallel Computing Technologies, PaCT 2019; Almaty; Kazakhstan. LNCS 11657. Springer, 2019. pp. 3-9. DOI: 10.1007/978-3-030-25636-4\_1.

В статье рассматривается проблема обеспечения высокой эффективности исполнения LuNA-программ. Предлагается подход к повышению эффективности за счёт комбинации декларативного и императивного подходов в промежуточном исполняемом представлении LuNA-программ на базе мультиагентной модели. Исследуется эффективность этого подхода на примере геофизической прикладной задачи.

В данной работе соискателю принадлежат следующие результаты: разработка внутреннего мультиагентного представления LuNA-программ, разработка и реализация системных алгоритмов трансляции и исполнения LuNA-программ на базе этого представления.

#### **На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

1. **Отзыв на автореферат** к.ф.-м.н. Алеевой Валентины Николаевны, доцента кафедры системного программирования ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет (НИУ)". **Отзыв положительный** и не содержит замечаний.

2. **Отзыв на автореферат** к.ф.-м.н., с.н.с. Скопина Игоря Николаевича, доцента кафедры программирования Механико-математического факультета ФГАОУ ВО "Новосибирского национального исследовательского государственного университета". **Отзыв положительный** и содержит следующие замечания:

1. Автор не посчитал нужным отразить в автореферате перспективы развития исследования. Эта информация была бы полезной для



- читателя не только для оценки работы, но и при применении полученных результатов.
2. Из автореферата не вполне ясно, какую задачу решает предложенный в работе алгоритм Rope of Beads.
  3. В диссертации следовало бы использовать понятие функционального терма, о котором, по сути, идёт речь, но оно даже не упоминается.
  4. Формулировка цели и актуальности темы не отражает то, что работа вносит вклад в сокращение разрыва между требованием эффективности вычислений и возможности их реализации на современном оборудовании.
  5. Для читателя не вполне ясно, что в автореферате понимается под термином свёртка.
  6. Предлагаемое представление алгоритма автор называет явно параллельным, хотя лучше было бы говорить о том, что параллелизм выражен явно.
  7. Некорректно называть российским автором хорошо известного советского и эстонского специалиста в области вычислительной математики и информатики Э.Х. Тыугу.
  8. Есть замечания к стилю и формулировкам. Например, на стр. 7 автореферата вместо «относительно узкоспециализированными» уместно было бы просто сказать «специализированными».

**3. Отзыв на автореферат** к.ф.-м.н., доцента Шилова Николая Вячеславовича, руководителя лабораторией программного обеспечения и сервисной инженерии АНО ВО "Университет Иннополис". **Отзыв положительный** и содержит следующие замечания:

1. В автореферате нигде не указаны ни авторство идеи фрагментированного программирования, ни история развития идеи до системы LUNA.
2. В автореферате нет ни определения что такое фрагментированное программирование, ни примера, поясняющего это понятия, ни описания формального синтаксиса языка системы LUNA, ни примеров кода.
3. В разделе «методология и методы исследования» сказано: «При разработке алгоритмов использовались результаты теории алгоритмов, в том числе методы разработки параллельных программ...» — Теория алгоритмов занимается проблемами разрешимости, а разработкой алгоритмов занимается анализ и дизайн алгоритмов.
4. Удивляет, что в разделе «Личный вклад соискателя» упомянуто, в частности, «обсуждение постановки задачи». По-видимому, автор хотел сказать нечто другое, например, «окончательная

формулировка задачи диссертации».

5. В представлении результатов второй главы диссертации в автореферате следовало явно указать, что в диссертации доказана теорема об универсальности (полноте по Тьюрингу) фрагментированной модели алгоритма.
6. В представлении экспериментальных результатов (содержание четвёртой главы диссертации) в автореферате нет никаких числовых характеристик эффективности системы LUNA, только качественные. Например: «Экспериментально исследована возможность автоматического повышения эффективности исполнения LUNA-программ на основе профилирования на модельной задаче умножения плотных матриц, где была достигнута производительность близкая к ручной реализации». Наверное, «производительность близкая к ручной реализации» имеет числовые характеристики?

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области системного и параллельного программирования и высокопроизводительных вычислений, наличием у них публикаций по соответствующим направлениям и способностью определить научную и прикладную ценность диссертационной работы.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** модель фрагментированного алгоритма, позволяющая описывать численные алгоритмы и конструировать по такому описанию параллельные программы для мультимикрокомпьютеров;

**предложены** язык LuNA и алгоритмы трансляции и исполнения программ на этом языке на мультимикрокомпьютерах;

**доказано** свойство универсальности (полноты по Тьюрингу) модели фрагментированного алгоритма;

**введены** понятия, определяющие фрагментированный алгоритм и его исполнение.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** применимость теории структурного синтеза параллельных программ на вычислительных моделях к задаче автоматического конструирования высокопроизводительных параллельных программ численного моделирования для класса сеточных и матрично-векторных вычислений;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы** теория структурного синтеза параллельных программ на

вычислительных моделях, результаты теории компиляции и методы разработки параллельных программ;

**изложена** архитектура системы автоматического конструирования параллельных программ LuNA;

**раскрыта** проблематика повышения эффективности конструируемых программ за счёт формулировки отдельных подзадач отображения вычислений и данных на ресурсы мультимпьютера во времени;

**изучены** у исполнительной системы LuNA и сконструированных программ нефункциональные характеристики, такие как время выполнения и эффективность распараллеливания;

**проведена модернизация** алгоритма Дейкстры-Шольтена обнаружения остановки распределённой системы, снижающая накладные расходы на его работу при реализации в распределённой системе.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработана и внедрена (указать степень внедрения)** в подготовку выпускных квалификационных работ бакалавров и магистров на кафедре параллельных вычислений ФИТ НГУ система LuNA;

**определены** перспективы практического применения системы LuNA в научных лабораториях — для автоматизации конструирования параллельных программ численного моделирования;

**создана** основа для практического исследования новых системных алгоритмов конструирования и исполнения параллельных программ на мультимпьютерах;

**представлены** предложения по дальнейшему развитию системы LuNA.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** показано, что полученные результаты согласуются с результатами теоретического анализа;

**теория** базируется на теории структурного синтеза параллельных программ на вычислительных моделях;

**идея базируется** на обобщении опыта ручной реализации параллельных программ численного моделирования;

**использован** опыт создания аналогичных систем мировым научным сообществом;

**установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами родственных работ других авторов, а также соответствие результатов экспериментов с теоретическими оценками;

**использованы** современные инструментальные средства и методы программирования для реализации системы LuNA.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

- разработке модели фрагментированного алгоритма;
- разработке языка LuNA описания фрагментированных алгоритмов;
- разработка алгоритмов трансляции и исполнения LuNA-программ
- реализация всех основных компонентов системы LuNA.

**В ходе защиты диссертации критических замечаний не поступило.**

Соискатель Перепёлкин В.А. **ответил** на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию.

На заседании **21 февраля 2023 г.** диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для развития методов автоматического конструирования параллельных программ **присудить** Перепёлкину В.А. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.3.5 — Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, участвующих в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 1.

И.о. председателя  
диссертационного совета 24.1.047.01  
доктор технических наук



Глинский Борис Михайлович

Учёный секретарь  
диссертационного совета 24.1.047.01  
доктор физико-математических наук

Сорокин Сергей Борисович

21 февраля 2023 г.