

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ СИСТЕМ И ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ
имени В.М. МАТРОСОВА
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИДСТУ СО РАН)



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИДСТУ СО РАН

И.В. Бычков

«07» декабря 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова
Сибирского отделения Российской академии наук
на диссертацию Феокистова Александра Геннадьевича
«Организация предметно-ориентированных распределенных вычислений в гетерогенной
среде на основе мультиагентного управления заданиями»**

Диссертация «Организация предметно-ориентированных распределенных вычислений в гетерогенной среде на основе мультиагентного управления заданиями» выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН). В период подготовки диссертации соискатель **Феокистов Александр Геннадьевич** работал в ИДСТУ СО РАН в должностях старшего и ведущего научного сотрудника, а также заведующего лабораторией 5.1 Параллельных и распределенных вычислительных систем. В 1987 г. Феокистов А.Г. окончил Иркутский государственный университет, специальность – «прикладная математика». В 2000 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» (технические науки) в диссертационном совете Д 003.021.01 при ИДСТУ СО РАН, что подтверждается дипломом кандидата наук, регистрационный номер КТ № 038856, выданным 09.02.2001 ВАК РФ. В 2003 г. получил ученое звание доцента по специальности 05.13.11.

Научный консультант – академик, доктор технических наук Бычков Игорь Вячеславович, директор ИДСТУ СО РАН.

Диссертация Феокистова А.Г. посвящена разработке технологии предметно-ориентированных распределенных вычислений, позволяющей согласовать критерии качества решения задачи и предпочтения владельцев ресурсов и улучшить показатели этих критериев и предпочтений по сравнению с известными метапланировщиками за счет использования мультиагентных технологий управления заданиями и привлечения дополнительных знаний в процессе планирования вычислений и распределения ресурсов.

Актуальность темы диссертации.

Тенденция развития современных гетерогенных распределенных вычислительных сред (ГРВС), таких как грид-системы или облачные инфраструктуры, заключается в стремительном росте их масштаба и суммарной производительности, которые зачастую достигаются путем

увеличения числа их элементов. В связи с этим одним из ключевых свойств современных научных приложений, таких как распределенные пакеты прикладных программ (РПП) и системы, основанные на применении научного рабочего процесса (англ., workflow), является их масштабируемость (обеспечение роста ускорения вычислений в процессе решения задачи при увеличении числа узлов и поддержка близкой к единице эффективности использования ресурсов – отношения ускорения к числу узлов). В качестве связующего программного обеспечения (ПО) зачастую используются различные метапланировщики, обеспечивающие взаимодействие между вычислительными подсистемами инструментальных комплексов и вышеупомянутыми системами управления в узлах среды. Конечные пользователи приложений, запускающие задания по решению своих задач в ГРВС, являются, как правило, специалистами в разных предметных областях. Они имеют свои субъективные требования к выполнению приложений и эксплуатации общих ресурсов среды. В роли пользовательских критериев качества решения задачи в диссертации рассматриваются общее время и стоимость решения задач, а также ускорение вычислений. Наличие большого числа пользователей ГРВС и разнообразие спектра решаемых ими задач обуславливают необходимость предоставления им разных уровней обслуживания в зависимости от заданных критериев качества решения задачи, учитывая в то же время предпочтения владельцев ресурсов среды. В рамках диссертации к таким предпочтениям относятся эффективность их использования, средняя загрузка, а также степень ее балансировки, оцениваемая среднеквадратическим отклонением.

