

Лаборатория информационных технологий им. М. Г. Мещерякова

В данной работе был развит унифицированный подход к описанию легких и тяжелых мезонов в рамках эффективной кварковой теории с нелокальным взаимодействием. Предложенный подход опирается на уравнение Бете–Солпитера, а нелокальность кварк–антикваркового взаимодействия определяется введением четырехимпульсного гауссовского формфактора в мезонной вершинной функции, характеризующегося параметром размера мезона Λ_H . В рамках модели были получены ширины двухфотонных распадов как для легкого пиона $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$, так и для тяжелых псевдоскалярных η_c - и η_b -мезонов. Получены результаты для переходного формфактора пиона, которые воспроизводят экспериментальные данные в широком диапазоне переданных импульсов Q^2 . Предсказано поведение формфакторов тяжелых псевдоскалярных η_c - и η_b -мезонов, тогда как известные теоретические и экспериментальные результаты по ним ограничены единичными публикациями. В рамках модели получены радиационные ширины распадов тяжелых кваркониев J/ψ и Υ . Все результаты согласуются с имеющимися экспериментальными данными и другими теоретическими подходами. Таким образом, предложенная модель представляет собой вычислительно эффективный

и унифицированный подход для описания мезонов, состоящих как из легких, так и из тяжелых кварков.

Friesen A., Kalinovskiy Yu., Khmelev A. Mesons in Nonlocal Model with Four-Dimensional Separable Kernel // Eur. Phys. J. A. 2026. V. 62. P. 6.

Контроль качества собираемых физических данных, как в онлайн-режиме с целью своевременного и быстрого реагирования в случаях потери качества данных, так и в режиме офлайн для более детальной проверки качества и сертификации данных, является важной частью систем сбора информации в экспериментах физики высоких энергий. Группой сотрудников ЛИТ и ЛФВЭ разработана система мониторинга качества данных для эксперимента BM@N проекта NICA. Данная система предоставляет единый подход к построению контрольных гистограмм и выдачи сигналов предупреждения об обнаружении нештатных ситуаций в таких режимах, как онлайн-мониторинг данных во время сеансов, автоматизированная оценка качества новых версий BmnRoot после запросов на слияние в системе GitLab ОИЯИ, ручной запуск проверки пользовательских версий программного обеспечения эксперимента.

Архитектура системы обеспечивает предопределенные проверки поступающих на вход данных и графическое представление контрольных гистограмм

Meshcheryakov Laboratory of Information Technologies

In this work, we develop a unified approach to the description of light and heavy mesons within the effective quark theory with nonlocal interaction. The proposed approach is based on the Bethe–Salpeter equation, and the nonlocality of the quark–antiquark interaction is defined by introducing a four-momentum Gaussian form factor in the meson vertex function, characterized by the meson size parameter Λ_H . Within the model, we obtain the widths of two-photon decays for both the light pion $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ and heavy pseudoscalar mesons η_c and η_b . Key results also include a calculation of the pion transition form factor, which reproduces experimental data from low to high Q^2 momenta. We further predict the behavior of the form factors of the heavy pseudoscalar mesons η_c and η_b , for which experimental and theoretical results are limited to a small number of works. Within the model, we obtain the radiative decay widths of heavy quarkonia J/ψ and Υ . All results show consistency with available experimental data and other theoretical approaches. Therefore, the proposed model provides a computationally efficient and unified framework for describing mesons from the light to heavy quark sectors.

Friesen A., Kalinovskiy Yu., Khmelev A. Mesons in Nonlocal Model with Four-Dimensional Separable Kernel // Eur. Phys. J. A. 2026. V. 62. P. 6.

The control of collected physics data quality, both online for timely and rapid response in the case of data quality loss and offline for more detailed data quality and certification checks, is an essential part of data acquisition systems in high-energy physics experiments. A Data Quality Monitoring (DQM) system for the BM@N experiment of the NICA project was developed by a group of MLIT and VBLHEP specialists. The system provides a unified approach to constructing control histograms and issuing alerts for detected anomalies in such modes as online data monitoring during runs, the automated quality assessment of new BmnRoot versions following merge requests in the JINR GitLab system, and the manual triggering of validation checks for user-defined versions of the experiment’s software.

The system’s architecture ensures predefined checks on incoming data and the graphical representation of control histograms on a central web interface that displays data distributions received from the BM@N histogram producer. In addition, the DQM system makes it easy to add

в центральном веб-интерфейсе, который получает отображаемые распределения данных от поставщиков гистограмм $BM@N$. Кроме того, в системе DQM несложно добавлять новые контрольные гистограммы с предопределенными проверками и оповещениями в удобном для пользователя формате, подходящем для физических групп и групп разработчиков детекторных подсистем, например, с использованием доступного описания в формате JSON.

