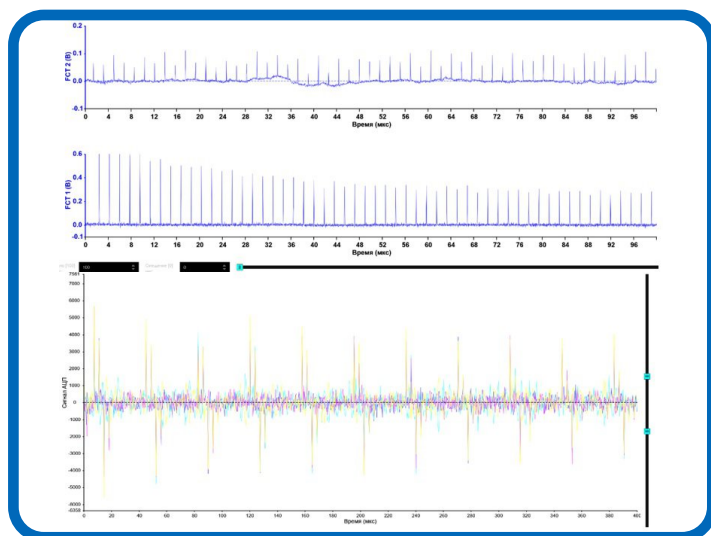




Содержание Content

Завершаются пуско-наладочные работы на комплексе NICA NICA Complex Commissioning Enters Final Stage	1
Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц Results of PAC PP meeting	2
Новости Коллаборации BM@N News from BM@N Collaboration	4
Коллаборация MPD приближается к началу первых экспериментов на NICA MPD Collaboration Nears the Start of First Experiments at NICA	6
Под ярмом Under the Yoke	8
Эксперименты с поляризованными пучками на Нуклотроне Experiments with Polarized Beams at the Nuclotron	10

Завершаются пуско-наладочные работы на комплексе NICA NICA Complex Commissioning Enters Final Stage

В ходе рекордного по длительности (с 16.01.25 по 30.04.26) первого сеанса пуско-наладочных работ на Коллайдере и его инжекционном комплексе получен ряд важных результатов. Проверены режимы совместной работы всех систем и элементов инжекционного комплекса, обеспечивающие устойчивую подачу пучка для работы Коллайдера, а также его соответствующие системы для работы с циркулирующим пучком.

На Бустере осуществлен режим накопления пучка путем многократной инжекции. Пучок, поступающий из цепочки – источник ионов «КРИОН» – линак ЛУТИ, делается компактным с помощью уникальной системы электронного охлаждения. Это позволяет «добавлять» к циркулирующему на орбите сгустку новые порции частиц из инжектора. В итоге интенсивность поступающего после Бустера в Нуклотрон пучка увеличена в 5 раз.

В Нуклотроне успешно испытана и использована уникальная импульсная система «быстрого» вывода. Она предназначена для перевода ускоренного до конечной энергии (в данном сеансе – 1,76 ГэВ/нуклон) пучка в канал транспортировки в Коллайдер.

Во время сеанса в рекордно короткие сроки, всего за несколько смен, выполнена настройка линии КТП – канала транспортировки пучка в кольца Коллайдера. Система длиной несколько десятков метров состоит из восьмидесяти восьми «теплых» магнитов с импульсным электропитанием, элементов вакуумной откачки и диагностики. В ходе наладки выполнена синхронизация всего необходимого оборудования и получены компактные пучки перед входом в Коллайдер.

К моменту первых инжекций частиц на орбиту Коллайдера был полностью закончен цикл подготовки и испытаний его магнитно-криостатной системы. В

During the first commissioning run at the Collider and its injection complex – which set a record for duration, lasting from January 16, 2025 to April 30, 2026 – a number of important results were obtained. The operating modes for the joined performance of all systems and elements of the injection complex were tested, ensuring a stable beam supply for Collider operation, as well as the corresponding systems for handling the circulating beam.

At the Booster, a beam accumulation mode was achieved through multiple injection. The beam delivered from the chain “the ion source KRION – the linear accelerator HILAC” is made “compact” using a unique electron cooling system. This allows new groups of particles from the injector to be “added” to the bunch circulating in the orbit. As a result, the intensity of the beam delivered from the Booster to the Nuclotron was increased by a factor of 5.

At the Nuclotron, a unique pulsed fast extraction system was successfully tested and used. It is designed to transfer the beam accelerated to its final energy (in this run, 1.76 GeV/nucleon) into the beam transport channel to the Collider.

During the run, in record time – just a few shifts – the beam transport line (BTL) to the Collider rings was tuned. This system, several tens of metres long, consists of eighty-eight “warm” magnets with pulsed power supplies, as well as vacuum pumping and diagnostic elements. During the commissioning, the synchronization of all required equipment was achieved, and “compact” beams were obtained before injection into the Collider.

By the time of the first particle injections into the Collider orbit, the full cycle of preparation and testing of its magnetic-cryostat system had been completed. The required vacuum

изоляции объема кольца и пучковой камере получены необходимые вакуумные условия, выполнено охлаждение до криогенных температур, проверены системы защиты магнитов. Впервые криогенный комплекс ЛФВЭ обеспечивал одновременное криостатирование всех сверхпроводящих колец – Бустера, Нуклотрона и Коллайдера и показал стабильную и надежную работу.

При запуске Коллайдера выполнена последовательная проводка инжектированного пучка по кольцу – сделан первый оборот, затем получена устойчивая циркуляция пучков в обоих кольцах на протяжении нескольких десятков минут. В ходе работ удалось выполнить первые измерения характеристик пучковой оптики колец Коллайдера.

После выполнения программы сеанса по запуску и настройке Коллайдера инжекционный комплекс был перенастроен для подачи пучка на установку BM@N, на которую стабильно поставлял выведенный из Нуклотрона пучок с энергией 3 ГэВ/нуклон.

Практически сразу после остановки ускорителей на инжекционном комплексе и на Коллайдере начались подготовительные работы ко второму сеансу пуско-наладочных работ, начало которого запланировано на октябрь этого года. Цель второго сеанса – получение и регистрация первых столкновений в детекторе MPD.

Стабильная циркуляция пучков в Коллайдере и их сведение укрепили уверенность в успешной реализации проекта. Строительные работы в здании 17 завершены на 99%. В конце 2026 года планируется подача в Ростехнадзор заявки на получение Заключения о соответствии. Это важный официальный документ, подтверждающий, что комплекс полностью готов к работе и отвечает всем техническим регламентам и строительным нормам. К этому моменту будут выполнены все запланированные работы по доведению оборудования ускорительного комплекса до проектных параметров базовой конфигурации, проведено устранение выявленных неполадок, доработаны системы каналов транспортировки и инжекции пучка из Нуклотрона в Коллайдер, а также усовершенствованы системы Коллайдера, включая его инженерную инфраструктуру.

С.А. Костромин

conditions were achieved in the insulating volume of the ring and in the beam chamber; cooling to cryogenic temperatures was performed; and magnet protection systems were tested. For the first time, the VBLHEP cryogenic facility provided simultaneous cryostatting of all superconducting rings – the Booster, the Nuclotron, and the Collider – and demonstrated stable and reliable operation.

During the Collider launch, the injected beam was successively transported around the ring – the first turn was made, followed by stable circulation of beams in both rings for several tens of minutes. As part of this work, the team successfully performed the first measurements of the beam optics characteristics of the Collider rings.

After the run programme for the Collider launch and tuning was completed, the injection complex was reconfigured to supply the beam to the BM@N facility, to which it steadily delivered the extracted beam from the Nuclotron with an energy of 3 GeV/nucleon.

Almost immediately after the accelerators were shut down, preparatory work began at both the injection complex and the Collider for the second commissioning run, which is scheduled to start in October of this year. The goal of the second run is to obtain and record the first collisions in the MPD detector.

The stable circulation of beams in the Collider and their convergence strengthened confidence in the successful implementation of the project. Construction work in Building 17 is 99% complete. By the end of 2026, it is planned to submit to Rostechнадзор an application for the Certificate of Compliance (CoC). This is an important official document confirming that the facility is fully ready for operation and meets all technical regulations and building standards. By that time, all planned work will have been completed to bring the accelerator complex equipment to the design parameters of the baseline configuration; identified faults will have been eliminated; the beam transport and injection systems from the Nuclotron to the Collider will have been upgraded; and the Collider systems, including its engineering infrastructure, will have been improved.

S. Kostromin

Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц Results of PAC PP meeting

64-е заседание ПКК по физике частиц было проведено 15 июня в гибридном формате видеоконференции.

