

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.224.04 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ» РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «17» декабря 2025 г. протокол № 8

О присуждении БАРАНОВУ АНТОНУ ВИКТОРОВИЧУ, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методы и средства управления вычислительными ресурсами в суперкомпьютерных системах коллективного пользования» по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», в виде рукописи принята к защите 10.09.2025 (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.1.224.04, созданным на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН) (Министерство науки и высшего образования Российской федерации; 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2; приказ Министерства образования и науки РФ от 14.02.2023 №218/нк).

Соискатель Баранов Антон Викторович, 19 мая 1972 года рождения, гражданин Российской Федерации. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук защитил в 2000 г. в диссертационном совете, созданном на базе Академии Федеральной службы безопасности Российской Федерации. В настоящее время работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» в должности начальника отдела распределенных вычислений и информационных ресурсов Отделения суперкомпьютерных систем и параллельных вычислений.

Диссертация выполнена в отделении суперкомпьютерных систем и параллельных вычислений Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Официальные оппоненты:

1. Марченко Михаил Александрович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор РАН, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук;

2. Топорков Виктор Васильевич, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»;

3. Фельдман Владимир Марткович, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Акционерного общества «МЦСТ»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество «Институт точной механики и вычислительной техники имени С.А. Лебедева Российской академии наук» (АО «ИТМиВТ», г. Москва) в своем положительном заключении, подписанном А.Ф. Ронжиным, доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником группы анализа перспективных направлений исследований центра инженерного анализа и специальных разработок АО «ИТМиВТ» и утвержденном А.В. Князовым, генеральным директором АО «ИТМиВТ», указала, что диссертация Баранова Антона Викторовича обладает внутренним единством, представляет собой завершенное исследование на актуальную тему и является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных соискателем исследований предложены новые научно обоснованные архитектурные, технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие научных суперкомпьютерных центров коллективного пользования, как неотъемлемой части исследовательской инфраструктуры Российской Федерации. В заключении ведущей организации указано, что диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям по специальности 2.3.5, а ее автор, Баранов Антон Викторович, заслуживает присуждения искомой ученой степени доктора технических наук по этой специальности.

Соискатель имеет 45 опубликованных работ по теме диссертации, из них 27 работ опубликовано в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК (4 – в изданиях К1, 20 – в изданиях, входящих в индекс RSCI, 15 – в изданиях, индексируемых в международных базах научных изданий Web of Science и Scopus), получено 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Авторский вклад в полной мере определяет научную ценность всех публикаций. Сведения, представленные соискателем в опубликованных работах, являются достоверными. В опубликованных работах достаточно полно изложены материалы исследования.

Из наиболее значимых публикаций стоит отметить:

1. Баранов А.В. Построение системы управления заданиями пользователей суперкомпьютера на основе иерархической модели // Программные продукты и системы, 2025, №2, с. 345-360. doi: 10.15827/0236-235X.150.345-360.

2. Baranov A.V. HPC Scheduling Method Based on Debug and Background Job Classes Division // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2024, vol. 45, no. 10, pp. 4899-4911. doi: 10.1134/S1995080224606118.

3. Baranov A., Aladyshev O., Bragin K. Job Mapping Cyclic Composite Algorithm for Supercomputer Resource Manager// Lecture Notes in Computer Science, vol. 15406, pp. 377–389, 2025. doi: 10.1007/978-3-031-78459-0_27.

4. Baranov A.V., Lyakhovets D.S., Konstantinov P.A. A Method for Combining Heterogeneous Workflows in HPC Systems // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2024, vol. 45, No. 10, pp. 5111-5125. doi: 10.1134/S1995080224606131.

5. Baranov A., Aladyshev O., Kiselev E. et al. XP-COM hybrid software package for parallelization by data // Communications in Computer and Information Science, 2020, vol. 1263, pp. 3-15. doi: 10.1007/978-3-030-55326-5_1.

6. Баранов А.В., Киселев Е.А. Облачные сервисы для научных высокопроизводительных вычислений на базе платформы Proxmox // Вычислительные технологии, 2019, Т.24, №6, с. 5-12. doi: 10.25743/ICT.2019.24.6.002.

7. Баранов А.В., Николаев Д.С. Использование контейнерной виртуализации в организации высокопроизводительных вычислений // Программные системы: теория и приложения, 2016, Т.7, №1(28), с. 117-134. doi: 10.25209/2079-3316-2016-7-1-117-134.

8. Baranov A., Kiselev E., Chernyaev D. Experimental comparison of performance and fault tolerance of software packages pyramid, X-COM, and BOINC // Communications in Computer and Information Science, 2016, vol. 687, pp. 279-290. doi: 10.1007/978-3-319-55669-7_22.

9. Savin G.I., Shabanov B.M., Telegin P.N., Baranov A.V. Joint Supercomputer Center of the Russian Academy of Sciences: Present and Future // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2019, vol. 40, pp. 1853-1862. DOI: 10.1134/S1995080219110271.

На автореферат дали положительные и не содержащие замечаний отзывы:

1. Симонов Алексей Сергеевич, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, директор программ по развитию ПАК Акционерного общества «Научно-производственное объединение «Критические информационные системы»;

2. Головин Сергей Анатольевич, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой математического обеспечения и стандартизации информационных технологий Института информационных технологий РТУ-МИРЭА;

3. Сизых Вадим Витальевич, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, доцент, заместитель генерального директора Акционерного общества «Синтелс» по научной работе;

4. Солодов Александр Александрович, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Искусственного интеллекта, прикладной математики и программирования Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина.

