

## Выстраиваем стратегию Bringing milestones into step



В преддверии Наблюдательного Совета по проекту «Комплекс NICA» 13 июня состоялось очередное заседание Координационного комитета проекта, целью которого был всесторонний анализ проблем и хода выполнения работ по созданию коллайдера NICA, который определяется следующими направлениями работ:

- завершение строительства здания 17 (размещение коллайдера);
- создание и запуск технологических систем и оборудования коллайдера;
- создание и запуск систем и инженерной инфраструктуры детектора MPD.

Ключевым для запуска коллайдера с пучком в начале 2025 года является полное завершение строительства здания 17 и начала полномасштабных работ по испытаниям и вводу в строй оборудования коллайдера.

В связи с тем, что АО ШТРАБАГ прекращает деятельность в России с начала 2024 года, перед ОИЯИ стоит непростой выбор нового подрядчика, чтобы обеспечить завершение строительства объекта в кратчайшие сроки.

В ходе обсуждения Г. В. Трубников сформулировал стратегию завершения создания комплекса NICA: обосновать задержки выполнения ключевых работ, найти и реализовать в институте все организационно-технические решения, чтобы запустить комплекс в стартовой конфигурации в кратчайшие возможные сроки; при этом изыскать все требуемые дополнительные финансовые ресурсы из внутреннего бюджета. Координационный комитет поддержал и утвердил данную стратегию.

Е. М. Сыресин сделал сообщение о статусе работ по сооружению коллайдера NICA. На текущий момент в тоннеле установлено около 30% всех элементов магнитно-

## Содержание Content

Выстраиваем стратегию Bringing milestones into step.....	1
Итоги 58-й сессии Программно-консультативного комитета по физике частиц Results of 58th Meeting of the Programme Advisory Committee for Particle Physics .....	3
Перспективы развития ускорительного комплекса Prospects for the accelerator complex development .....	6
Новости коллаборации MPD News from MPD Collaboration .....	8
Продолжается работа над техническим проектом установки SPD SPD TDR - work continues .....	10

On the eve of the meeting of the NICA Supervisory Board, a regular meeting of the NICA Coordination Committee was held on June 13. The meeting's agenda was a comprehensive analysis of the progress in the launch of the Collider, which is determined by the following work:

- Completion of building 17 (placement of the collider);
- Production and launch of technological systems and equipment of the NICA Collider;
- Production and launch of systems and engineering infrastructure of the MPD detector.

The key task for launching the Collider with the beam in early 2025 is the completion of the construction of building 17 and the start of full-scale work on assembling the Collider equipment inside it.

Due to the fact that STRABAG SE terminates its activity in Russia from the beginning of 2024, JINR is facing a difficult choice of a new contractor in order to ensure the completion of the facility construction in the shortest possible time.

During the discussion, G. Trubnikov formulated a strategy for completing the construction of the NICA complex: to justify delays in performing key works, to find and implement all organizational and technical solutions at the Institute in order to launch the complex in its starting configuration as soon as possible; at the same time, to find all the required additional financial resources from the internal budget. The Coordination Committee supported and approved this strategy.

Новости коллаборации BM@N News from BM@N Collaboration .....	12
Разработка и изготовление детекторов для NICA в Протвино Development and production of detectors for NICA in Protvino .....	14

криостатной системы коллайдера. Идет монтаж ВЧ-станций. Развернуты работы по завершению конструирования системы быстрого вывода пучка из Нуклотрона. Существуют задержки с поставкой в ОИЯИ нескольких десятков высоковакуумных камер для различных магнитов. Замедляет работы по сборке задержка поставки криогенных вентилях и сильфонных вставок пучковой камеры. Завершение криомагнитных испытаний элементов МКС коллайдера запланировано на июнь 2024 года.

В настоящий момент перед ЛФВЭ стоит очень важная задача – развернуть все необходимые работы по созданию временной схемы канала транспортировки пучка из Нуклотрона в коллайдер, не дожидаясь полного исполнения контрактных обязательств компании-поставщика SIGMA-PHI. Эти работы должны включать создание следующих систем: вакуумной, системы диагностики пучка, управления и электропитания магнитов, а также подготовку соответствующей инженерной инфраструктуры в здании 17.

В. М. Головатюк сделал сообщение о статусе сооружения детектора MPD. Критическими работами являются сборка и пуско-наладка соленоидального магнита и камеры TPC. Задержки по этим системам связаны с отказом по факту от исполнений контрактных обязательств различными компаниями-поставщиками

К ноябрю 2023 года критически важно провести в павильон детектора электропитание соответствующей мощности и систему водоохлаждения для источников питания соленоида для начала токовых испытаний соленоида.

Координационный комитет поручил ОКС ОИЯИ и службе главного инженера ЛФВЭ во взаимодействии с генподрядчиком обеспечить необходимые условия для начала токовых испытаний соленоида MPD. С учетом образовавшихся задержек детектор MPD будет готов в начальной конфигурации к работе с пучком коллайдера к концу 2024 года.

В. Д. Кекелидзе представил сводную информацию по расходам на проект и его исполнению. Общий процент выполнения проекта составляет 89%. Существуют значительные риски не успеть завершить работы в актуальные сроки, связанные с реализацией заключенных ранее контрактов на поставки оборудования из-за пределов РФ, с фактическим увеличением стоимости проекта из-за необходимости повторного заказа непоставленного оборудования, удорожанием некоторых материалов и оборудования, исполнением новых контрактов.

