



Отчет о выполнении работ,
финансируемых стипендией им. М.Г.
Мещерякова за 2024 г. /
Заявка на конкурс на соискание грантов
молодых ученых на 2025 г.

м.н.с. Башашина М.В.



Актуальность работы

Экспериментальные и теоретические исследования, проводимые ОИЯИ требуют алгоритмической и вычислительной поддержки для проведения высокопроизводительного компьютерного моделирования, в том числе, с использованием вычислительных ресурсов МИВК ОИЯИ. В этой связи актуальными задачами являются:

- разработка и модернизация методов и проблемно-ориентированных программных комплексов, направленных на решение ресурсоемких вычислительных задач в рамках проектов Тематического плана ОИЯИ с учетом архитектурных особенностей конкретных вычислительных систем;
- развитие ориентированного на широкий круг пользователей инструментария для удобной работы с проблемно-ориентированными пакетами на системах с параллельной и гетерогенной архитектурой;
- проведение на этой основе высокопроизводительного компьютерного моделирования для получения физически значимых численных результатов в рамках конкретных математических моделей физических систем.



План работ на текущий год

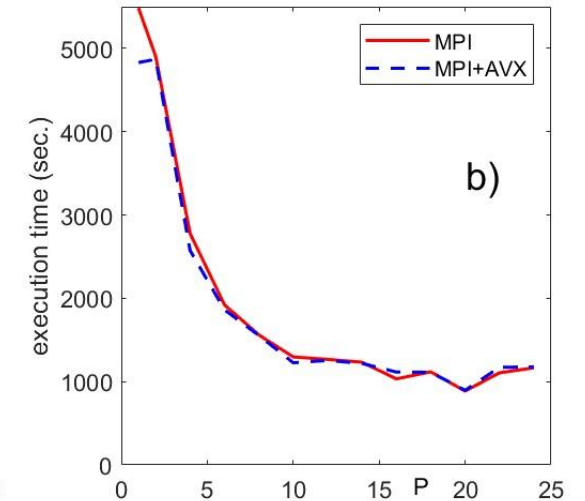
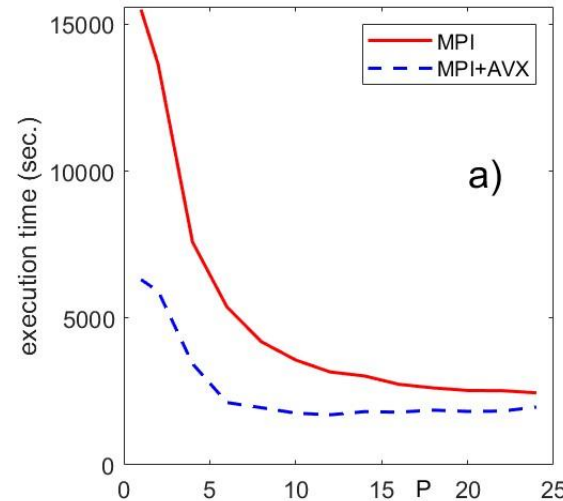
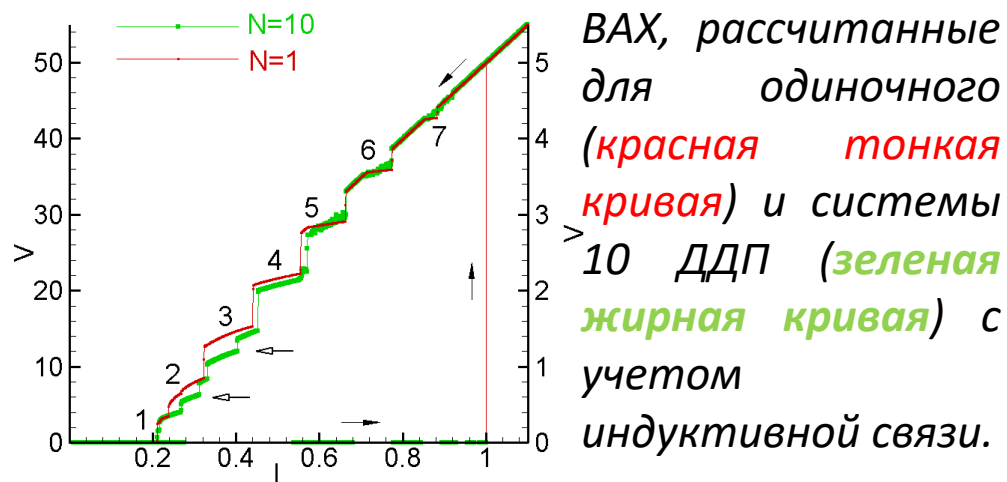
В 2024 году работа велась в двух направлениях, связанных с программной реализацией и тестированием методов высокопроизводительного компьютерного моделирования физических систем и проведением на этой основе численного моделирования сложных физических систем:

- Моделирование сверхпроводящих процессов в системах джозефсоновских переходов различных конфигураций, включая исследование интервалов переворота магнитного момента в моделях с φ_0 -джозефсоновским переходом с целью подбора параметров, позволяющих добиться устойчивой периодичности.
- Развитие и программная реализация методов повышения производительности компьютерного моделирования нелинейных процессов в конденсированных средах, включая задачу анализа устойчивости локализованных структур в ϕ^4 системах и высокопроизводительное моделирование автолокализованных процессов, описываемых динамической моделью полярона.