Доклад о реализации проекта «Нуклотрон-NICA» представил А. О. Сидорин. Комитет высоко оценил результаты, полученные в ходе технологического сеанса на комплексе NICA, и поздравил команду ЛФВЭ с достижением важной вехи – одновременной циркуляцией пучка ионов ксенона в обоих кольцах Коллайдера с энергией около 2 ГэВ/н и проведением их столкновений. Стабильная работа ускорительного комплекса обеспечила успешный набор данных в эксперименте BM@N при трех энергиях пучка, ввод в эксплуатацию линий транспортировки пучка к облучательным станциям IS CRA и SIMBO, а также проведение девяти экспериментов в рамках коллаборации ARIADNA. ПКК поддержал интенсивную подготовку к началу эксперимента MPD на Коллайдере, запланированному на октябрь текущего года, включая модификации конструкции Бустера, устранение утечек вакуума в Нуклотроне, модификации линии

The 64th meeting of the Programme Advisory Committee for Particle Physics was held on June 15 in a hybrid format via videoconference.

The report on the implementation of the Nuclotron-NICA project was presented by A. Sidorin. The Committee highly appreciated the results obtained during the technological run at the NICA complex and congratulated the VBLHEP team on achieving an important milestone – the simultaneous circulation of the xenon ion beam in both Collider rings at an energy of about 2 GeV/n and bringing them into successful collisions. The stable operation of the accelerator complex ensured the successful collection of data at the BM@N experiment at three beam energies, the commissioning of the IS CRA and SIMBO beamlines, as well as the conduct of nine experiments within the ARIADNA Collaboration. The PAC supported the intensive preparation for the launch of the MPD experiment at the Collider, scheduled for October of this year, including

транспортировки пучка между Нуклотроном и Коллайдером, а также усовершенствование систем Коллайдера.

М. Н. Капишин рассказал об успехах в реализации проекта BM@N. В ходе физических экспериментов в феврале и апреле было зарегистрировано приблизительно 3×10^9 взаимодействий $\text{Xe}^{124} + \text{Sn}^{124}$ при энергиях пучка ксенона 1,6, 2,2 и 3,0 А ГэВ. Команда BM@N сосредоточена на точной юстировке центрального трекера, калибровке времяпролетной системы и обработке данных для реконструкции событий. Был достигнут прогресс в изучении образования Λ -гиперонов, $\pi^\pm$ - и $K^\pm$ -мезонов, протонов и легких гиперядер во взаимодействиях $\text{Xe} + \text{CsI}$ при энергии 3,8 А ГэВ. Статья об образовании Λ -гиперонов во взаимодействиях углерод-ядро была направлена для публикации в JHEP. В настоящее время разрабатываются дополнительные трековые детекторы и нейтронный детектор для будущего использования в сеансах с пучком висмута. ПКК поддержал запрос эксперимента BM@N на значительное увеличение дискового пространства в онлайн-ферме и кластере ЛИТ для хранения данных и реконструкции событий.

Отчет о реализации проекта MPD представил В. Г. Рябов. Эксперимент MPD продемонстрировал значительный прогресс за последние шесть месяцев и находится на завершающей стадии строительства и сборки. Сверхпроводящий соленоидный магнит успешно введен в эксплуатацию при максимальном магнитном поле 0,57 Тл. Картирование магнитного поля при 0,5 Тл возобновится в июне, перед монтажом время-проекционной камеры (TPC). Сборка, проверка на утечку и высоковольтные испытания TPC проходят успешно. Часть TPC оснащена электроникой, что позволило экспериментально наблюдать реакцию детектора на космические лучи. В магнит MPD помещен несущий каркас из углеродного волокна. Завершено производство всех полусекторов электромагнитного калориметра, включая запасные части, и все 50 полусекторов установлены в несущем каркасе внутри MPD. Все оставшиеся компоненты для первого этапа MPD, включая систему измерения времени пролета, передний быстрый детектор и передний адронный калориметр, в основном готовы к установке. Полная сборка и оснащение MPD для сбора данных запланированы на конец этого года. В настоящее время проводится комплексная программа исследований возможностей установки MPD, результаты которой уже представлены в двух статьях, подготовленных в рамках коллаборации. Третья статья, описывающая физические характеристики MPD в конфигурации с фиксированной мишенью, находится в стадии подготовки и, как ожидается, будет представлена для публикации к концу года.

А. В. Гуськов доложил о работах в проекте SPD. В течение последних шести месяцев основное внимание уделялось организации и проведению закупки магнитного ярма, работа над этим продолжается до сих пор. Продолжается также работа по координации и подготовке технических условий на установку криогенных трубопроводов и строительство криогенных резервуаров для жидкого гелия, аргона, азота и CO_2 . Идет выбор компании для производства и установки гелиевых трубопроводов. Продолжаются испытания прототипов основных подсистем SPD. Успешно прошел междугородный онлайн-семинар «Спиновая физика в преддверии эксперимента SPD на NICA», посвященный лучшему пониманию роли эксперимента SPD в современной спиновой физике. ПКК призвал команду SPD продолжать эту работу.

В ходе заседания были заслушаны и получили высокую оценку отчеты и планы групп ОИЯИ, участвующих в нейтринных (JUNO) и астрофизических (TAIGA) экспериментах, а также во «внешних» проектах на ускорителях SPS, LHC

modifications to the Booster design, repairing vacuum leaks in the Nuclotron, modifications to the beam transport line between the Nuclotron and the Collider, as well as upgrades to the Collider systems.

M. Kapishin reported on the progress in the implementation of the BM@N project. During the physics runs in February and April, approximately 3×10^9 interactions of $\text{Xe}^{124} + \text{Sn}^{124}$ were collected at Xe beam energies of 1.6, 2.2, and 3.0 A GeV. The BM@N team is focused on the precise alignment of the central tracker, calibration of the Time-Of-Flight system, and data processing for event reconstruction. Progress was achieved in the study of the production of Λ -hyperons, $\pi^\pm$, $K^\pm$ -mesons, protons, and light hypernuclei in $\text{Xe} + \text{CsI}$ interactions at an energy of 3.8 A GeV. A paper on the production of Λ -hyperons in carbon-nucleus interactions was submitted for publication in JHEP. Additional tracking detectors and a neutron detector are being developed for future use with the bismuth beam. The PAC supported the BM@N experiment's request for a significant increase in disk space at the online data farm and the MLIT cluster for data storage and event reconstruction.

V. Ryabov presented the report on the implementation of the MPD project. The MPD experiment has demonstrated significant progress over the past six months and is in the final stages of construction and assembly. The superconducting solenoid magnet has been successfully commissioned at a maximum magnetic field of 0.57 T. Magnetic field mapping at 0.5 T will resume in June, prior to the installation of the TPC. Assembly, leakage testing, and high voltage testing of the TPC are proceeding successfully. Part of the TPC was equipped with electronics, making it possible to experimentally observe the detector's response to cosmic rays. A carbon fiber load-bearing frame was installed in the MPD magnet. Production of all ECAL half-sectors, including spare parts, was completed, and all 50 half-sectors were installed in the load-bearing frame inside MPD. All remaining components for the first stage of MPD, including the Time-Of-Flight system, the Forward Fast Detector, and the Forward Hadron Calorimeter, are largely ready for installation. Full assembly and equipping of MPD for data taking are scheduled for the end of this year. A comprehensive feasibility study programme for the MPD facility is currently underway, with results already presented in two Collaboration papers. A third paper, reporting MPD physics performance in a fixed-target configuration, is in preparation and is expected to be submitted for publication by the end of the year.

A. Guskov reported on the work carried out within the SPD project. Over the past six months, the main focus has been on the organization and execution of the procurement of the magnet yoke, and it is still ongoing. Coordination and preparation of technical specifications for the installation of cryogenic pipelines and the construction of cryogenic tanks for liquid helium, argon, nitrogen, and CO_2 are also continuing. The selection of a contractor for the production and installation of helium pipelines is underway. Testing of prototypes of the main SPD subsystems is ongoing. The international online workshop "Spin Physics Ahead of NICA SPD," aimed at fostering a better understanding of the role of the SPD experiment in modern spin physics, was successfully held. The PAC encouraged the SPD team to continue these efforts.

