

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА CPU И GPU ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДЖОЗЕФСОНОВСКОМ ПЕРЕХОДЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Рахмонова А.Р.<sup>1</sup>, Стрельцова О.И.<sup>1</sup>, Рахмонов И.Р.<sup>1</sup>, Зуев М.И.

Объединенный Институт Ядерных Исследований, Россия, 141980, Дубна, ул. Жолио-Кюри 6

<sup>1</sup> Университет «Дубна», Россия, 141980, Дубна, ул. Университетская 19

Рассматривается динамика джозефсоновского перехода (ДП) под воздействием внешнего электромагнитного излучения. На его вольт-амперной характеристике (ВАХ) возникает ступенька постоянного напряжения — ступенька Шапиро [1-3]. Ширина этой ступеньки зависит от амплитуды и частоты внешнего электромагнитного излучения, а также от параметров модели. Актуальность исследования поведения ступеньки Шапиро связана с тем, что данное явление имеет практическое применение в задачах метрологии, поскольку на ее основе создан стандарт напряжения [3].

Моделирование ДП под воздействием внешнего электромагнитного излучения основывается на решении задачи Коши для системы дифференциальных уравнений резистивной модели [2,3] для джозефсоновской разности фаз и напряжения. При численном моделировании и исследовании влияния параметров на ступеньку, возникает необходимость выполнения ресурсоемких вычислений при различных значениях параметров [4]. В связи с этим, актуальной проблемой является разработка эффективных параллельных алгоритмов для вычисления ширины ступеньки Шапиро от параметров.

В настоящей работе представлены результаты сравнительного анализа параллельных вычислений проводимых на CPU и GPU с использованием библиотеки Numba на Python. Проведено исследование эффективности разработанных параллельных реализаций для проведения расчетов на многоядерных вычислительных системах и с использованием графических процессоров. Вычисления проводятся на базе экосистемы ML/DL/HPC Гетерогенной платформы HybridLIT (ЛИТ ОИЯИ).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта №22-71-10022.

[1] S. Shapiro. Josephson currents in superconducting tunneling: The effect of microwaves and other observations // Phys. Rev. Lett. -v.11, -p. 80 - 82. 1963.

[2] К. К. Likharev. Dynamics of Josephson Junctions and Circuits // Gordon and Breach. 1986.

[3] A. Barone, G. Paterno. Physics and Applications of the Josephson Effect // New York: John Wiley & Sons. 1982.

[4] A. Rahmonova, I. Rahmonov, O. Streltsova and M. Zuev. Toolkit in Python for Simulation of Shapiro Step on the Current - Voltage Characteristic of a Josephson Junction // Physics of Particles and Nuclei. -v.55, p. 528 - 531. 2024.