Выполненные работы за отчетный период (1/4)

Проведены численные исследования сверхпроводящих процессов в системах длинных джозефсоновских переходов с целью оценки влияния индуктивной связи на структуру вольт-амперной характеристики. Результаты представлены на конференции Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems 2024 (ITTMM 2024) и опубликованы в сборнике трудов этой конференции.

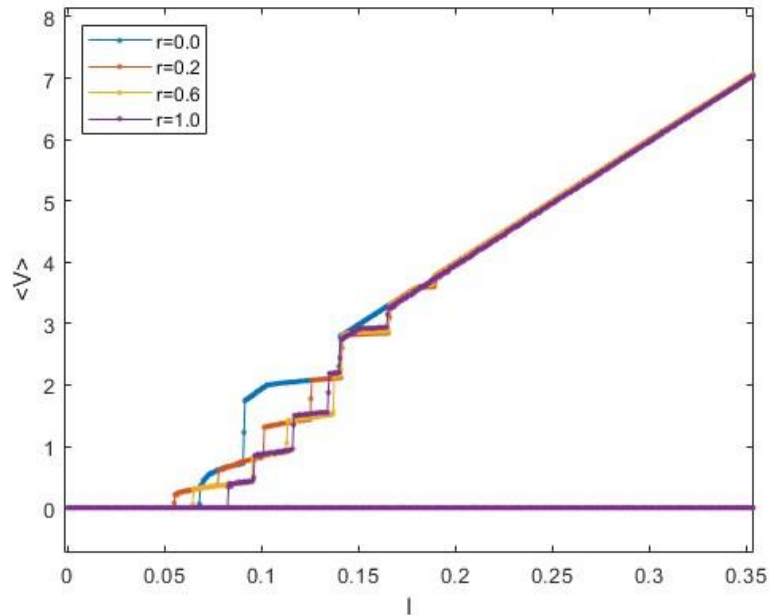


Время работы параллельной MPI-программы в зависимости от количества P задействованных параллельных MPI-процессов с использованием и без использования AVX-512 при длине контакта $L=25$ и количестве узлов дискретной сетки $M=5 \cdot 10^3$ для случая $N=1$ (a) и для случая $N=10$ (b). Время работы параллельной программы для случая десяти контактов длины 25.

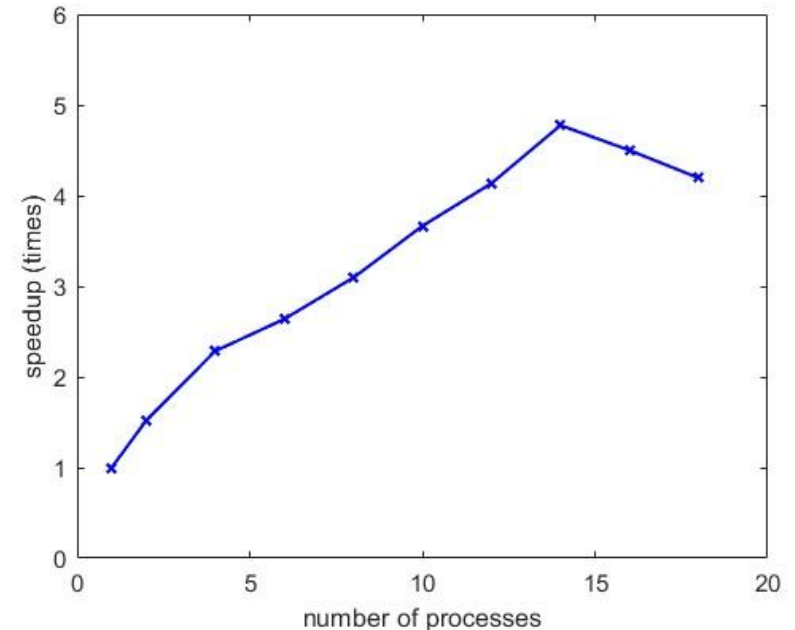


Выполненные работы за отчетный период (2/4)

Разработана параллельная программа для моделирования вольт-амперной характеристики в длинном Φ_0 джозефсоновском переходе. С использованием данной программы проведены исследования по оценке влияния параметров системы на структуру вольт-амперной характеристики. Результаты данной работы были доложены на конференции The 28th International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS-2024), дальнейшие работы по данной тематике продолжаются.