Архитектура учитывает потребности визуализации контрольных гистограмм на рабочем месте оператора смены, необходимость автоматического контроля качества данных и выдачи соответствующих сообщений и оповещений в графическом интерфейсе в случае ухудшения их качества или серьезного сбоя.

Александров Е., Александров И., Герценбергер К., Чеботов А. Проектирование системы мониторинга качества данных для эксперимента $BM@N$ // ЭЧАЯ. 2026. Т. 57, вып. 4.

Конструирование модульных конвейеров обработки и анализа данных на основе типовых программных решений является важной составной частью аналитики больших данных. Решения на основе квантовых и квантово-классических алгоритмов с использованием квантовых программных симуляторов, эмулирующих квантовые вычисления на классических архитектурах, открывают при этом новые возможности.

В работе представлен практический опыт построения гибридных квантово-классических конвейеров с использованием фреймворка PennyLane для реализации параметризованных квантовых схем и библиотек машинного обучения. Для задач классификации и кластеризации, как выделенного класса машинного обучения, были разработаны модульные конвейеры на основе интеграции различных квантовых схем вариационного типа в классическую схему обработки. Квантовые слои выполняют отображение признаков в пространство состояний кубитов и нелинейные преобразования, а классические нейросетевые компоненты обеспечивают финальную классификацию.

Проведено сравнение классических и гибридных моделей с использованием ряда топологий запутывания в квантовых схемах. Продемонстрирована способность гибридных моделей достигать качества классификации, сопоставимого с традиционными методами. Выявлены особенности применения различных схем запутывания, которые демонстрируют разную эффективность в зависимости от объема и структуры данных. Полученные результаты подтверждают конкурентоспособную точность гибридных моделей, свидетельствуют об их перспективности для работы со сбалансированными наборами данных в условиях ограниченного объема выборки, создают основу для

new control histograms with predefined checks and alerts in a user-friendly format suitable for physics groups and detector subsystem teams, for instance, using an accessible JSON description.

The architecture takes into account the necessity to visualize control histograms at the shift operator's workstation, to automatically control data quality and issue appropriate messages and alerts in the graphical interface in the case of deterioration in their quality or a serious failure.

Alexandrov E., Alexandrov I., Chebotov A., Gertsenberger K. Design of the Data Quality Monitoring System for the $BM@N$ Experiment // Phys. Part. Nucl. 2026. V. 57, Iss. 4.

The construction of modular data processing and analysis pipelines on the basis of standard software solutions is an important component of Big Data analytics. Solutions based on quantum and quantum-classical algorithms, using quantum software simulators that emulate quantum computing on classical architectures, open up new possibilities.

The paper presents practical experience in building hybrid quantum-classical pipelines using the PennyLane framework for implementing parameterized quantum circuits and machine learning libraries. For classification and

clustering tasks, as a dedicated class of machine learning, modular pipelines based on the integration of various variational-type quantum circuits into the classical processing scheme were developed. Quantum layers perform feature mapping into the qubit state space and nonlinear transformations, while classical neural network components provide the final classification.

A comparison of classical and hybrid models using a number of entanglement topologies in quantum circuits is carried out. The ability of hybrid models to achieve classification quality comparable to traditional methods is demonstrated. The features of the application of various entanglement schemes, which demonstrate different effectiveness depending on the volume and structure of the data, are revealed. The results obtained confirm the competitive accuracy of hybrid models, indicate their promise for working with balanced datasets under conditions of limited sample size, create a basis for the further research of optimal configurations of hybrid models for specific types of analytical tasks; and the developed solutions open up new opportunities for data analysis and model training, combining the advantages of quantum and classical methods, which makes them attractive for use in various fields.

дальнейшего исследования оптимальных конфигураций гибридных моделей под специфические типы аналитических задач, а разработанные решения открывают новые возможности для анализа данных и обучения моделей, сочетая преимущества квантовых и классических методов, что делает их привлекательными для применения в различных областях.

Зрелов П. В., Иванцова О. В., Катулин М. С. Разработка гибридных конвейеров анализа данных с помощью фреймворка PennyLane // ЭЧАЯ. 2026. Т. 57, вып. 4.