Обеспечение требуемых уровней обслуживания в ГРВС невозможно без комплексного решения ряда проблем: гибкого администрирования процесса обслуживания заданий; учета специфики предметных областей задач пользователей; устранения различного рода неопределенностей, возникающих при планировании вычислений и распределении ресурсов из-за полного или частичного отсутствия информации о характеристиках и свойствах вычислительных процессов; обеспечения масштабируемости вычислений в разнородной среде и др. Решение этих проблем с помощью широко используемых сегодня вышеперечисленных систем управления неосуществимо в полной мере, так как они изначально создавались для других целей. Их информационно-управляющие модели, как правило, не совместимы с моделями, описывающими предметные области приложений. Поэтому активно развиваются подходы к решению проблем обеспечения удовлетворительного уровня обслуживания в гетерогенной вычислительной среде, базирующиеся на интеллектуализации методов и средств управления с помощью мультиагентных технологий. Успешные практические решения в области мультиагентного управления распределенными вычислениями в гетерогенных средах известны, однако многие мультиагентные системы создаются с ориентацией на специальные программно-аппаратные инфраструктуры и не могут в полной мере поддерживать требуемое функционирование в средах с иными характеристиками.

Научную новизну и значимость диссертации представляют следующие результаты исследования, расширяющие существующий базис теории и практики распределенных вычислений:

1) разработана агрегированная модель ГРВС, которая в сравнении с подобными моделями обеспечивает взаимосвязанное представление алгоритмических знаний предметных областей решаемых задач, а также знаний о программно-аппаратной инфраструктуре среды и административных политиках использования ее ресурсов;

2) предложены модели и алгоритмы определения показателей качества решения задач в ГРВС, базирующиеся на применении предложенной агрегированной модели среды и набора специализированных методов прогнозирования времени выполнения заданий;

3) создана система классификации заданий, позволяющая в отличие от известных систем подобного назначения привлечь дополнительные экспертные знания администраторов узлов ГРВС для детализации спецификаций вычислительных процессов решения пользовательских задач относительно особенностей ресурсов среды с целью снижения неопределенности в распределении заданий по узлам;

4) предложен мультиагентный алгоритм планирования вычислений и распределения ресурсов, характерными особенностями которого являются применение экономических механизмов регулирования спроса и предложения этих ресурсов, а также возможность его адаптации к различным моделям сочетания критериев качества решения задач и предпочтений владельцев ресурсов на основе методов дискретного многокритериального выбора;

5) разработан пакетный подход к организации предметно-ориентированных вычислений, базирующийся на построении РППП, среда функционирования которых в отличие от других подобных сред может включать ресурсы НРС-кластеров, грид-систем, облачных инфраструктур и других программно-аппаратных компонентов, а также обеспечивать их интегрированное использование для решения крупномасштабных задач;

б) создана технология предметно-ориентированных распределенных вычислений в ГРВС, интегрирующая вышеупомянутые модели, алгоритмы, систему классификации заданий и пакетный подход, специализированные инструментальные средства создания и применения РППП, а также программно-аппаратные ресурсы среды в рамках единой технологической цепочки решения крупномасштабных задач.

Практическая значимость результатов проведенного исследования. Применение вышеперечисленных результатов диссертационных исследований позволяет обеспечить управление заданиями в предметно-ориентированной ГРВС на основе согласования заданных критериев качества решения задач и предпочтений владельцев ресурсов. Под руководством автора разработаны следующие программные комплексы и вычислительные среды:

- инструментальный комплекс DISCENT для организации распределенных вычислительных сред;
- инструментальные комплексы DISCOMP и Orlando Tools, применяющиеся в качестве сред параллельного программирования Центра коллективного пользования Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН;
- инструментальный комплекс SIRIUS III для автоматизации имитационного моделирования систем массового обслуживания;
- экспериментальная Грид ИДСТУ СО РАН;
- учебная информационно-вычислительная среда Международного института экономики и лингвистики (МИЭЛ) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО ИГУ);
- предметно-ориентированная среда для исследования живучести энергетических инфраструктур.

Созданное программное обеспечение зарегистрировано в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, свидетельства № 2007611625, № 2007613651, № 2007611624, № 2008615180, № 2009610133, № 2009614044, № 2009614676, № 2009610134, № 2009614675, № 2009610675, № 2010615499, № 2011617591, № 2011617593, № 2012660347, № 2017663706, № 2017616449, № 2018619931, № 2018616531 и № 2021662946.