During the meeting, the reports and plans of the JINR teams involved in the neutrino (JUNO) and astrophysical (TAIGA) experiments, as well as in the "external" projects at the SPS, LHC, and RICH accelerators, were heard and highly appreciated. At the same time, the PAC recommended strengthening the

и RICH. В то же время ПКК рекомендовал усилить вовлеченность сотрудников в реализацию флагманских проектов Лаборатории. Комитет попросил команду ОИЯИ в эксперименте NA61/SHINE в течение года подготовить предложение по участию в экспериментах NICA, рекомендовав продлить участие ОИЯИ в эксперименте NA61/SHINE до конца 2028 года, чтобы позволить команде завершить текущие физические анализы и работу по проекту. Также на заседании была отмечена важность подготовки молодых ученых в области физики тяжелых ионов в эксперименте STAR. В связи с тем, что работа RHIC была завершена в 2025 году, ПКК вновь рекомендовал команде STAR в ОИЯИ постепенно переориентировать свою деятельность на эксперименты NICA и, продлив участие ОИЯИ в эксперименте STAR на один год, попросил подготовить предложение по участию группы в экспериментах NICA.

На постерной сессии ПКК было представлено 23 доклада молодых ученых из ЛЯП, ЛИТ и ЛФВЭ. Комитет отобрал доклад «Направленный поток протонов в столкновениях Xe + CsI при энергии пучка 3,8 АГэВ в эксперименте BM@N», подготовленный младшим научным сотрудником ЛФВЭ М. В. Мамаевым, для представления на заседании Ученого совета ОИЯИ в сентябре 2026 года.

На закрытом заседании члены ПКК обратили внимание дирекции на нехватку людских ресурсов в ряде основных проектов, в частности, в эксперименте BM@N. Директор ОИЯИ Г. В. Трубников отвечал, что ситуация постепенно улучшается: благодаря настойчивости ПКК все больше людей из других лабораторий и институтов подключаются к проектам NICA. В течение года будут разработаны положения о работе ускорительного комплекса и возможностях участия в экспериментах. Но сейчас основной приоритет – обеспечить его стабильную работу.

Следующее заседание ПКК по физике частиц намечено на 25 января 2027 года.

А. П. Чеплаков

involvement of staff in the implementation of the Laboratory's flagship projects. The Committee requested the JINR team in the NA61/SHINE experiment to prepare, within one year, a proposal for participation in the NICA experiments, while recommending that JINR's participation in NA61/SHINE be extended until the end of 2028 to allow the team to complete its current physics analyses and project work. The meeting also noted the importance of training young scientists in the field of heavy-ion physics within the STAR experiment. Given that RHIC operations were completed in 2025, the PAC reiterated its recommendation that the JINR STAR team gradually refocus its activities toward the NICA experiments and, having extended JINR's participation in STAR by one year, requested that a proposal for the group's involvement in the NICA experiments be prepared.

At the PAC poster session, 23 reports were presented by young scientists from DLNP, MLIT, and VBLHEP. The Committee selected the report "Directed flow of protons in Xe + CsI collisions at the beam energy of 3.8 A GeV with the BM@N experiment", prepared by M. Mamaev, a junior researcher at VBLHEP, for presentation at the next session of the JINR Scientific Council in September 2026.

At a closed session, the PAC members drew the Directorate's attention to a shortage of human resources in a number of key projects, in particular, in the BM@N experiment. JINR Director G. Trubnikov responded that the situation is gradually improving: thanks to the PAC's persistence, an increasing number of specialists from other laboratories and institutes are becoming involved in the NICA projects. Within the coming year, regulations governing the operation of the accelerator complex and the opportunities for participation in experiments will be developed. However, at present, the top priority is to ensure its stable operation.

The next meeting of the PAC for Particle Physics is scheduled for 25 January 2027.

A. Cheplakov

Новости Коллаборации BM@N News from BM@N Collaboration

В апреле этого года коллаборацией BM@N был успешно проведен сеанс на Нуклотроне. В ходе физического сеанса, продолжавшегося с 12 февраля по 4 апреля, проводился набор экспериментальных данных по взаимодействиям $\text{Xe}^{124} + \text{Sn}^{124}$ при трех энергиях пучка ядер ксенона – 1,6, 2,2 и 3,0 АГэВ. Всего зарегистрировано около трех миллиардов событий, пригодных для физического анализа. Динамика набора статистики в ходе сеанса представлена на Рис. 1. Следует особо отметить стабильную работу ускорительного комплекса на всем протяжении сеанса.

In April of this year, the BM@N Collaboration successfully carried out a run at the Nuclotron. The physics run, which lasted from February 12 to April 4, focused on data taking on $\text{Xe}^{124} + \text{Sn}^{124}$ interactions at the Xe beam energies of 1.6, 2.2, and 3.0 A GeV. In total, about 3×10^9 events available for physical analysis were collected. The integrated day-by-day statistics is presented in Fig. 1. The stable performance of the accelerator complex over the entire duration of the run should be particularly noted.

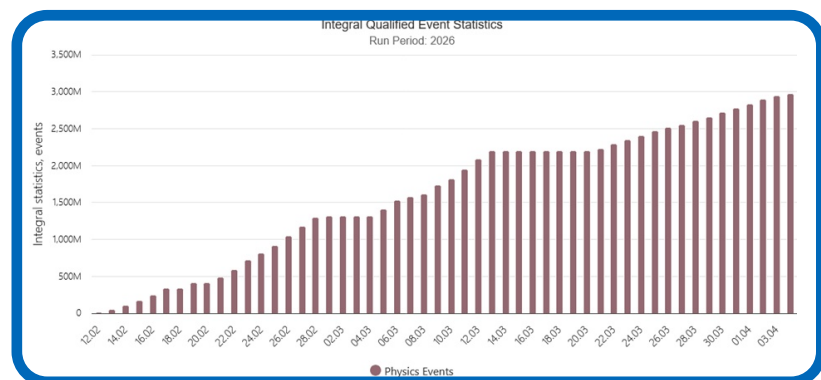


*Рис. 1. Интегрированная посуточная статистика зарегистрированных взаимодействий $\text{Xe}^{124} + \text{Sn}^{124}$ при энергиях пучка Xe - 2,2, 1,6 и 3,0 АГэВ.
Fig. 1. Integrated day-by-day statistics of recorded $\text{Xe}^{124} + \text{Sn}^{124}$ interactions at the Xe beam energies of 2.2, 1.6, 3.0 A GeV.*

Была подготовлена физическая статья, посвященная изучению образования Λ -гиперонов в углерод-ядерных взаимодействиях при энергиях 4,0 А ГэВ и 4,5 А ГэВ (BM@N Collaboration, «Production of Λ hyperons in 4.0 А GeV and 4.5 А GeV carbon-nucleus interactions at the Nuclotron», <https://arxiv.org/pdf/2604.13299> (submitted to JHEP). В этой работе используются данные для измерения спектров поперечного импульса и распределений по быстроте выходов Λ -гиперонов. Результаты сравниваются с предсказаниями транспортных моделей DCM-SMM, UrQMD и PHSD, а также с измерениями выходов Λ -гиперонов в других экспериментах при аналогичных энергиях столкновений. На Рис. 2а, 2b, 2с приведены избранные результаты из указанной статьи.

М. Н. Капишин

A physics paper was prepared on the study of the production of Λ hyperons in 4.0 А GeV and 4.5 А GeV carbon-nucleus interactions (BM@N Collaboration, «Production of Λ hyperons in 4.0 А GeV and 4.5 А GeV carbon-nucleus interactions at the Nuclotron», <https://arxiv.org/pdf/2604.13299> (submitted to JHEP). In this work, data are used to measure transverse momentum spectra and rapidity distributions of Λ hyperon yields. The results are compared with the predictions of DCM-SMM, UrQMD, and PHSD transport models and with the Λ yield measurements in other experiments at similar collision energies. Selected results from the paper are presented in Fig. 2a, 2b, 2c.

