

**Лаборатория информационных технологий  
им. М. Г. Мещерякова**

В рамках серии книг Mathematical Engineering издательство Springer Nature Switzerland опубликовало монографию «Новые разработки итерационных методов Ньютона для решения нелинейных задач»

---

**Meshcheryakov Laboratory  
of Information Technologies**

Within the “Mathematical Engineering” book series, Springer Nature Switzerland published a monograph “New Developments of Newton-Type Iterations for Solving Nonlinear Problems” by Deputy Director of the JINR Meshcheryakov Laboratory of Information Technologies, Academician of the Mongolian Academy of Sciences (MAS) Ochbadrakh Chuluunbaatar and Honorary Doctor of the Joint Institute, Academician of the MAS Tugal Zhanlav. This comprehensive book delves into the intricacies of

за авторством заместителя директора ЛИТ академика Монгольской академии наук (МАН) Очбадраха Чулуунбаатара и почетного доктора ОИЯИ академика МАН Тугала Жанлава. Книга детально раскрывает тонкости ньютоновских методов для нелинейных уравнений, дает представление об их сходимости, ускорении и расширении. В монографии освещены основные результаты, полученные в ЛИТ и Национальном университете Монголии. В книге, состоящей из трех частей, исследуются итерации высшего порядка для решения нелинейных уравнений и их систем, а также их применение в линейной алгебре и некоторых нелинейных задачах теоретической физики. Подчеркивая ключевую роль итерационных параметров в формировании сходимости и расширении области, авторы опираются на обширные совместные исследования, чтобы систематически обобщить и обосновать полученные результаты.

*Zhanlav T., Chuluunbaatar O.* New Developments of Newton-Type Iterations for Solving Nonlinear Problems. Cham: Springer, 2024. XIV. 281 p. Electronic book (Mathematical Engineering); <https://doi.org/10.1007/978-3-031-63361-4>.

Проведено численное исследование сферически-симметричных периодических по времени стоячих волн модели  $\varphi^4$  в шаре конечного радиуса, кото-

рые рассматриваются как аппроксимация слабоизлучающих сферически-симметричных осциллонов. Вычислительная процедура сводится к решению с помощью ньютоновских итераций нелинейной краевой задачи на цилиндрической поверхности в широком диапазоне значений периода осцилляций и последующему анализу устойчивости найденных решений путем расчета соответствующих множителей Флоке. Для ускорения вычисления множителей Флоке реализована параллельная версия Matlab-программы, обеспечившая уменьшение времени счета до 20 раз на вычислительных ресурсах платформы HybriLIT Многофункционального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ. Найденны два сосуществующих класса волн, исследованы их взаимосвязь и бифуркации в зависимости от периода осцилляций.

*Zemlyanaya E., Bogolubskaya A., Bashashin M., Alexe-eva N.* Numerical Study of the  $\varphi^4$  Standing Waves in a Ball of Finite Radius // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. 2024. V.32, No. 1. P.106–111.

В библиотеку электронных программ JINRLIB ОИЯИ переданы два комплекса программ для параллельного компьютерного моделирования сверхпроводящих процессов в джозефсоновских структурах. Комплекс LJJ-CVV-MPI [1] предназначен для расче-

Newton-type methods for nonlinear equations, offering insights into their convergence, accelerations, and extensions. The monograph contains main results developed at MLIT and the National University of Mongolia. Divided into three parts, the book explores higher-order iterations for nonlinear equations and their systems, as well as their applications in linear algebra and some nonlinear problems of theoretical physics. Emphasizing the pivotal role of iteration parameters in shaping convergence and expanding the domain, the authors draw from their extensive collaborative research to systematically compile and elucidate these findings.

*Zhanlav T., Chuluunbaatar O.* New Developments of Newton-Type Iterations for Solving Nonlinear Problems. Cham: Springer, 2024. XIV. 281 p. Electronic book (Mathematical Engineering); <https://doi.org/10.1007/978-3-031-63361-4>.

A numerical study of the spherically symmetric time-periodic standing waves of the  $\varphi^4$  model in a ball of finite radius is carried out. They are considered as an approximation of weakly radiating spherically symmetric oscillons. The computational procedure is based on the solution of a nonlinear boundary value problem on a cylindrical surface in a wide range of oscillation period values

using Newtonian iterations and on the subsequent stability analysis of the solutions found by calculating the corresponding Floquet multipliers. To speed up the calculation of the Floquet multipliers, a parallel version of the Matlab code is implemented, it ensures a reduction in the calculation time of up to 20 times on the computing resources of the HybriLIT platform of the JINR Multifunctional Information and Computing Complex. Two coexisting classes of waves are found, their relationship and bifurcations are studied depending on the oscillation period.