Практическая значимость результатов диссертации подтверждена:

- внедрением результатов диссертационного исследования Феокистова Александра Геннадьевича «Организация предметно-ориентированных распределенных вычислений в гетерогенной среде на основе мультиагентного управления заданиями» в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭМ СО РАН) и Обществе с ограниченной ответственностью (ООО) «Катанна»;
- внедрением программ для ЭВМ в эксплуатацию в ООО «Терминал комплекс»;
- использованием результатов интеллектуальной деятельности для автоматизации проведения научных исследований в рамках НИР ФГБОУ ВО ИГУ.

Отдельные результаты диссертационного исследования получены в рамках следующих научно-технических работ:

- гранта № 075-15-2020-787 Министерства науки и высшего образования РФ на выполнение крупного научного проекта по приоритетным направлениям научно-технологического развития (проект «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории»);

- проектов РФФИ № 01-07-90220-в «Разработка инструментальной среды для создания и поддержки функционирования распределенных пакетов знаний в сети Интернет», № 10-07-00146-а «Средства создания и поддержки проблемно-ориентированных распределенных систем, основанных на знаниях», № 15-29-07955-офи_м «Разработка методов, алгоритмов и инструментальных средств планирования выполнения масштабируемых приложений в разнородной кластерной Grid», № 16-07-00931-а «Методология и инструментальные средства разработки и применения проблемно-ориентированных мультиагентных систем управления масштабируемыми вычислениями в разнородной распределенной вычислительной среде» и № 19-07-00097-а «Фундаментальные проблемы непрерывной интеграции функционального наполнения распределенных пакетов прикладных программ на основе инженерии знаний»;

- регионального проекта РФФИ и Правительства Иркутской области № 20-47-380002 р_а «Математическое и информационное моделирование инфраструктурных объектов Байкальской природной территории»;

- проектов фундаментальных исследований Президиума РАН № 21.6 «Разработка фундаментальных основ создания научной распределенной информационно-вычислительной среды на основе технологий GRID» (2004 г.), № 13.3 «Концептуальные основы и программные средства разработки проблемно-ориентированных распределенных вычислительных сред» (2009-2011 гг.) и № 14.1 «Модели, методы и инструментальные средства для испытания и оценки надежности функционирования проблемно-ориентированных распределенных вычислительных сред» (2012-2014 гг.), проект «Разработка новых подходов к созданию и исследованию моделей сложных информационно-вычислительных и динамических систем с приложениями» программы 1.33П (2016 и 2017 гг.), проект «Фундаментальные проблемы решения сложных практических задач с помощью суперкомпьютеров» программы № 27 (2018 г.), проект «Методы, алгоритмы и инструментальные средства децентрализованного группового решения задач в вычислительных и управляющих системах» программы № 30 (2018 г.);

- НИР № 111-09-103 «Создание и внедрение в учебный процесс вычислительного кластера международного факультета» (2008-2010 гг.) и № 111-15-701 «Разработка и внедрение комплексов автоматизированного анализа и систематизации научных данных» (2017-2019 гг.) ФГБОУ ВО ИГУ.

Достоверность и обоснованность полученных в диссертации результатов подтверждается

- корректным применением классических методов исследования;
- анализом адекватности разработанных моделей и алгоритмов на основе имитационного и полунатурного моделирования;
- в процессе решения практических задач.

Полнота изложения результатов диссертации в печатных работах, опубликованных соискателем, подтверждается следующим перечнем основных работ:

Статьи в журналах из списка рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата и доктора наук:

1. Феоктистов, А.Г. Поддержка управления живучестью систем энергетики на основе комбинаторного подхода / И.В. Бычков, С.А. Горский, А.В. Еделев, Р.О. Костромин, И.А. Сидоров, А.Г. Феоктистов, Е.С. Фереферов, Р.К. Федоров // Известия РАН. Теория и системы управления. — 2021. — № 6. — С. 122–135.