M. Kapishin

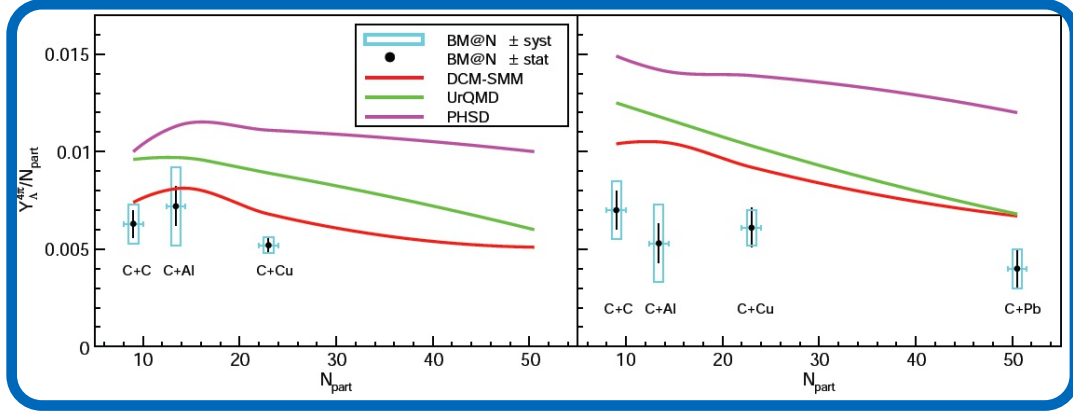


Рис. 2а. Отношения выходов Λ -гиперонов к числу нуклонов-участников, N_{part} , измеренные BM@N в неупругих взаимодействиях углерод-ядро при 4,0 А ГэВ (слева) и 4,5 А ГэВ (справа). Результаты BM@N сравниваются с предсказаниями модели.
Fig. 2a. Ratios of the Λ hyperon yields to the number of nucleon participants N_{part} measured by BM@N in minimum bias carbon-nucleus interactions at 4.0 А GeV (left) and 4.5 А GeV (right). The BM@N results are compared with the model predictions.

Рис. 2b. Интегрированный выход Λ -гиперонов в столкновениях C+C как функция $\sqrt{s_{NN}}$. Экспериментальные данные BM@N сравниваются с параметризацией, основанной на столкновениях pp, масштабированных до $N_{part}=9$. Пунктирные красные линии указывают на неопределенности в предсказанной функции возбуждения (около 25%).
Fig. 2b. The integrated yield of Λ hyperons in C+C collisions as a function of $\sqrt{s_{NN}}$. BM@N experimental data are compared with a parameterization based on pp collisions scaled to $N_{part}=9$. Dashed red lines indicate the uncertainties in the predicted excitation function (about 25%).

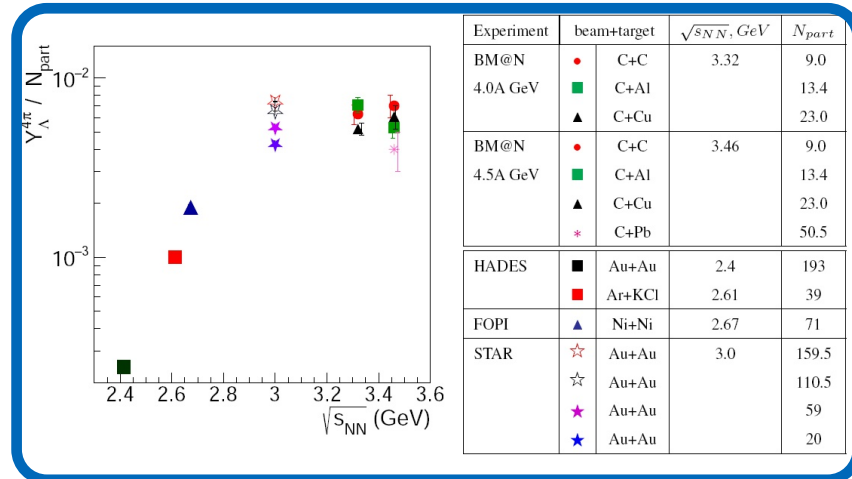
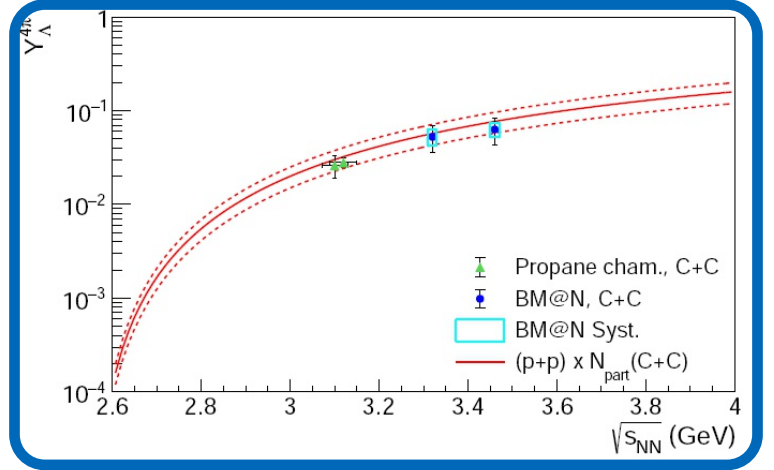


Рис. 2с. Интегральные значения выхода Λ , нормированные на N_{part} , как функция энергии столкновения $\sqrt{s_{NN}}$.
Fig. 2c. Integral Λ yields normalized to N_{part} as a function of collision energy $\sqrt{s_{NN}}$.

Коллаборация MPD приближается к началу первых экспериментов на NICA

MPD Collaboration Nears the Start of First Experiments at NICA

С 21 по 23 апреля 2026 года в Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ прошло XVII совещание коллаборации MPD (Multi-Purpose Detector). Около 200 ученых из 11 стран оценивали готовность ускорительного комплекса NICA и многоцелевого детектора MPD к ближайшему физическому сеансу на коллайдере. По плану, перевод экспериментальной установки в рабочее состояние в точке взаимодействия MPD намечен на октябрь 2026 года.

Открывая рабочую программу, главный инженер ускорительного комплекса NICA Е. М. Сыресин выступил с докладом о ходе работ на ускорительном комплексе. В нем были подведены итоги первого сеанса, который продолжался с марта 2025 по апрель 2026 года.

Среди наиболее важных достижений он выделил продолжительную циркуляцию пучков ядер ксенона с энергией 1,76 ГэВ на нуклон в верхнем и нижнем кольцах коллайдера. Позднее, в феврале 2026 года, удалось одновременно удерживать встречные пучки с одинаковой частотой обращения сгустков в каждом кольце, а также обеспечить их синхронное прохождение в точке встречи, то есть в области детектора MPD. Отдельно Е. М. Сыресин остановился на втором физическом цикле эксперимента BM@N (Baryonic Matter at Nuclotron). В его рамках было зарегистрировано 2,75 миллиарда событий. Все перечисленные результаты показали, что ключевые инженерные системы ускорительного комплекса функционируют устойчиво.

Начало следующего сеанса на NICA ожидается осенью 2026 года. На этом этапе основное внимание будет сосредоточено на увеличении интенсивности циркулирующего пучка в коллайдере. Для этого

From April 21 to 23, 2026, the XVII MPD (Multi-Purpose Detector) Collaboration Meeting was held at the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, JINR. About 200 scientists from 11 countries gathered to assess the readiness of the NICA accelerator complex and the MPD detector for the upcoming physics run at the collider. According to the schedule, the transition of the experimental facility to an operational state at the MPD interaction point is planned for October 2026.

Opening the meeting, Evgeny Syresin, Chief Engineer of the NICA accelerator complex, delivered a report on the progress of work at the accelerator facility. The report summarized the results of the first run, which lasted from March 2025 to April 2026.

Among the most notable achievements, he highlighted the sustained circulation of the xenon ion beam at an energy of 1.76 GeV per nucleon in the upper and lower rings of the collider. Later, in February 2026, it became possible to simultaneously maintain colliding beams with the same bunch revolution frequency in each ring and to ensure their synchronous passage through the interaction point, i.e., the MPD detector area. E. Syresin also paid special attention to the second physics run of the BM@N experiment (Baryonic Matter at Nuclotron). During this run, 2.75 billion events were collected. All these results demonstrated that the key engineering systems of the accelerator complex are operating reliably.

The next run at NICA is expected to begin in the autumn of 2026. At this stage, the main focus will be on increasing the intensity of the circulating beam in the collider. To this end, VBLHEP specialists will carry out a number of preparatory activities at the Booster, the Nuclotron, and the collider. It is anticipated that during the new run, the facility will operate with xenon ion beams at an energy of 2–2.5 GeV per nucleon and achieve a luminosity of 10^{24} – 10^{25} cm⁻² s⁻¹.

The status of the multipurpose detector was reported by



Рис. 3. Участники XVII совещания коллаборации MPD. 21 апреля 2026.
Fig. 3. Participants of the XVII MPD Collaboration meeting. April 21, 2026.

специалистам ЛФВЭ предстоит провести ряд подготовительных работ на Бустере, Нуклотроне и коллайдере. Предполагается, что в новом сеансе комплекс будет работать с пучками ионов ксенона с энергией 2-2,5 ГэВ на нуклон и обеспечит светимость 10^{24} - 10^{25} см⁻² с⁻¹.

