

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
академик

И.В. Бычков

20 ноября 2025 г.

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 Институту 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 критериев 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 критериев 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



А.Ю. Юрин