

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)



И.В. Бычков

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова
Сибирского отделения Российской академии наук

Диссертация «Технология разработки и применения сервис-ориентированных приложений в контейнеризированной вычислительной среде» 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 **Воскобойников Михаил Леонтьевич** работал в ИДСТУ СО РАН в должности младшего научного сотрудника лаборатории 5.1. Параллельных и распределенных вычислительных систем. В 2014 г. Воскобойников М.Л. окончил с отличием Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», специальность – «230102 Автоматизированные системы обработки информации и управления».

Сведения о сданных кандидатских экзаменах подтверждаются приложением к диплому об окончании аспирантуры № 103824 3465186 от 31.08.2020, регистрационный номер АИ-0005, выданным Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Феоктистов Александр Геннадьевич, главный научный сотрудник ИДСТУ СО РАН.

Диссертация Воскобойникова М.Л. посвящена разработке модели, алгоритмов и инструментальных средств создания и применения сервис-ориентированных приложений в предметно-ориентированной вычислительной среде, обеспечивающих улучшения базовых критериев пользователей и владельцев ресурсов при подготовке и проведении вычислительных экспериментов.

Актуальность темы диссертации.

В настоящее время решение фундаментальных и прикладных задач зачастую осуществляется с помощью распределенных научных приложений, характеризующихся модульной структурой их прикладного программного обеспечения, развитым системным программным обеспечением (совокупностью программ, обеспечивающих создание приложения, организацию вычислений, обработку данных и взаимодействие различных

категорий пользователей приложения) и ориентацией на решение определенного класса задач в гетерогенной распределенной вычислительной среде. В современных приложениях схема решения задачи реализуется научным рабочим процессом – информационно-вычислительной структурой, отражающей бизнес-логику предметной области в применении предметных данных, программного обеспечения и вычислительных ресурсов в процессе проведения экспериментов. Активно развиваются системы управления рабочими процессами (англ., Workflow Management Systems – WMS). В процессе применения научных рабочих процессов при решении ресурсоемких задач, например, для исследования энергетических комплексов, возникает необходимость решения ряда важных проблем: согласованного использования разнородных вычислительных ресурсов; учета специфики предметных областей решаемых задач; интеграции, тестирования и контейнеризации прикладного и системного программного обеспечения; стандартизации спецификаций объектов предметной области и вычислительной модели приложения, форматов представления и протоколов передачи данных; управления вычислениями в гетерогенной распределенной вычислительной среде; взаимодействия с системами управления прохождением заданий, а также с метапланировщиками; использования технологий ускорения обработки данных в оперативной памяти, таких как In-Memory Data Grid; поддержки стандарта Web Processing Service. Базы данных на основе In-Memory Data Grid имеют неоспоримое преимущество в скорости обработки данных по сравнению с традиционными базами данных. Стандарт Web Processing Service незаменим при работе с большими массивами пространственно-распределенных данных.

Необходимость учета предметной специфики и обеспечения масштабирования вычислений обуславливает переход от использования гетерогенной распределенной вычислительной среды общего назначения, которая может включать Grid-системы, облачные платформы, ресурсы центров коллективного пользования и другие вычислительные мощности, к применению предметно-ориентированной вычислительной среды. Такой переход обеспечивает рациональное сочетание возможностей ресурсов среды, потребностей и накладных затрат, обуславливаемых особенностями предметных областей для конкретных классов решаемых задач.

Основные результаты диссертации:

1) предложена вычислительная модель сервис-ориентированных приложений, расширяющая известные модели знаниями о сущностях и процессах интеграции, тестирования и контейнеризации прикладного и системного программного обеспечения и тем самым позволяющая повысить качество управления вычислениями при ее использовании;

2) разработаны алгоритмы построения и выполнения научных рабочих процессов в предметно-ориентированной вычислительной среде, обеспечивающие в сравнении с алгоритмами управления вычислениями в известных WMS согласование базовых критерии пользователей и владельцев ресурсов за счет использования расширенной модели и результатов тестирования рабочих процессов на испытательных стендах;

3) реализованы методика, алгоритмы и программные средства автоматизации динамического развертывания кластера In-Memory Data Grid, отличающиеся от известных разработок более высокой точностью оценки требуемых ресурсов посредством анализа влияния специфики данных на их размещение в оперативной памяти и сокращающие время развертывания кластера относительно ручного режима;

4) создан инструментальный комплекс, интегрирующий перечисленные модель, алгоритмы и программные средства в рамках единой технологии разработки и применения сервис-ориентированных приложений для решения ресурсоемких научных и практических задач на основе научных рабочих процессов в предметно-ориентированной вычислительной среде и обеспечивающий сокращение времени на подготовку и проведение экспериментов в сравнении с известными WMS.