Влияние параметра спин-орбитальной связи r на структуру ступеней нулевого поля вольт-амперной характеристики



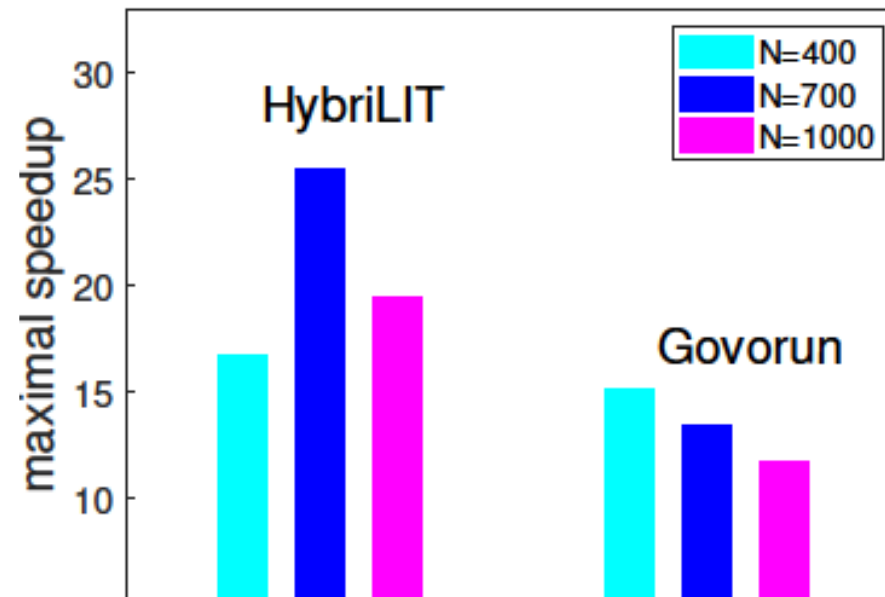
Ускорение достигнутое параллельной MPI-версией программы

Вычисления выполнены на кластере «HybriLIT»



Выполненные работы за отчетный период (3/4)

Проведены исследования по повышению производительности MATLAB программы для расчета множителей Флоке в рамках модели φ^4 за счет параллельной реализации. Результаты исследований, полученные с использованием разработанной параллельной программы, представлены на конференции Mathematical Modeling and Computational Physics, 2024 (ММСР2024) (докладчик Земляная Е.В.) и направлены на публикацию в журнал Physics of Particles and Nuclei.



Вычисления выполнены на кластере «HybriLIT» и суперкомпьютере «Говорун»



Выполненные работы за отчетный период (4/4)

- Разработана и опубликована в библиотеке программ ОИЯИ параллельная версия программы по моделированию вольт-амперных характеристик с системах длинных джозефсоновских переходов LJJ-CVV-MPI.

<http://wwwinfo.jinr.ru/programs/jinrlib/ljj-cvv-mpi/index.html>

- Разработана и опубликована в библиотеке программ ОИЯИ параллельная версия программы по моделированию доменов переворота магнитного момента в Φ_0 -переходе SPIN-Ga/Gr.

<http://wwwinfo.jinr.ru/programs/jinrlib/spin-ga-gr/index.html>

- Участие в проведении высокопроизводительных вычислений на ресурсах гетерогенной платформы HybriLIT для моделирования автолокализованных процессов, описываемых динамической моделью полярона с учетом кулоновских сил. Результаты представлены на конференции Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems 2024 (ITTMM 2024) (докладчик Волохова А.В.) и опубликованы в сборнике трудов этой конференции.



Публикации (1/2)

Публикации за 5 лет: 26

Публикации за 2024 год:

1. **М. Bashashin**, E. Zemlyanaya, I. Rahmonov, Simulation of the magnetization reversal effect depending on the current pulse duration within the ϕ_0 Josephson junction model using MPI and OpenMP parallel computing techniques, Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei, V. 55, №4, 498-501, 2024 - *опубликовано*
2. E. Zemlyanaya, A. Bogolubskaya, M. Bashashin, N. Alexeeva, The ϕ^4 oscillons in a ball: numerical approach and parallel implementation, Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei, V. 55, №4, 505-508, 2024 – *опубликовано*
3. Е. В. Земляная, М. В. Башашин, Введение в параллельное программирование на основе технологий MPI и OpenMP, Учебное пособие, Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 102 с., 2024 – *опубликовано*
4. E. Zemlyanaya, A. Bogolubskaya, M. Bashashin, N. Alexeeva, Numerical study of the ϕ^4 standing waves in a ball of finite radius, Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science, V. 32, №1, 106-111, 2024 – *опубликовано*
5. **М. В. Башашин**, И. Р. Рахмонов, Е. В. Земляная, Численное исследование влияния индуктивной связи на вольт-амперную характеристику в системе длинных джозефсоновских переходов, Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем 2024 Материалы Всероссийской конференции с международным участием, с.341-346, 2024 – *опубликовано*