2. Феоктистов, А.Г. Непрерывная интеграция функционального наполнения распределенных пакетов прикладных программ в Orlando Tools / А.Г. Феоктистов, С.А. Горский, И.А. Сидоров, Р.О. Костромин, Е.С. Фереферов, И.В. Бычков // Тр. Института системного программирования РАН. — 2019. — Т. 31, № 2. — С. 83–96.

3. Феоктистов, А.Г. Управление заданиями в гетерогенной распределенной вычислительной среде на основе знаний / А.Г. Феоктистов, Р.О. Костромин, Ю.А. Дядькин // Вестник компьютерных и информ. технологий. — 2018. — № 2. — С. 10–17.

4. Феоктистов, А.Г. Масштабируемое приложение для поиска глобальных минимумов многоэкстремальных функций / И.В. Бычков, Г.А. Опарин, А.Н. Черных, А.Г. Феоктистов, С.А. Горский, Р. Ривера-Родригес // Автометрия. — 2018. — Т. 54, № 1. — С. 98–105.

5. Феоктистов, А.Г. Распределенная вычислительная среда для анализа уязвимости критических инфраструктур в энергетике / А.В. Еделев, С.М. Сендеров, Н.М. Береснева, И.А. Сидоров, А.Г. Феоктистов // Системы управления, связи и безопасности. — 2018. — № 3. — С. 197–231.

6. Feoktistov, A. Virtualization of Heterogeneous HPC-clusters Based on OpenStack Platform / A. Feoktistov, I. Sidorov, V. Sergeev, R. Kostromin, V. Bogdanova // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер. Вычисл. математика и информатика. — 2017. — Т. 6, № 2. — С. 37–48.

7. Феоктистов, А.Г. Логико-вероятностные аспекты алгоритма управления распределенными вычислениями / А.Г. Феоктистов // Вычисл. технологии. — 2016. — Т. 21, № 3. — С. 91–102.

8. Феоктистов, А.Г. Мультиагентное управление вычислительной системой на основе метамониторинга и имитационного моделирования / И.В. Бычков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов, И.А. Сидоров, В.Г. Богданова, С.А. Горский // Автометрия. — 2016. — Т. 52, № 2. — С. 3–9.

9. Феоктистов, А.Г. Язык спецификации вычислительных моделей в масштабируемых пакетах прикладных программ / А.Г. Феоктистов, С.А. Горский // Современные наукоемкие технологии. — 2016. — № 7. — С. 84–88.

10. Феоктистов, А.Г. Мультиагентный подход к управлению сервис-ориентированными высокопроизводительными вычислениями / И.В. Бычков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов, В.Г. Богданова, И.А. Сидоров, А.А. Пашинин // Вестник компьютерных и информ. технологий. — 2016. — № 9. — С. 35–41.

11. Феоктистов, А.Г. Разработка и применение проблемно-ориентированных мультиагентных систем управления распределенными вычислениями / А.Г. Феоктистов, Р.О. Костромин // Известия ЮФУ. Техн. науки. — 2016. — № 11. — С. 65–74.

12. Феоктистов, А.Г. Сервис-ориентированный мультиагентный подход к управлению распределенными вычислениями / И.В. Бычков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов, В.Г. Богданова, А.А. Пашинин // Автоматика и телемеханика. — 2015. — № 11. — С. 118–131.

13. Феоктистов, А.Г. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем в распределенной вычислительной среде / А.Г. Феоктистов, О.Ю. Башарина // Программные продукты и системы. — 2015. — № 3. — С. 75–79.

14. Феоктистов, А.Г. Мультиагентный подход к управлению распределенными вычислениями в кластерной Grid-системе / В.Г. Богданова, И.В. Бычков, А.С. Корсуков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов // Известия РАН. Теория и системы управления. — 2014. — № 5. — С. 95–105.