О подготовке многоцелевого детектора рассказал руководитель коллаборации MPD, главный научный сотрудник ЛФВЭ ОИЯИ В. Г. Рябов. В числе главных успехов он назвал стабильную работу сверхпроводящего магнита экспериментальной установки при номинальном поле 0,5 Тл. Как отметил ученый, с февраля 2026 года магнит MPD полностью готов к эксплуатации.

Одновременно продолжается интенсивная подготовка внутренних детекторных подсистем. В корпус магнита уже установлен силовой каркас из углепластика, осуществляется монтаж модулей электромагнитного калориметра ECAL и времяпролетной системы TOF. Значительный прогресс достигнут и в создании центрального трекового детектора, то есть времяпроекционной камеры ТРС. Газовый объем детектора уже собран, а испытания на герметичность и высокое напряжение прошли успешно. На момент совещания была завершена установка 24-х считывающих камер ROC, осуществлялся монтаж электроники.

За прошедшие полгода подготовка многоцелевого детектора к пучковому сеансу на NICA ощутимо ускорила. Как отметил В. Г. Рябов, согласно графику, установка должна быть переведена в рабочее положение в точку взаимодействия MPD до конца октября. Одновременно международная коллаборация MPD продолжает моделирование физических процессов эксперимента сразу в двух вариантах, а именно для коллайдерного режима (MPD-CLD) и для режима с фиксированной мишенью (MPD-FXT). Новые результаты физического моделирования работы эксперимента MPD с фиксированной мишенью планируется опубликовать до конца этого года, первый вариант статьи уже был написан и находится на этапе рецензирования коллаборацией. Вместе с этим ведется активная подготовка программного обеспечения и вычислительных ресурсов к запуску установки и последующей обработке первых экспериментальных данных.

Обновленную дорожную карту по сборке и интеграции детекторных подсистем представил руководитель научно-экспериментального отдела многоцелевого детектора и технический координатор коллаборации MPD В. М. Головатюк. В его докладе были обозначены ключевые этапы работ на 2026 год.

После этого программа продолжилась специализированными докладами. О нынешнем состоянии сверхпроводящего соленоидального магнита MPD сообщил заместитель главного инженера ЛФВЭ ОИЯИ К. А. Мухин. Начальник сектора реконструкции ионных столкновений ЛФВЭ ОИЯИ О. В. Рогачевский выступил с сообщением о развитии вычислительной инфраструктуры эксперимента MPD. Е. И. Антохин, сотрудник Института ядерной физики имени Г. И. Будкера ИЯФ СО РАН, представил результаты выполненных измерений магнитного поля в объеме детектора MPD и обозначил план продолжения этих работ летом 2026 года. По окончании первого дня состоялось заседание представителей институтов, входящих в состав коллаборации MPD (Institutional Board). В ходе него на пост заместителя руководителя был выбран Чи Ян (Chi Yang) из Шаньдунского университета в Китае. Также был обновлен состав Исполнительного совета (Executive Council)



Рис. 4. Участники совещания в экспериментальном зале MPD.

Fig. 4. Participants of the meeting in the MPD experimental hall.

Victor Riabov, MPD Collaboration Spokesperson and Chief Researcher at VBLHEP JINR. Among the key successes, he spoke about the stable operation of the superconducting magnet of the experimental facility at its nominal field of 0.5 T. As the scientist noted, since February 2026, the MPD magnet has been fully ready for operation.

At the same time, intensive preparation of the internal detector subsystems continues. The carbon fibre support frame has already been installed inside the magnet yoke, and the assembly of the electromagnetic calorimeter (ECAL) and Time-Of-Flight (TOF) system modules is underway. Significant progress has also been made in the construction of the central tracking detector, namely the Time-Projection Chamber (TPC). The gas volume of the detector has been assembled, and leak and high-voltage tests have been successfully completed. At the time of the meeting, the installation of 24 readout chambers (ROCs) had been completed, and the mounting of electronics was in progress.

Over the past six months, the preparation of the multipurpose detector for the beam run at NICA has accelerated noticeably. As V. Riabov noted, according to the schedule, the detector is to be moved into its operational position at the MPD interaction point by the end of October. At the same time, the international MPD Collaboration continues to simulate the physical processes of the experiment in two configurations: the collider mode (MPD-CLD) and the fixed-target mode (MPD-FXT). New results from the physics performance studies for the fixed-target mode are planned for publication before the end of this year; the first draft of the paper has already been written and is currently under internal Collaboration review. In parallel, active efforts are underway to prepare the software and computing resources for the detector launch and the subsequent processing of the first experimental data.

An updated roadmap for the assembly and integration of the detector subsystems was presented by Vyacheslav Golovatyuk, Head of the Scientific and Experimental Department of the Multipurpose Detector and Technical Coordinator of the MPD Collaboration. His report outlined the key work stages for 2026.

The programme then continued with specialized presentations. The current status of the MPD superconducting solenoid magnet was reported by Konstantin Mukhin, Deputy Chief Engineer of VBLHEP JINR. Oleg Rogachevsky, Head of the Ion Collision Reconstruction Sector at VBLHEP JINR, gave a talk on the development of the MPD computing infrastructure. Evgeny Antokhin, a researcher from the Budker Institute of Nuclear Physics (BINP SB RAS), presented the results of magnetic field measurements performed inside the MPD detector volume and outlined the plan for continuing this work in the summer of 2026. At the end of the first day, a meeting of the MPD Collaboration Institutional Board was held, during

коллораации MPD.

В программу XVII совещания коллораации MPD было включено более 40 научных выступлений. Их тематика охватывает широкий спектр вопросов, связанных с разработкой детекторных подсистем, формированием вычислительной инфраструктуры и развитием физической программы эксперимента. 22 апреля гости, прибывшие в Дубну, посетили ускорительный комплекс NICA и экспериментальный зал установки MPD. Итоги совещания были подведены во время открытой дискуссии 23 апреля.

К июлю 2026 года работы по интеграции MPD проходят в соответствии с утвержденным планом. В течение мая-июня была собрана и введена в эксплуатацию западная подъемная платформа. Это позволило в срок завершить установку в силовой каркас MPD всех 50 модулей электромагнитного калориметра ECal и 24 из 28 модулей TOF (модули в нижней части силового каркаса не были установлены для проведения работ по измерению магнитного поля соленоида).

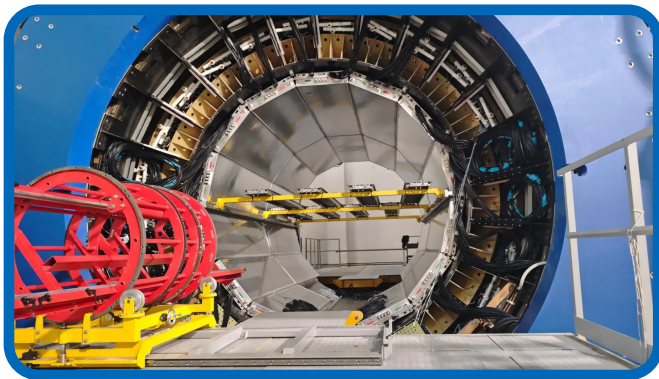


Рис. 5. Установленные в силовой каркас MPD модули Ecal и TOF.
Fig. 5. Ecal and TOF modules installed in the MPD support frame.

В июне соленойд MPD охладили до рабочих температур и группой ИЯФ СО РАН были начаты измерения магнитного поля с учетом установленных детекторных подсистем. После завершения этих измерений сборка детектора MPD будет продолжена.

Коллораация MPD

which Chi Yang from Shandong University (China) was elected as Deputy Spokesperson. The composition of the MPD Collaboration Executive Council was also updated.

The programme of the XVII MPD Collaboration Meeting included more than 40 scientific presentations. Their topics cover a wide range of issues related to the development of detector subsystems, the establishment of computing infrastructure, and the advancement of the experiment's physics programme. On April 22, the participants who had arrived in Dubna visited the NICA accelerator complex and the experimental hall of the MPD facility. The outcomes of the meeting were summarized during an open discussion on April 23.

By July 2026, the integration work on the MPD detector has been progressing in accordance with the approved schedule. During May-June, the western lifting platform was assembled and commissioned. This made it possible to complete, on schedule, the installation of all 50 ECAL modules and 24 out of 28 TOF modules into the MPD support frame (the modules in the lower part of the support frame were not installed in order to allow magnetic field measurements of the solenoid to be carried out).