Разработана система аккаунтинга для визуализации и анализа статистики использования ресурсов суперкомпьютера «Говорун», представляющая информацию о том, как используются вычислительные ресурсы, в виде удобных графиков и таблиц. Этот инструмент дает возможность отслеживать динамику и тенденции использования ресурсов, например, по количеству за-

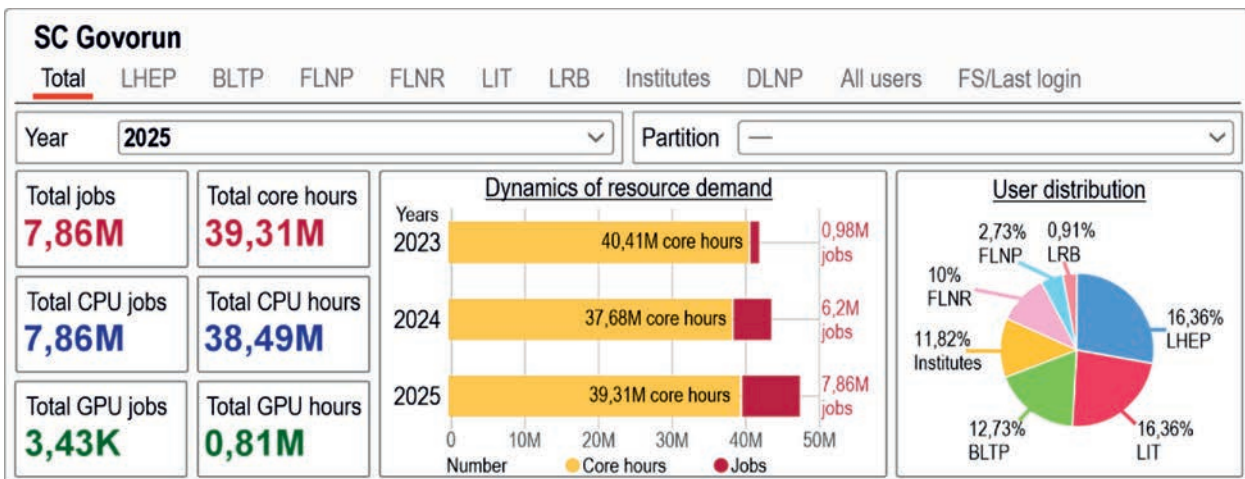
пущенных на счет задач или по количеству затраченных ядро-часов, оценивать востребованность вычислительных ресурсов для отдельных лабораторий и проектов, выявлять наиболее активных пользователей.

Данная система реализована на основе Business Intelligence системы Yandex DataLens — свободно распространяемого программного продукта коммерческого уровня. Источником данных является база планировщика задач SLURM.

Визуализация данных превращает сырую статистику в понятные графики и диаграммы, что способствует принятию решений по развитию суперкомпьютера.

Беляков Д. В., Киракосян М. Х., Любимова М. А., Подгайный Д. В., Стрельцова О. И. Функциональные возможности системы аккаунтинга и обработки статистики использования вычислительных ресурсов суперкомпьютера «Говорун» // ЭЧАЯ. 2026. Т. 57, вып. 4.

Элемент главной страницы системы аккаунтинга. Приведена выборка за 2025 г.: по количеству задач и ядро-часов (слева), распределению пользователей по лабораториям (справа) и динамике использования ресурсов по годам (в центре)



Element of the accounting system’s main page, showing a sample for 2025: number of jobs and core hours (left), distribution of users by Laboratories (right), and resource usage dynamics over the years (centre)

Zrelov P. V., Ivantsova O. V., Katulin M. S. Development of Hybrid Data Analysis Pipelines Using the PennyLane Framework // Phys. Part. Nucl. 2026. V. 57, Iss. 4.

A resource accounting system to visualize and analyze statistics on the usage of the Govorun supercomputer has been developed. The system presents information on how computational resources are used in the form of convenient charts and tables. This tool enables to track the dynamics and trends of resource utilization, for example, by the number of jobs submitted to an account or by the total number of core hours consumed, to estimate the demand for computational resources by individual Laboratories and projects and identify the most active users.

The system is implemented on the basis of the Yandex DataLens business intelligence platform, a freely distributed commercial-grade software product. The data source is the SLURM job scheduler database.

Data visualization transforms raw statistics into clear graphs and diagrams, thereby facilitating decision-making on the supercomputer’s enhancement.

Belyakov D. V., Kirakosyan M. H., Lyubimova M. A., Podgayny D. V., Streltsova O. I. Functional Capabilities of the Accounting System and Processing of Statistics on the Use of Computing Resources of the Govorun Supercomputer // Phys. Part. Nucl. 2026. V. 57, Iss. 4.