*Zemlyanaya E., Bogolubskaya A., Bashashin M., Alexe-eva N.* Numerical Study of the  $\varphi^4$  Standing Waves in a Ball of Finite Radius // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. 2024. V.32, No. 1. P.106–111.

Two software packages for the parallel computer modeling of superconducting processes in Josephson structures have been transferred to the JINRLIB electronic program library of JINR. The LJJ-CVV-MPI [1] package is designed to calculate the current-voltage characteristics in a system of long Josephson junctions (JJ) taking into account the inductive and capacitive coupling between neighboring JJs. The SPIN-Ga/Gr [2] software package

та вольт-амперных характеристик в системе длинных джозефсоновских переходов (ДП) с учетом индуктивной и емкостной связи между соседними ДП. Комплекс программ SPIN-Ga/Gr [2] реализует построение доменов переворота магнитного момента в модели  $\varphi_0$ -джозефсоновского перехода на плоскости параметров модели. В каждой из программ расчет физических характеристик осуществляется на основе численного решения при заданных начальных условиях соответствующих систем нелинейных уравнений, описывающих конкретную модель ДП. Оба комплекса написаны на языке C++. Для параллельной реализации использованы технологии MPI и OpenMP. Для каждого комплекса подготовлены описание задач, численных методов и входящих в состав комплекса программных модулей, а также инструкция по работе на вычислительной платформе HybriLIT. Полученные с помощью разработанных методов и программ в сотрудничестве с коллегами из ЛТФ численные результаты опубликованы в ряде научных работ. В настоящее время оба комплекса продолжают активно использоваться для дальнейших исследований в направлении высокопроизводительного компьютерного моделирования физических процессов в джозефсоновских структурах различного типа.

implements the construction of magnetic moment flip domains in the  $\varphi_0$ -Josephson junction model on the plane of the model parameters. In each of the programs, the calculation of physical characteristics is carried out on the basis of a numerical solution for given initial conditions of the corresponding systems of nonlinear equations describing a specific JJ model. Both packages are written in C++. MPI and OpenMP technologies are used for parallel implementation. A description of the problems, numerical methods, and software modules included in the package, as well as instructions for working on the HybriLIT computing platform, are prepared for each package. The numerical results obtained using the methods and programs developed in collaboration with colleagues from the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics are published in a number of scientific papers. At present, both complexes continue to be actively used for further research in the high-performance computer modeling of physical processes in Josephson structures of various types.

1. *Bashashin M.V., Zemlyanaya E.V., Rahmonov I.R.* LJJ-CVV-MPI, a Program for the Parallel Calculation of the Current-Voltage Characteristic in a System of Long Josephson

1. *Башишин М. В., Земляная Е. В., Рахмонов И. Р.* LJJ-CVV-MPI — программа параллельного расчета вольт-амперной характеристики в системе длинных джозефсоновских переходов. <http://www.info.jinr.ru/programs/jinr/lib/ljj-cvv-mpi/index.html>.

2. *Башишин М. В., Земляная Е. В., Атанасова П. Х., Рахмонов И. Р.* SPIN-Ga/Gr — программа расчета интервалов переворота магнитного момента в системах  $\varphi_0$ -джозефсоновского перехода. <http://www.info.jinr.ru/programs/jinr/lib/spin-ga-gr/index.html>.

Одним из ключевых этапов обработки данных, полученных в экспериментах по физике частиц, является реконструкция траекторий (треков) взаимодействующих частиц по результатам измерений. В планируемом на коллайдере NICA эксперименте SPD особую сложность вызовет чрезвычайно высокая частота взаимодействий (3 МГц), ведущая к перекрытию событий при их съеме в режиме временных слайсов, а также сильное загрязнение данных ложными измерениями из-за особенностей устройства трековых детекторов SPD. Это весьма усложняет алгоритмы реконструкции треков (трекинга). В данном исследовании изучаются методы на основе нейронной сети Хопфилда для трекинга модельных событий эксперимента SPD. Предложена оптимизация параметров построения функции энер-

Junctions. <http://www.info.jinr.ru/programs/jinr/lib/ljj-cvv-mpi/index.html>.

2. *Bashashin M.V., Zemlyanaya E.V., Atanasova P.Kh., Rahmonov I.R.* SPIN-Ga/Gr, a Program for Calculating Magnetic Moment Reversal Intervals in the  $\varphi_0$  Josephson Junction. <http://www.info.jinr.ru/programs/jinr/lib/spin-ga-gr/index.html>.