Научная новизна диссертации заключается в развитии теории и практики распределенных вычислений относительно улучшения базовых критерии пользователей и владельцев ресурсов при создании сервис-ориентированных приложений (поддерживающих

стандарт Web Processing Service) в предметно-ориентированной вычислительной среде в сравнении с известными разработками.

Практическая значимость результатов проведенного исследования состоит в обеспечении эффективного управления научными рабочими процессами на основе согласования заданных критериев качества решения задач и предпочтений владельцев ресурсов.

Созданное программное обеспечение зарегистрировано в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, свидетельства № 2023685789, № 2024668180 и № 2025660056.

Получены акты о внедрении результатов диссертации в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН и Институте вычислительной математики и математической геофизики СО РАН.

Достоверность результатов проведенного исследования обеспечена:

- положительными результатами анализа адекватности предложенной модели и алгоритмов;
- корректным применением классических методов исследования;
- соответствием результатов экспериментов известным теоретическим оценкам.

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 учёной степени кандидата и доктора наук:

1. Bychkov I., Feoktistov A., Voskoboinikov M., Edelev A., Beresneva N., Edeleva O. Optimization of Integrated Energy System Resilience // Информатика и автоматизация. 2025. Т. 24, № 3. С. 951–981.

2. Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Воскобойников М.Л., Еделев Я.А. Разработка сервис-ориентированного доступа к высокопроизводительной вычислительной среде на основе стандарта WPS // Вычислительные технологии. 2025. Т. 30, № 2. С. 87–99.

3. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Использование технологии In-Memory Data Grid при исследовании живучести энергетических инфраструктур // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2025. № 3(39). С. 154–163.

4. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г., Черных А.Н. Разработка и применение сервис-ориентированных научных приложений в инструментальном комплексе FDE-SWFs // Труды Института системного программирования РАН. 2024. Т. 35, № 6. С. 195–214.

5. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Сравнительный анализ систем управления научными рабочими процессами // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2024. № 3(35). С. 102–111.

6. Воскобойников М.Л. Диспетчер научных рабочих процессов: средства визуализации данных // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 1. С. 16–21.

7. Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Воскобойников М.Л., Ли-Дэ Д.И. Организация вычислительной среды разработки и применения научных рабочих процессов на основе контейнеризации // Вычислительные технологии. 2023. Т. 28, № 6. С. 151–164.

Публикации в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus:

8. Edeleva O., Edelev A., Voskoboinikov M., Feoktistov A. Scientific Workflow-Based Synthesis of Optimal Microgrid Configurations // Energies. 2024. Vol. 17, № 23. P. 6138.

9. Voskoboinikov M., Feoktistov A., Tchernykh A. Framework for Development and Execution of Scientific WorkFlows: Designing Service-oriented Applications // Programming and computer software. 2024. Vol. 49, № 8. P. 897–910.

10. Kostromin R., Feoktistov A., Voskoboinikov M. Service-Oriented Tools for Automating Digital Twin Development // Proc. of the 4th Scientific-practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (ITAMS 2021). CEUR-WS Proceedings. 2021. Vol. 2984. P. 95–100.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

11. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Модуль прогнозирования размера базы данных в оперативной памяти узлов вычислительного кластера. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025660056. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), 2025.

12. Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г. Библиотека программных агентов организации распределенной базы данных в оперативной памяти. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024668180. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), 2024.

13. Воскобойников М.Л. Планировщик схем решения задач для распределенных пакетов прикладных программ. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023685789. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), 2023.