Публикации (2/2)

6. Волохова А.В., Земляная Е.В., Лахно В.Д., Рихвицкий В.С., Башашин М.В., Исследование влияния кулоновского потенциала на процесс гидратации электрона в рамках динамической модели полярона, Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем 2024 Материалы Всероссийской конференции с международным участием, с.330-335, 2024 – *опубликовано*
7. E.V. Zemlyanaya, A.A. Bogolubskaya, N.V. Alexeeva, M.V. Bashashin. φ^4 oscillons as standing waves in a ball: a numerical study. – *направлено в Physics of Particles and Nuclei.*
8. **М.В. Башашин**, Е.В. Земляная, И.Р. Рахмонов, LJJ-CVV-MPI - программа параллельного расчета вольт-амперной характеристики в системе длинных джозефсоновских переходов, Библиотека программ ОИЯИ, 2024, <http://wwwinfo.jinr.ru/programs/jinrlib/ljj-cvv-mpi/index.html> – *опубликовано*
9. **М.В. Башашин**, Е.В. Земляная, П.Х. Атанасова, И.Р. Рахмонов, SPIN-Ga/Gr - программа расчета интервалов переворота магнитного момента в системах φ_0 -джозефсоновского перехода, Библиотека программ ОИЯИ, 2024, <http://wwwinfo.jinr.ru/programs/jinrlib/spin-ga-gr/index.html> – *опубликовано*
10. Башашин М.В., Матвеев М.А., Зуев М.И., Применение технологий платформы HybriLIT для построения вычислительных комплексов в различных организациях, Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем 2024 Материалы Всероссийской конференции с международным участием, с.310-314, 2024 – *опубликовано*



Научные мероприятия

Количество участия в научных мероприятиях за 5 лет: 22.

Научные мероприятия за 2024 год:

- Bashashin M.V., Rahmonov I.R., Rahmonova A.R., Zemlyanaya E.V., Numerical study of the influence of model parameters on the effect of magnetic moment reversal in systems of ϕ_0 Josephson junctions with pulsed and inductive current sources, 58th meeting of PAC for Condensed Matter Physics, ОИЯИ, Дубна, Россия, 25 января 2024.
- Башашин М.В., Рахмонов И.Р., Земляная Е.В., Численное исследование влияния индуктивной и емкостной связи на вольт-амперную характеристику в системе длинных джозефсоновских переходов, Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems 2024 (ИТТММ 2024), Москва, 8-12 апреля 2024.
- M. Bashashin, I. Rahmonov, K. Kulikov, M. Nashaat, Yu. Shukrinov, Modelling the phase dynamics of long superconductor-ferromagnet-superconductor ϕ_0 Josephson junction, The 28th International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS-2024), JINR, Dubna, Russia, 28 октября – 1 ноября 2024.
- Башашин М.В., Численное исследование сверхпроводящих процессов в моделях джозефсоновских структур, Научный семинар НОВФ ЛИТ ОИЯИ, 15 ноября 2024.



Организационно-административная и педагогическая деятельность за год

- Проведение семинарских занятий в рамках курсов «Архитектура вычислительных систем», «Технология высокопроизводительных вычислений» и «Параллельные и распределенные вычисления» в Университете «Дубна».
- Опубликовано учебное пособие для студентов Университета «Дубна» «Введение в параллельное программирование на основе технологий MPI и OpenMP».
- Находится в разработке учебное пособие для студентов Университета «Дубна» «Технологии и методы организации высокопроизводительных вычислений на параллельных и гетерогенных архитектурах».
- Участие в проведении tutorиала «Инструментарий для исследования систем, основанных на джозефсоновских переходах» в рамках Осенней Школы по информационным технологиям ОИЯИ 2024, 8 октября 2024.



План работ на следующий год

- Планируется работа в направлениях, связанных с программной реализацией и тестированием методов высокопроизводительного компьютерного моделирования физических систем и проведением на этой основе численного моделирования сложных физических систем.
- Основное направление: развитие методов и комплексов программ высокопроизводительного моделирования сверхпроводящих процессов в системах джозефсоновских переходов различных конфигураций. Численное исследование физических характеристик в моделях джозефсоновских структур в зависимости от конфигураций и внешних воздействий.



MESHCHERYAKOV LABORATORY
OF INFORMATION TECHNOLOGIES

Спасибо за внимание