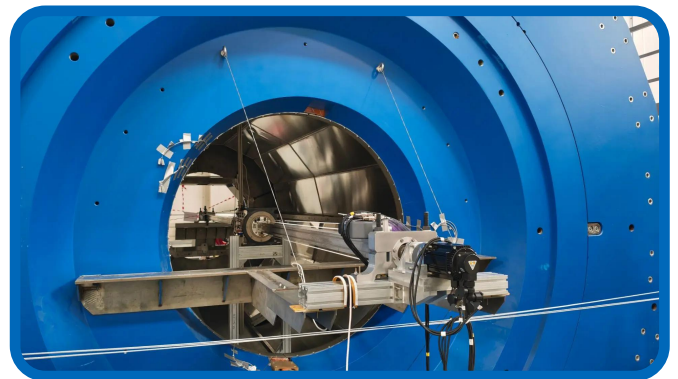


Рис. 6. Процесс измерения магнитного для соленойда MPD.
Fig. 6. MPD solenoid magnetic field measurements.

In June, the MPD solenoid was cooled down to operating temperatures, and the BINP SB RAS team began magnetic field measurements with the installed detector subsystems in place. Once these measurements are completed, assembly of the MPD detector will continue.

MPD Collaboration

Под ярмом Under the Yoke

Несмотря на схожую функциональность, каждая экспериментальная установка имеет свою узнаваемую особенность. Так, установка PHENIX на коллайдере RHIC (BNL) запомнилась своей открытой геометрией, детектор СНД на коллайдере ВЭПП-2000 в Новосибирске – сферической формой, детектор ATLAS на LHC (ЦЕРН) – массивными катушками тороидального магнита, расположенными как ребра бочки. Визитной карточкой установки SPD должно стать массивное ярмо сверхпроводящего соленойда, являющееся одновременно и частью системы идентификации мюонов. Кроме того, оно является несущей конструкцией всего SPD и интегрировано с его системой перемещения.

Концепция ярма магнита SPD, где стальные пластины чередуются со слоями газовых координатных детекторов, необходимых для регистрации мюонных треков, была разработана группой ЛЯП под руководством Г. Д. Алексева. За несколько месяцев напряженной работы коллектив КБ-2 ЛФВЭ под руководством главного конструктора SPD Н. Д. Топилина доработал и оптимизировал эту концепцию, превратив ее в набор конструкторской документации, необходимой для воплощения изделия в металле. В феврале был объявлен тендер на изготовление ярма.

Despite similar functionality, every experimental facility has its own distinctive feature. The PHENIX detector at the RHIC collider (BNL) is remembered for its open geometry, the SND detector at the VEPP-2000 collider in Novosibirsk for its spherical shape, and the ATLAS detector at the LHC (CERN) for its massive toroidal magnet coils arranged like staves of a barrel. The SPD facility's signature element is set to be the massive yoke of its superconducting solenoid, which simultaneously serves as part of the muon identification system. Moreover, it acts as the load-bearing structure of the entire SPD and is integrated with its positioning system.

The concept of the SPD magnet yoke, where steel plates alternate with layers of gaseous coordinate detectors required for muon track registration, was developed by DLNP team led by G. Alekseev. Over several months of intensive work, the team of CD No. 2 of VBLHEP, led by SPD Chief Designer N. Topilin, refined and optimized this concept, transforming it into a full set of design documentation necessary for bringing the structure to life in metal. In February, a tender was announced for the yoke's production. The task presents a significant challenge: the considerable dimensions of the steel plates, the need for high-

Задача стоит непростая: значительные габариты стальных пластин, высокие требования к точности обработки, а также суммарный вес конструкции свыше тысячи тонн являются серьезным вызовом для потенциальных производителей. На тендер уже откликнулось несколько заводов, имеющих опыт создания подобных объектов. В настоящее время группа конструкторов под руководством технического координатора проекта SPD А. Ю. Корзенева и главного конструктора установки Н. Д. Топилина наносит визиты на эти предприятия, уточняя на месте возможности изготовления ярма соленоида SPD. Результаты тендера станут известны в ближайшие недели.

Помимо создания экспериментальной установки, продолжается работа и над развитием физической программы эксперимента. 24 марта состоялось однодневное дистанционное совещание «Spin Physics Ahead of NICA SPD». Основной целью мероприятия стало обсуждение последних результатов спиновых экспериментов и уточнение места проекта SPD в общей картине развития данного направления. В качестве вводной части были представлены доклады представителей ОИЯИ, а затем новостями теории и экспериментов поделились ученые ведущих мировых научных центров и университетов из России, Китая, США, Франции, Испании, Бразилии и ЦЕРНа. Всего в совещании приняли участие свыше 80 человек.

Обсуждение хода работ по проекту продолжается и внутри международной коллаборации SPD. 18-22 мая в Томске на базе Томского государственного университета состоялось очередное, 11-е совещание коллаборации. В течение пяти дней 86 представителей коллаборации из 13 институтов России, Китая, ЮАР, Белоруссии и Кубы обсуждали создание экспериментальной установки, доработку физической программы эксперимента, развитие компьютерной инфраструктуры и программного обеспечения, а также разработку электроники для детекторных подсистем установки. Свыше сотни участников подключились к мероприятию удаленно. В ходе совещания была достигнута договоренность о подписании Меморандума о взаимопонимании с двумя китайскими университетами – Шаньдунским университетом (Циндао) и Научно-техническим университетом Китая (Хэфэй).

А. В. Гуськов



Рис. 7. Представители проекта SPD на одном из предприятий, рассматриваемых в качестве изготовителя ярма соленоида.

Fig. 7. SPD project representatives at one of the enterprises being considered as a potential manufacturer of the solenoid yoke.

precision machining, and the structure's total weight of over a thousand tons pose a serious challenge to potential manufacturers. Several plants with experience in building similar large-scale structures have already responded to the tender. Currently, a team of designers led by SPD Technical Coordinator A. Korzenev and Chief Designer N. Topilin is visiting these enterprises to assess on-site the capabilities for manufacturing the SPD solenoid yoke. The tender results are expected in the coming weeks.

Alongside the construction of the experimental facility, work continues on developing the physics programme of the experiment. On March 24, a one-day remote workshop "Spin Physics Ahead of NICA SPD" was held. The main goal of the event was to discuss the latest results in spin physics experiments and to clarify the role of the SPD project within the broader landscape of this field. The introductory session featured presentations by JINR representatives, followed by theory and experimental news shared by scientists from leading research centers and universities around the world, including Russia, China, the United States, France, Spain, Brazil, and CERN. In total, over 80 participants attended the workshop.

Discussions on the project's progress also continue within the international SPD Collaboration. On May 18-22, the 11th Collaboration Meeting was held at Tomsk State University. Over five days, 86 Collaboration members from 13 institutes in Russia, China, South Africa, Belarus, and Cuba discussed the construction of the experimental facility, the refinement of the physics programme, the development of computing infrastructure and software, as well as the design of electronics for the detector subsystems. Over a hundred participants joined the event remotely. During the meeting, an agreement was reached to sign Memoranda of Understanding with two Chinese universities – Shandong University (Qingdao) and the University of Science and Technology of China (Hefei).

A. Guskov



Рис. 8. Совещание коллаборации SPD в Томске. Fig. 8. The SPD Collaboration meeting in Tomsk.

Эксперименты с поляризованными пучками на Нуклотроне

Experiments with Polarized Beams at the Nuclotron

В рамках подготовки концептуального проекта по созданию инфраструктуры и развитию технологий для спиновых исследований на комплексе NICA в феврале – марте было проведено два рабочих совещания группы SPRINT. Одной из задач этих совещаний была проработка проведения первоочередных экспериментов по управлению спинами поляризованных протонов и дейтронов на Нуклотроне.

Комплекс NICA предназначен для столкновения встречных пучков релятивистских ядер в многоцелевом детекторе MPD, а также встречных пучков поляризованных протонов и дейтронов в спиновом детекторе SPD. Инжекция тяжелых ионов и поляризованных легких ядер осуществляется из существующего сверхпроводящего синхротрона Нуклотрона. Возможность проведения экспериментов на выведенных поляризованных пучках протонов и дейтронов из Нуклотрона существенно расширяет программу фундаментальных исследований по физике спинов частиц на комплексе NICA.