One of the key stages of processing data from particle physics experiments is the reconstruction of trajectories (tracks) of interacting particles from measurement data. In the SPD experiment planned at the NICA collider, a special difficulty will be caused by the extremely high frequency of interactions (3 MHz), which leads to the overlapping of events during data acquisition in the time-slice mode, as well as by the strong contamination of data by fake measurements due to the specifics of SPD track detectors. This makes track reconstruction (tracking) algorithms highly complicated. In this study, methods based on the Hopfield neural network for tracking simulated events within the SPD experiment are investigated. Taking into account the specifics of the experiment, the optimization of the energy function parameters of the neural network is proposed to improve the tracking results. To radically speed up the

гии нейросети, позволяющая улучшить результаты трекинга с учетом специфики эксперимента. С целью кардинального ускорения процедуры SPD трекинга исследуется применимость квантовых алгоритмов. В такой постановке задача трекинга формулируется как квадратичная неограниченная двоичная оптимизация (QUBO) и решается путем моделирования отжига или квантового отжига. Опыт недавних работ по решению задач комбинаторной оптимизации квантовыми методами указывает на их возможные приложения для быстрой обработки данных SPD или других экспериментов с высокой светимостью. Выполнено пилотное тестирование метода TrackML, предполагается адаптировать этот подход на модельные данные SPD.

*Буреш М., Кадочников И.С., Коваленко А.В., Ососков Г.А.* Применение сети Хопфилда для трекинга SPD ОИЯИ. Препринт ОИЯИ P11-2024-5. Дубна, 2024.

В конце июня 2024 г. в ОИЯИ был запущен в тестовую эксплуатацию новый сервис docs.jinr.ru. Его основная задача — предоставить исследователям централизованное хранилище научной документации и инструменты для совместной работы над документами. Лежащая в его основе программная платформа SciDocCloud разработана в ЛИТ и призвана заменить платформу DocDB, построенную на уже устаревшей

технологической базе, но еще используемую рядом отдельных исследовательских групп Института. В новой системе пользователи получили возможность самостоятельно создавать репозитории документов. Ключевой особенностью сервиса является система отслеживания изменения документов: при обновлении файлов или метаданных любого документа создается его новая версия, а старые не удаляются и остаются доступными для просмотра. Доступ в сервис реализован через учетные записи системы единого входа ОИЯИ (SSO). Сервис предоставляет гибкую систему управления правами доступа, включающую возможность управления репозиториями документов на основе групп, схожую с таковой в известной системе управления проектами GitLab. Сохранность данных обеспечивается облачным хранилищем ОИЯИ, осуществляющим автоматическое трехкратное резервирование всех загружаемых в систему файлов, а также ежедневным резервным копированием базы данных метаданных. В настоящее время сервис активно дорабатывается по отзывам первых пользователей, а в будущем планируется его интеграция в цифровую экосистему ОИЯИ.

*Balashov N., Sokolov I.* Development of a Document Database Platform “SciDocCloud” // Phys. Part. Nucl. 2024. V.55. P.479–481.

SPD tracking procedure, the applicability of quantum algorithms is studied. In this conception, the tracking problem is formulated as quadratic unconstrained binary optimization (QUBO) and solved by simulated annealing or quantum annealing. The experience of recent work on solving combinatorial optimization problems with quantum methods points to their possible application to fast data processing for SPD or other high-luminosity experiments. The pilot testing of the TrackML method is performed, and it is planned to adapt this approach to model SPD data.

*Bures M., Kadochnikov I., Kovalenko A., Ososkov G.* Application of the Hopfield Network to SPD Track Reconstruction. JINR Preprint P11-2024-5. Dubna, 2024.

At the end of June 2024, a new service, docs.jinr.ru, has been put into test operation at JINR. Its main goal is to provide researchers with a centralized repository of scientific documentation and tools for collaborative work on documents. The underlying software platform, SciDocCloud, is developed at MLIT and designed to replace the DocDB platform, which is built on an already outdated technological base, but is still used by a number of individual research groups at the Institute. In the new

system, users have the opportunity to independently create document repositories. The key feature of the service is the document change tracking system: when updating files or metadata of any document, a new version is created, the old ones are not deleted and remain available for viewing. Access to the service is implemented via JINR Single Sign-On (SSO) system accounts. The service provides a flexible access rights management system, including the ability to manage document repositories based on groups, similar to that in the well-known GitLab project management system. Data safety is ensured by the JINR cloud storage, which automatically makes a triple backup of all files uploaded to the system, as well as by daily backups of the metainformation database. The service is currently being actively enhanced on the basis of feedback from its first users, and its integration into the JINR Digital EcoSystem is planned for the future.

*Balashov N., Sokolov I.* Development of a Document Database Platform “SciDocCloud” // Phys. Part. Nucl. 2024. V.55. P.479–481.