Выбор официальных оппонентов обосновывается следующими обстоятельствами:

– д.ф.-м.н. М.А. Марченко является крупным специалистом в области оптимизации высокопроизводительных вычислений и организации работы суперкомпьютерных центров коллективного пользования;

– д.т.н. В.В. Топорков является крупным специалистом в области разработки и развития методов, алгоритмов и средств планирования заданий в высокопроизводительных вычислительных системах;

– д.т.н. В.М. Фельдман является крупным специалистом в области создания высокопроизводительных средств вычислительной техники и их применения.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что АО «ИТМиВТ» активно занимается проблематикой по теме диссертационной работы А.В. Баранова, что подтверждается приоритетными направлениями работ и публикациями сотрудников.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработан** новый метод планирования, совмещающий обработку классов ординарных, отладочных и фоновых заданий и позволяющий снизить средний коэффициент замедления для отладочных и фоновых заданий при сохранении высокой загрузки вычислительных ресурсов;

– **предложен** метод постпланирования, совмещающий поток заданий с фиксированными параметрами и поток адаптивных заданий, **повышающий загрузку** суперкомпьютерных систем и минимизирующий коэффициент замедления адаптивных заданий;

– **разработаны** двухэтапный метод и алгоритмы отображения параллельной программы на вычислительные узлы суперкомпьютера, позволяющие ускорить высокопроизводительные расчеты, которые **повышают** точность и быстродействие поиска отображения по сравнению с известными методами и алгоритмами;

– **разработан** метод иерархического деления данных, позволяющий организовать параллельные вычисления с распараллеливанием по данным с меньшими накладными расходами на распараллеливание по сравнению с известными решениями;

– **создана** система управления прохождением параллельных заданий, составившая основу информационно-вычислительной среды (цифровой экосистемы) проведения высокопроизводительных научных расчетов в суперкомпьютерных центрах коллективного пользования и обеспечивающая качество решения задач управления вычислительными ресурсами, соответствующее мировому уровню.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **разработаны** новые методы планирования, совмещающие обработку классов ординарных, отладочных, фоновых и адаптивных заданий, в том числе представленных в виде виртуальных машин и контейнеров;

– **разработан** новый двухэтапный метод отображения параллельной программы на вычислительные узлы суперкомпьютера: на первом этапе производится выделение вычислительных узлов для параллельной программы и тем самым сокращается размер задачи отображения, на втором этапе выделенные узлы используются для выполнения параллельного алгоритма поиска отображения;

– **разработан** новый эвристический алгоритм выделения вычислительных узлов для задания, основанный на разрезании графа свободных вычислительных

узлов на два минимально связанных друг с другом подграфа при помощи имитации отжига;

– **разработан** новый параллельный алгоритм поиска отображения программного графа на граф вычислительных узлов с использованием циклической смены фаз имитации отжига и генетического отбора;

– **разработан** новый метод иерархического деления данных для организации параллельных вычислений с распараллеливанием по данным, за счет разделения входного пула данных на наборы упорядоченных элементарных вычислительных работ обеспечивающий компактное представление состояния вычислений и низкие накладные расходы на распараллеливание;

– **разработана** новая архитектура системы управления заданиями пользователей, основанная на иерархической модели управления вычислительными ресурсами суперкомпьютерной системы коллективного пользования.

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

– на основе предложенных в диссертации архитектурных, технических и технологических решений **созданы** программные продукты: Система управления прохождением параллельных заданий (СУППЗ) и программный комплекс организации параллельных вычислений с распараллеливанием по данным «Пирамида»;

– СУППЗ успешно **применяется** в ведущих российских суперкомпьютерах МВС-1000, МВС-1000/16, МВС-1000/32, МВС-1000М, МВС-15000ВМ, МВС-6000ІМ, МВС-100К, МВС-10П, МВС-Экспресс, К-100, К-60, установленных в 1999-2024 гг. в центрах коллективного пользования Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН – НИЦ «Курчатовский институт», ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, услугами СУППЗ в указанных центрах воспользовались более 1240 пользователей-исследователей из 135 организаций, выполнивших свыше 3,7 млн. заданий при реализации более чем 530 научных проектов;

– на основе СУППЗ **сформирована** цифровая экосистема в виде информационно-вычислительной среды суперкомпьютерного центра коллективного пользования, доступная практически для всех российских ученых и обеспечивающая возможность проведения научных исследований с применением высокопроизводительных вычислений;

– результаты диссертации **внедрены** в практическую деятельность Федерального научного центра Научно-исследовательский институт системных исследований НИЦ «Курчатовский институт», Федерального исследовательского центра Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук, Научно-исследовательского института «Квант», Института математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук, а также использованы для проведения высокопроизводительных расчетов в практике Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук и Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, что подтверждено соответствующими актами о внедрении.

Достоверность результатов исследования подтверждается их широкой апробацией на международных и национальных научных конференциях, данными сравнительных экспериментов, в том числе с привлечением имитационного моделирования, а также успешными испытаниями созданного программного обеспечения, реализующего разработанные методы и алгоритмы.

Основные результаты, представленные в диссертационной работе, получены соискателем лично. В опубликованных совместных работах личный вклад соискателя состоит в:

– предложении архитектурных и технических решений по построению и развитию системы управления прохождением параллельных заданий и методики проведения сравнительного анализа с ведущими системами управления заданиями;

– разработке двухэтапного метода и эвристических параллельных алгоритмов поиска отображения программного графа на граф вычислительных узлов суперкомпьютера;

– предложении двухуровневой архитектуры управления вычислительными ресурсами в территориально распределенной сети суперкомпьютерных центров

«17» декабря 2025 г.