Для реализации программы исследований с поляризованными пучками на NICA с детектором SPD требуются высокоинтенсивные поляризованные пучки протонов и дейтронов со степенью поляризации не менее 70%. Помимо поперечной поляризации пучков в детекторе, требуется также и продольная. Кроме того, для подавления систематических ошибок эксперимента требуется организовать систему многократных переворотов спинов (систему спин-флипа) со временем переворота около 1 секунды. Из-за малого G-фактора управление ориентацией спинов дейтронов является серьезным технологическим вызовом. Применение существующих методов управления спином протонов с помощью спин-ротаторов на основе поперечных магнитных полей, используемых в RHIC (BNL), из-за больших интегралов полей неприемлемы для дейтронов. Программу поляризационных исследований можно реализовать как для протонов, так и для дейтронов, используя новый режим управления поляризацией – режим «спиновой прозрачности» (ST), разработанный совместно МФТИ-ОИЯИ, который позволяет сохранять поляризацию при ускорении и гибко управлять направлением ее вектора с помощью спиновых навигаторов на основе слабых магнитных полей. В этой связи экспериментальная проверка ST режима, которая может быть выполнена на Нуклотроне, приобретает особую значимость.

Нуклотрон оснащен необходимым оборудованием для проведения экспериментов с поляризованными пучками. Источник поляризованных ионов SPI (Source of Polarized Ions) обеспечивает пучки поляризованных дейтронов и протонов с током до 10 мА и поляризацией до 90%. Поляризация пучка протонов и дейтронов может быть измерена как на поляриметре на внутренней мишени Нуклотрона, так и на выведенном пучке с помощью поляриметра, расположенного в фокусе F3 канала транспортировки пучка в экспериментальный зал 205.

Для проведения экспериментов с поляризованными пучками необходимо решить задачу сохранения поляризации в процессе ускорения пучка до энергии эксперимента и обеспечить управление ориентацией спинов при доставке пучка на мишень. Основная потеря поляризации пучка происходит во время пересечения спиновых резонансов. Особую опасность представляет пересечение внутренних спиновых резонансов, связанных с корреляцией спинового и бетатронного движения частиц.

As part of the preparation of the conceptual design for the development of infrastructure and technologies for spin research at the NICA complex, two workshops by the SPRINT group were held in February-March. One of the tasks of these workshops was to elaborate on conducting first-priority experiments on spin control of polarized protons and deuterons at the Nuclotron.

The NICA complex is designed for collisions of colliding beams of relativistic nuclei in the multipurpose MPD detector and colliding beams of polarized protons and deuterons in the spin SPD detector. Injection of heavy ions and polarized light nuclei is carried out from the existing superconducting synchrotron Nuclotron. The possibility of conducting experiments with extracted polarized proton and deuteron beams from the Nuclotron significantly expands the programme of fundamental research in particle spin physics at the NICA complex.

To implement the research programme with polarized beams at NICA using the SPD detector, high-intensity polarized beams of protons and deuterons with a polarization degree of at least 70% are required. In addition to transverse polarization of the beams, longitudinal polarization in the detector is also needed. Furthermore, to suppress systematic errors in the experiment, a system for multiple spin reversals (a spin-flip system) with a reversal time of about one second must be arranged. Due to the small G-factor, controlling the spin orientation of deuterons is a serious technological challenge. The application of existing methods for proton spin control using spin rotators based on transverse magnetic fields, as used at RHIC (BNL), is unacceptable for deuterons because of the large field integrals. The polarization research programme can be implemented for both protons and deuterons using a new spin control mode – the "spin transparency" (ST) mode, developed jointly by MIPT and JINR, which allows one to preserve polarization during acceleration and flexibly control the direction of the polarization vector using spin navigators based on weak magnetic fields. In this regard, experimental verification of the ST mode, which can be performed at the Nuclotron, becomes particularly significant.

The Nuclotron is equipped with the necessary hardware to perform the experiments with polarized beams. The SPI (Source of Polarized Ions) provides beams of polarized deuterons and protons with a current of up to 10 mA and a polarization of up to 90%. The polarization of the proton and deuteron beams can be measured both at the internal target polarimeter at the Nuclotron and on the extracted beam using a polarimeter located at the F3 focus of the beam transport channel to experimental hall 205.

To conduct the experiments with polarized beams, it is necessary to solve the problem of preserving polarization during beam acceleration to the experimental energy and to provide control of spin orientation when delivering the beam on the target. The main loss of beam polarization occurs during the crossing of spin resonances. Of particular concern is the crossing of intrinsic spin resonances associated with the correlation between the spin motion and betatron motion of particles.

To preserve proton polarization over the entire momentum range of the Nuclotron, a partial 50% snake based on solenoids with a field integral of up to 25 T·m and a field ramp rate of about 1 T/s has been proposed. At the initial stage, for protons, a

Для сохранения поляризации протонов во всем диапазоне импульсов Нуклотрона предложена частичная 50%-я змейка на основе соленоидов с интегралом поля до 25 Тл·м и скоростью подъема поля около 1 Тл/с. На начальном этапе для протонов выделен диапазон импульсов до 3,5 ГэВ/с, в котором отсутствуют внутренние спиновые резонансы и для сохранения поляризации требуется слабый соленоид с интегралом поля 50 мТл·м и штатные корректирующие диполи, позволяющие отклонять замкнутую орбиту до 1 см.

Установка пары таких соленоидов в качестве спинового навигатора позволит провести экспериментальную проверку ST режима на резонансах $\gamma G=2$ и $\gamma G=3$. Существует возможность реализации спиновых навигаторов на базе штатных корректирующих диполей для ST режима на целых резонансах $\gamma G=k$ ($k \geq 4$). Предварительно, для протонов необходимо измерить силы целых спиновых резонансов, что позволит сформулировать требования на магнитные поля спиновых навигаторов для контроля направления поляризации. Также требуется провести эксперименты по адиабатическому захвату поляризации протонов при медленном приближении пучка в область целого резонанса. После экспериментальной проверки ST режима открывается возможность проведения экспериментов на дискретных энергиях, соответствующих целым спиновым резонансам, начиная с энергии 108 МэВ и идущих с шагом 523 МэВ, с выведенным пучком протонов с любым направлением поляризации на мишени.

Из-за малого значения G-фактора дейтронов сетка резонансов для них сильно разрежена. При правильном выборе вертикальной бетатронной частоты ($\nu_y < 7,14$) удастся исключить пересечение внутреннего спин-бетатронного резонанса, что позволяет сохранить вертикальную поляризацию пучка дейтронов при ускорении вплоть до 13 ГэВ/с. Однако, при значениях бетатронной частоты $\nu_y > 7,14$ неизбежно пересечение внутреннего резонанса $\gamma G=\nu_y-8$, что может приводить к значительной деполаризации пучка дейтронов.

На Нуклотроне наиболее естественно начать программу поляризационных исследований с пучками дейтронов, для которых проблема сохранения поляризации при ускорении пучка отсутствует. Также, в отличие от протонов, для дейтронов существенно снижено влияние синхротронной модуляции энергии на поляризацию пучка. Среди существующих ускорительных комплексов, именно дейтроны делают комплекс NICA уникальной площадкой для проведения экспериментов с поляризованными пучками.

Для проведения экспериментов с поляризованными дейтронами на Нуклотроне предлагается использовать индуцированный внутренний резонанс: $\gamma G=\nu_y-8$, на котором можно исследовать спиновую динамику при пересечениях резонансов различными методами. Обычно пересечение спинового резонанса происходит за счет изменения энергии в процессе ускорения пучка. В предлагаемом подходе энергия пучка во время эксперимента не изменяется, а пересечение резонанса осуществляется за счет изменения вертикальной бетатронной частоты ν_y . Для кинетической энергии пучка $E_{\text{kin}} = 270$ МэВ, бетатронная частота $\nu_y = 7,837$ задается с помощью двух семейств фокусирующих и дефокусирующих квадруполов. Система управления вертикальной бетатронной частотой может быть реализована либо за счет

momentum range of up to 3.5 GeV/c has been identified, in which there are no intrinsic spin resonances, and polarization preservation requires a weak solenoid with a field integral of 50 mT·m and regular correcting dipoles that allow the closed orbit to be displaced by up to 1 cm.

The installation of a pair of such solenoids as a spin navigator will allow the experimental verification of the ST mode at resonances $\gamma G=2$ and $\gamma G=3$. There is a possibility of implementing spin navigators based on regular correcting dipoles for the ST mode at integer resonances $\gamma G=k$ ($k \geq 4$). Preliminary, for protons, it is necessary to measure the strengths of integer spin resonances, which will make it possible to formulate requirements for the magnetic fields of the spin navigators to control the polarization direction. Experiments on adiabatic capture of proton polarization during slow approach of the beam to the integer resonance region are also required. After experimental verification of the ST mode, the possibility arises to perform the experiments at discrete energies corresponding to integer spin resonances, starting from an energy of 108 MeV and proceeding in steps of 523 MeV, with an extracted proton beam having any polarization direction on the target.