15. Феоктистов, А.Г. Мультиагентный алгоритм распределения вычислительных ресурсов на основе экономического механизма регулирования их спроса и предложения / И.В. Бычков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов, А.Н. Кантер // Вестник компьютерных и информ. технологий. — 2014. — № 1. — С. 39–45.

16. Феоктистов, А.Г. Сервис-ориентированный подход к организации распределенных вычислений с помощью инструментального комплекса DISCENT / И.В. Бычков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов, В.Г. Богданова, А.С. Корсуков // Информ. технологии и вычисл. системы. — 2014. — № 2. — С. 7–15.

17. Феоктистов, А.Г. Мультиагентные методы и инструментальные средства управления в сервис-ориентированной распределенной вычислительной среде / И.В. Бычков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов, В.Г. Богданова, А.А. Пашинин // Тр. Института системного программирования РАН. — 2014. — Т. 26, вып. 5. — С. 65–82.

18. Феоктистов, А.Г. Испытание и оценка надежности интегрированных кластерных систем на основе их комплексного моделирования / И.В. Бычков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов, А.С. Корсуков // Вестник компьютерных и информ. технологий. — 2013. — № 3. — С. 3–8.

19. Феоктистов, А.Г. Распределение заданий в интегрированной кластерной системе на основе их классификации / И.В. Бычков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов, А.С. Корсуков // Вычисл. технологии. — 2013. — Т. 18, № 2. — С. 25–32.

20. Феоктистов, А.Г. Децентрализованное управление потоками заданий в интегрированной кластерной системе / И.В. Бычков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов, А.С. Корсуков // Вестник Новосибирского гос. ун-та. Сер. Информ. технологии. — 2011. — Т. 9, вып. 2. — С. 42–54.

21. Феоктистов, А.Г. Инструментальный комплекс для организации гетерогенных распределенных вычислительных сред / И.В. Бычков, А.С. Корсуков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов // Информ. технологии и вычисл. системы. — 2010. — № 1. — С. 45–54.

22. Феоктистов, А.Г. Разработка и применение распределенных пакетов прикладных программ / И.А. Сидоров, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов // Программные продукты и системы. — 2010. — № 2. — С. 108–111.

Публикации в изданиях, входящих в базы цитирования Web of Science и Scopus:

23. Feoktistov, A. Microservice-Based Approach to Simulating Environmentally-Friendly Equipment of Infrastructure Objects Taking into Account Meteorological Data / R. Kostromin, O. Basharina, A. Feoktistov, I. Sidorov // Atmosphere. — 2021. — Vol. 12, № 9: 1217. — P. 1–24.

24. Feoktistov, A. Collaborative Development and Use of Scientific Applications in Orlando Tools: Integration, Delivery, and Deployment / A. Feoktistov, S. Gorsky, I. Sidorov, I. Bychkov, A. Tchernykh, A. Edelev // Communications in Computer and Information Science. — 2020. — Vol. 1087. — P. 18–32.

25. Feoktistov, A. Orlando Tools: Development, Training, and Use of Scalable Applications in Heterogeneous Distributed Computing Environments / A. Tchernykh, A. Feoktistov, S. Gorsky, I. Sidorov, R. Kostromin, I. Bychkov, O. Basharina, A. Alexandrov, R. Rivera-Rodriguez // Communications in Computer and Information Science. — 2019. — Vol. 979. — P. 265–279.

26. Feoktistov, A. Multi-Agent Algorithm for Re-Allocating Grid-Resources and Improving Fault-Tolerance of Problem-Solving Processes / A. Feoktistov, R. Kostromin, I. Sidorov, S. Gorsky, G. Oparin // Procedia Computer Science. — 2019. — Vol. 150. — P. 171–178.