Личный вклад автора. Все выносимые на защиту научные положения получены соискателем лично. Из совместных работ в диссертацию включены только те результаты, которые принадлежат непосредственно автору. В работах, выполненных в соавторстве, в частности, в основных публикациях [1-5, 7-10], лично соискателем проведен сравнительный анализ систем управления научными рабочими процессами, рассмотрены направления развития сервис-ориентированных технологий, включая стандарты описания рабочих процессов, разработаны компоненты инструментального комплекса FDE-SWFs для создания и применения сервис-ориентированных приложений, расширена вычислительная модель, разработаны алгоритмы управления вычислениями в предметно-ориентированной вычислительной среде, созданы испытательные стенды для тестирования прикладного и системного ПО, проведены вычислительные эксперименты. Методика контейнеризации программного обеспечения [7, 10] разработана в неделимом соавторстве с Р.О. Костроминым. Вклад соискателя в программное обеспечение [11, 12], созданное в соавторстве, состоит в разработке и реализации архитектуры, а также алгоритмов работы программ.

Ценность научных работ соискателя и их апробация подтверждена:

- Актом от 24.09.2025 г. о внедрении результатов диссертационного исследования в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН с целью поддержки автоматизации создания и применения приложений, базирующихся на использовании сервис-ориентированных рабочих процессов.
- Актом от 05.11.2025 г. о внедрении результатов диссертационного исследования в Институте вычислительной математики и математической геофизики СО РАН с целью разработки сервиса на основе стохастического «генератора погоды» для Байкальской природной территории (программного комплекса, реализующего численную стохастическую модель комплекса метеорологических параметров).
- Дипломом за лучший доклад среди молодых ученых на VIII Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления» (Хабаровск, 2025 г.).
- Участием в конференциях: VIII Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления» (Хабаровск, 2025 г.), Выездном совещании участников проекта «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды» (г. Белокуриха, 2025 г.), X Международной конференции «Суперкомпьютерные дни в России» (Москва, 2024 г.), VI и VII International Workshops on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (Иркутск, 2024 и 2025 гг.), международной конференции «Ляпуновские чтения» (Иркутск, 2023–2025 гг.), XXVII, XXIX и XXX Байкальской Всероссийской конференции с международным участием «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (Иркутск, 2022, 2024 и 2025 гг.), International Workshop on

Critical Infrastructures in the Digital World (Большое Голоустное, 2024 г.), IV Scientific-practical Workshop on Information Technologies: Algorithms, Models, Systems (Иркутск, 2021 г.), а также семинарах ИДСТУ СО РАН.

Отдельные результаты диссертационного исследования были получены в рамках следующих научно-технических работ: регионального проекта РФФИ и Правительства Иркутской области № 20-47-380002 р_а «Математическое и информационное моделирование инфраструктурных объектов Байкальской природной территории» (2020-2022 гг.); проекта Министерства науки и высшего образования РФ № FWEW-2021-0005 «Технологии разработки и анализа предметно-ориентированных интеллектуальных систем группового управления в недетерминированных распределенных средах» (2020-2025 гг.); гранта № 075-15-2024-533 Министерства науки и высшего образования РФ на выполнение крупного научного проекта по приоритетным направлениям научно-технологического развития (проект «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды», 2024-2026 гг.).

Соответствие паспорту специальности. В соответствии с паспортом специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», диссертационная работа Воскобойникова М.Л. охватывает решение задач организации эффективного взаимодействия программ и программных систем с целью улучшения базовых критериев подготовки и проведения вычислительных экспериментов в гетерогенной распределенной вычислительной среде.

Отраженные в диссертационной работе положения соответствуют пунктам 1, 3, 8 области исследований специальности 2.3.5:

- модели, методы и алгоритмы проектирования, анализа, трансформации, верификации и тестирования программ и программных систем;
- модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты 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 Воскобойникова М.Л. «Технология разработки и применения сервис-ориентированных приложений в контейнеризированной вычислительной среде» является самостоятельной научно-квалификационной работой. Работа соответствует всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, не содержит заимствованного материала без ссылок на автора и (или) источник заимствования.

Диссертационная работа Воскобойникова М.Л. «Технология разработки и применения сервис-ориентированных приложений в контейнеризированной вычислительной среде» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Заключение принято на заседании Семинара по информационно-вычислительным технологиям ИДСТУ СО РАН. На заседании присутствовало 20 чел. Результаты голосования: «за» – 20 чел., «против» – 0, «воздержались» – 0 (протокол № 10 от 21 октября 2025 г.).

Зав. лабораторией информационно-
телекоммуникационных технологий исследования
техногенной безопасности ИДСТУ СО РАН,
д.т.н., доцент

Юрин

А.Ю. Юрин