Due to the small value of the G-factor of deuterons, the resonance grid for them is highly sparse. With a proper choice of the vertical betatron tune ($\nu_y < 7.14$), it is possible to avoid crossing the intrinsic spin-betatron resonance, which allows preserving the vertical polarization of the deuteron beam during acceleration up to 13 GeV/c. However, at betatron tune values of $\nu_y > 7.14$, crossing of the intrinsic resonance $\gamma G=\nu_y-8$ is unavoidable, which can lead to significant depolarization of the deuteron beam.

At the Nuclotron, the most natural way to start the polarization research programme is with deuteron beams, for which the problem of preserving polarization during beam acceleration is absent. Also, in contrast to protons, the influence of synchrotron energy modulation on beam polarization is significantly reduced for deuterons. Among existing accelerator facilities, it is precisely deuterons that make the NICA complex a unique platform for conducting experiments with polarized beams.

To conduct experiments with polarized deuterons at the Nuclotron, it is proposed to use an induced intrinsic resonance: $\gamma G=\nu_y-8$, at which spin dynamics can be studied using various methods during resonance crossings. Conventionally, the crossing of a spin resonance occurs due to a change in energy during beam acceleration. In the proposed approach, the beam energy does not change during the experiment, and the resonance crossing is achieved by varying the vertical betatron

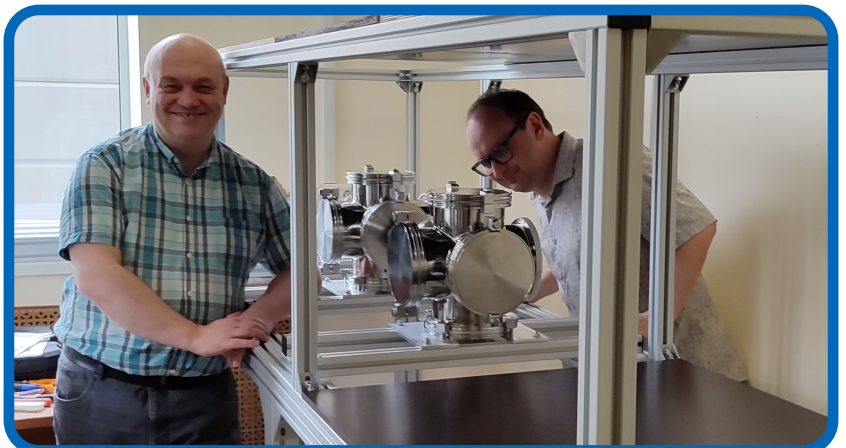


Рис. 9. Сотрудники МФТИ с прототипом поляриметра на основе сдвига Лэмба.
Fig. 9. MIPT staff with the prototype of the Lamb-shift polarimeter.

корректирующих квадрупольей, либо за счет малого изменения тока семейства дефокусирующих квадрупольей, оставляя поле в арочных диполях неизменным.

На первом этапе предлагается провести эксперименты по спин-флипу дейтронов на «небанчиrowанном» (с выключенным ВЧ полем) и «банчиrowанном» пучке за счет адиабатического пересечения резонанса. Для «небанчиrowанного» пучка дейтронов в Нуклотроне основные трудности при организации спин-флипа за счет адиабатического пересечения индуцированных внутренних резонансов связаны с зависимостью силы резонанса от амплитуды бетатронных колебаний: в пучке всегда присутствуют частицы с малыми амплитудами, которые соответствуют быстрому пересечению. Уменьшая скорость пересечения внутреннего резонанса, можно значительно снизить долю частиц с быстрым пересечением. При этом нужно пересечь широкую область распределенных по энергии внутренних резонансов. Однако для «банчиrowанного» пучка, синхротронные колебания приводят к расщеплению основного резонанса на серию спутниковых резонансов, число которых зависит от разброса спиновой и бетатронных частот. В Нуклотроне для дейтронов число спутников определяется хроматичностью бетатронных частот и может достигать до десятка спутников. При этом наибольшей силой будет обладать центральный спутниковый резонанс, а сила остальных боковых спутников будет уменьшаться с ростом их номера. Для «банчиrowанного» пучка спин-флип обеспечивается за счет адиабатического пересечения центрального спутника, область которого значительно уже области распределенных по энергии внутренних резонансов для «небанчиrowанного» пучка. Деполаризующее влияние боковых спутников подавляется за счет быстрого их пересечения.

На втором этапе предлагается провести экспериментальную проверку метода прозрачного пересечения внутреннего резонанса для «банчиrowанного» пучка дейтронов на энергии 135 МэВ/нуклон. В основе метода лежит согласование спинового адиабатического инварианта до и после пересечения области каждого опасного спутникового резонанса. Указанное согласование обеспечивается за счет контролируемого изменения отстройки от резонанса в области спутника.

Предложенные эксперименты актуальны не только для Нуклотрона. Экспериментально апробированный метод прозрачного пересечения внутренних резонансов позволит ускорить поляризованные дейтроны во всем диапазоне энергий NICA и RICH.

В настоящее время в ОИЯИ идет подготовка запуска модернизированного источника поляризованных ионов SPI и низкоэнергетичных поляриметров на инжекционном канале ЛУ-20. Группа МФТИ разрабатывает прототип поляриметра на основе сдвига Лэмба, на котором будут проводиться тестовые исследования, необходимые для изготовления соответствующего поляриметра для SPI. Группа ОИЯИ также ведет подготовку к установке модернизированного поляриметра протонов и дейтронов промежуточных энергий на внутренней мишени Нуклотрона в рамках проекта DSS. Часть ведущихся работ по подготовке к первоочередным спиновым экспериментам на Нуклотроне финансируется в рамках гранта РФФ № 25-72-30005.

В. П. Ладыгин

tune ν_y . For a beam kinetic energy of 270 MeV, the betatron tune $\nu_y=7.837$ is set using two families of focusing and defocusing quadrupoles. The system for controlling the vertical betatron tune can be implemented either by means of correcting quadrupoles or by a small change in the current of the defocusing quadrupole family, leaving the field in the arc dipoles unchanged.

At the first stage, it is proposed to perform spin-flip experiments on deuterons using an unbunched (RF-off) beam and a bunched beam by means of adiabatic resonance crossing. For an unbunched deuteron beam at the Nuclotron, the main difficulties in organizing a spin-flip via adiabatic crossing of induced intrinsic resonances are related to the dependence of the resonance strength on the amplitude of betatron oscillations: the beam always contains particles with small amplitudes, which correspond to fast crossing. By reducing the crossing rate of the intrinsic resonance, the fraction of particles with fast crossing can be significantly decreased. However, one must cross a wide region of intrinsic resonances distributed in energy. For a bunched beam, synchrotron oscillations lead to the splitting of the main resonance into a series of satellite resonances, the number of which depends on the spread of spin and betatron tunes. At the Nuclotron, for deuterons, the number of satellites is determined by the chromaticity of the betatron tunes and can reach up to a dozen satellites. The central satellite resonance will have the largest strength, while the strength of the other side satellites will decrease as their number increases. For a bunched beam, the spin-flip is ensured by adiabatic crossing of the central satellite, the region of which is significantly narrower than the region of intrinsic resonances distributed in energy for an unbunched beam. The depolarizing effect of the side satellites is suppressed due to their fast crossing.

At the second stage, it is proposed to conduct an experimental verification of the ST crossing method for an intrinsic resonance for a bunched beam of deuterons at an energy of 135 MeV/nucleon. The method is based on the matching of the spin adiabatic invariant before and after crossing the region of each dangerous satellite resonance. This matching is achieved through a controlled change of the resonance detuning in the satellite resonance region.

The proposed experiments are relevant not only for the Nuclotron. The experimentally validated method of transparent crossing of intrinsic resonances will make it possible to accelerate polarized deuterons over the entire energy range of NICA and RHIC.

Currently, at JINR, preparations are underway to launch of the modernized source of polarized ions (SPI) and low-energy polarimeters in the injection channel of the LU-20. The MIPT group is developing a prototype polarimeter based on the Lamb shift, on which test studies will be carried out, necessary for the design of the corresponding polarimeter for the SPI. The JINR group is also preparing for the installation of an upgraded intermediate-energy proton and deuteron polarimeter on the internal target of the Nuclotron within the framework of the DSS project. Part of the ongoing work on preparation for priority spin experiments at the Nuclotron is funded through Russian Science Foundation (RSF) **Grant No. 25-72-30005**.

V. Ladygin