27. Feoktistov, A. Configurable cost-quality optimization of cloud-based VoIP / A. Tchernykh, J.M. Cortés-Mendoza, I. Bychkov, A. Feoktistov, L. Didelot, P. Bouvry, G. Radchenko, K. Borodulin // J. of Parallel and Distributed Computing. — 2018. — Vol. 133. — P. 319–336.

28. Feoktistov, A. Operating cost and quality of service optimization for multi-vehicle-type timetabling for urban bus systems / D. Pena, A. Tchernykh, S. Nasmachnow, R. Massobrio, A. Feoktistov, I. Bychkov, G. Radchenko, A. Drozdov, S. Garichev // J. of Parallel and Distributed Computing. — 2018. — Vol. 133. — P. 272–285.

29. Feoktistov, A.G. Distributed Computing Environment for Vulnerability Analysis of Energy Critical Infrastructures / A.V. Edelev, I.A. Sidorov, A.G. Feoktistov // Advances in Intelligent Systems Research. — 2018. — Vol. 158. — P. 37–42.

30. Feoktistov, A.G. Conceptual Model of Problem-Oriented Heterogeneous Distributed Computing Environment with Multi-Agent Management / I.V. Bychkov, G.A. Oparin, A.N. Tchernykh, A.G. Feoktistov, V.G. Bogdanova, S.A. Gorsky // Procedia Computer Science. — 2017. — Vol. 103. — P. 162–167.

31. Feoktistov, A. Simulation Modeling in Heterogeneous Distributed Computing Environments to Support Decisions Making in Warehouse Logistics / I. Bychkov, G. Oparin, A.

Tchernykh, A. Feoktistov, V. Bogdanova, Yu. Dyadkin, V. Andrukhova, O. Basharina // *Procedia Engineering*. — 2017. — Vol. 201. — P. 524–533.

32. Feoktistov, A. Job Flow Management for Virtualized Resources of Heterogeneous Distributed Computing Environment / I. Bychkov, A. Feoktistov, I. Sidorov, R. Kostromin // *Procedia Engineering*. — 2017. — Vol. 201. — P. 534–542.

33. Feoktistov, A. Automation of Multi-Agent Control for Complex Dynamic Systems in Heterogeneous Computational Network / G. Oparin, A. Feoktistov, V. Bogdanova, I. Sidorov // *AIP Conference Proceedings*. — 2017. — Vol. 1798. — P. 0201171–02011710.

34. Feoktistov, A.G. The Service-Oriented Multiagent Approach to High-Performance Scientific Computing / I.V. Bychkov, G.A. Oparin, A.G. Feoktistov, V.G. Bogdanova, I.A. Sidorov // *Lecture Notes in Computer Science*. — 2017. — Vol. 10187. — P. 256–263.

Личный вклад автора. Все выносимые на защиту научные результаты получены соискателем лично. Из совместных работ в диссертацию включены только те результаты, которые принадлежат непосредственно автору. В основных научных работах по теме диссертации, опубликованных в соавторстве, лично соискателем получены следующие результаты: разработана агрегированная модель ГРВС [7-9, 11, 18-20, 26, 30], предложены модели и алгоритмы определения показателей качества решения задач в ГРВС [7, 20, 26-28], разработана система классификации заданий [3, 6, 12, 15, 19], предложен мультиагентный алгоритм управления заданиями [3, 6, 8, 10-12, 14, 15, 17, 23, 26, 32-34], разработан пакетный подход к организации предметно-ориентированных вычислений [1, 2, 5, 6, 22-25, 29] и предложена технология предметно-ориентированных распределенных вычислений в ГРВС [1-3, 5, 8, 10, 13, 14, 16-18, 21, 23-25, 29, 31]. Вклад соискателя в ПО, зарегистрированное в соавторстве, состоит в формализации постановок задач, участии в разработке архитектуры программных комплексов, программировании имитационных моделей, разработке алгоритмов построения агрегированной модели, определения критериев качества решения задач, классификации заданий и мультиагентного управления ими.

Апробация научных работ соискателя подтверждена участием в следующих научных мероприятиях: 4th ACM International Conference on Future Networks and Distributed Systems (Санкт-Петербург, 2020 г.); 6th Latin America High Performance Computing Conference (Турриальба, Коста-Рика, 2019 г.); 1st and 2nd International Workshops on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (Иркутск, 2019 и 2020 гг.); V Международной конференции «Информационные и нанотехнологии» (Самара, 2019 г.); 5th Latin American Conference on High Performance Computing (Букараманга, Колумбия, 2018 г.); Международных конференций «Суперкомпьютерные дни в России» (Москва, 2018 и 2019 гг.); научной конференции «Фундаментальные проблемы организации распределенных облачных вычислений при решении крупномасштабных научных задач» (Дивноморское, 2018 г.); IV и V Всероссийских научно-технических конференциях «Суперкомпьютерные технологии» (Дивноморское, 2016 и 2018 гг.); Международной конференции «Информационные технологии в науке, образовании и управлении» (Гурзуф, 2017 г.); научно-технической конференции «Управление в распределенных и сетевых системах» в рамках X и XI Всероссийских Мультиконференций по проблемам управления (Дивноморское, 2017 и 2019 гг.); XVIII Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (Иркутск, 2017 г.); Международной конференции «Вычислительная и прикладная математика» в рамках «Марчуковских чтений» (Новосибирск, 2017 г.); XI Международной научной конференции «Параллельные вычислительные технологии» (Казань, 2017 г., Калининград, 2019 г.); 41th International Convention on «Information and communication technology, electronics and microelectronics» (Риека, Хорватия, 2016 г.), 12th International Symposium on Intelligent Systems (Москва, 2016 г.); III Российско-монгольской конференции молодых ученых по математическому моделированию, вычислительно-информационным технологиям и управлению (Иркутск, 2015 г.) и XV

Байкальской всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (Иркутск, 2010 г.).

Основные результаты диссертации и ее отдельные положения, а также результаты конкретных прикладных исследований и разработок обсуждались на научных семинарах ИДСТУ СО РАН.

Соответствие паспорту специальности. В соответствии с паспортом специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, диссертационная работа Феокистова А.Г. охватывает решение задач организации эффективного взаимодействия программ и программных систем, включая разработку моделей и алгоритмов организации мультиагентного управления предметно-ориентированными распределенными вычислениями в ГРВС, с целью согласования критериев качества решения задач и предпочтений владельцев ресурсов, а также улучшения показателей этих критериев и предпочтений по сравнению с известными метапланировщиками.

Тема и основные результаты диссертации соответствуют пунктам 3, 8 области исследований паспорта специальности 05.13.11:

- модели, методы, алгоритмы, языки и программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем;
- модели и методы создания программ и программных систем для параллельной и распределенной обработки данных, языки и инструментальные средства параллельного программирования.

Диссертационное исследование Феокистова А.Г. является завершенной, самостоятельной научно-исследовательской работой, подводящей итог многолетним и плодотворным исследованиям соискателя. Полученные в диссертации результаты можно квалифицировать как *новое крупное научное достижение* в области организации предметно-ориентированных распределенных вычислений. Диссертация соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, не содержит заимствованного материала без ссылок на автора и (или) источник заимствования.

Диссертационная работа Феокистова А.Г. «Организация предметно-ориентированных распределенных вычислений в гетерогенной среде на основе мультиагентного управления заданиями» рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Обсуждение диссертации проведено на заседании Объединенного семинара ИДСТУ СО РАН (протокол № 2 от 02 декабря 2021 г.).

Заключение принято на заседании Ученого совета ИДСТУ СО РАН. На заседании присутствовало 22 чел. Результаты голосования: «за» – 22 чел., «против» – 0, «воздержались» – 0 (протокол № 9 от 07 декабря 2021 г.).

Председатель Ученого совета,
директор ИДСТУ СО РАН,
академик

И.В. Бычков