По итогам общего обсуждения Г. В. Трубников поручил руководству ЛФВЭ совместно со службами института принять все необходимые решения и запустить процедуры закупок в РФ оборудования, непоставленного по контрактам от европейских компаний, а отношения с последними выстраивать, исходя из сохранения требований от ОИЯИ к исполнению всех обязательств по заключенным с институтом контрактам. В текущий момент очень важно сконцентрироваться на всех работах, результаты которых обеспечивают пуск коллайдера с пучком и развернуть эти работы в полном объеме, проект

E. Syresin made a report on the status of the construction work on the NICA Collider. At the moment, about 30% of all elements of the Collider's magnetic and cryostat system are installed in the tunnel. The installation of RF stations is underway. Work continues to complete the design of the system for fast beam extraction from the Nuclotron. There are delays in the delivery of several dozen high-vacuum chambers for various magnets to JINR. The delay in the delivery of cryogenic and bellows seal valves of the beam chamber hinders the assembly. The completion of cryomagnetic testing of the Collider's MCS elements is scheduled for June 2024.

At the moment, VBLHEP is facing a crucial task – to set about the development of a temporary design for the beam transport channel from the Nuclotron into the Collider, without waiting for the complete fulfilment of the contractual obligations by the supplier company SIGMAPHI. This work should include the construction of the following systems: vacuum, diagnostic systems, magnet control and power supply systems, as well as the preparation of appropriate engineering infrastructure in building 17.

V. Golovatyuk spoke about the construction status of MPD. The assembly and commissioning of the solenoid magnet and the TPC chamber are extremely important. Delays to these systems are connected with the refusal after the fact to fulfill contractual obligations by various supplier companies.

By November 2023, it is critically important to install an appropriate power supply and a water cooling system for the solenoid power supply in the detector's hall to start solenoid current testing.

The Coordination Committee entrusted JINR CCD and VBLHEP CE Office, in cooperation with the general contractor, with providing the necessary conditions for the start of current tests of the MPD solenoid. Taking into account the resulting delays, the MPD detector will be ready in its starting configuration to operate with the Collider's beam by the end of 2024.

V. Kekelidze presented a summary of the project costs and its implementation. The total percentage of the project completion is 89%. There are high risks of failing to successfully complete the work on time connected with the execution of previously signed contracts for the supply of equipment from outside the Russian Federation, with an actual increase in the cost of the project due to the need to re-order undelivered equipment, the rise in price of some materials and equipment, the execution of new contracts.

Following the results of the general discussion, G. Trubnikov entrusted VBLHEP Directorate and the Institute's services with making all the necessary decisions and launch procurement procedures in the Russian Federation of equipment not delivered under contracts from European companies, and to build relationships with the latter based on the preservation of JINR requirements for the fulfillment of all obligations under contracts concluded with the Institute. At the moment, it is crucial to focus on all the work, the results of which ensure the launch of the Collider with the beam, and perform it effectively.

вошел в решающую фазу, отметил председатель Координационного комитета.

На расширенном директорском совещании ЛФВЭ 30 июня 2023 года исполняющий обязанности директора Лаборатории А. В. Бутенко рассказал об итогах заседания Наблюдательного совета NICA. В заседании приняли участие представители Правительства РФ, члены дирекции ОИЯИ, эксперты и специалисты разного профиля. Основными вопросами совещания было обсуждение предложений по изменению Соглашения с Правительством РФ по срокам реализации проекта и выработка ключевых точек по исполнению работ. Впервые с 2018 года был поднят вопрос об изменении сроков и обсуждение прошло на удивление спокойно и конструктивно. Было принято предложение Координационного Комитета осуществить запуск ускорительного комплекса в стартовой конфигурации и начать научно-исследовательские работы в начале 2025 года (конечно, будем стараться сделать это раньше). Также были установлены 5 ключевых точек в программе реализации проекта:

1. Создание ускорительного комплекса, включая бустер, коллайдер и каналы транспортировки – декабрь 2024 года.
2. Введение в строй физических установок – BM@N – конец 2022 года (выполнено!); MPD – конец 2024 года; SPD – лето 2028 года.
3. Создание инженерной и научно-исследовательской инфраструктуры на выведенных пучках – конец 2022 года (выполнено: отчитались прошедшим 4-м сеансом).
4. Создание компьютерно-информационного комплекса – декабрь 2023 года.
5. Создание канала прикладных исследований – декабрь 2023 года.

Эти решения в ближайшее время лягут в основу уточненного календарного плана нашей работы. Следует также подчеркнуть – финансовые вопросы на совещании не обсуждались: считается, что выделенных средств должно хватить на стартовую конфигурацию комплекса.

*С. А. Костромин*

“The project has entered a crucial stage”, said the chairman of the Coordination Committee.

At VBLHEP Joint Directorate Meeting held on June 30, 2023, Acting Director of the Laboratory A. Butenko spoke about the results of the meeting of the NICA Supervisory Board. The meeting was attended by representatives of the Government of the Russian Federation, members of JINR Directorate, experts and specialists in various fields. The main issues of the meeting were the discussion of proposals to amend the Agreement with the Government of the Russian Federation on the implementation deadlines of the project and the development of key points for carrying out the work. For the first time since 2018, the issue of changing the deadlines was raised, and the discussion was surprisingly calm and constructive. The proposal of the Coordination Committee was accepted to launch the accelerator complex in its starting configuration and begin research programme in early 2025 (of course, the team will make every effort to do it earlier). Five key points in the project implementation programme were also outlined:

1. Construction of the accelerator complex, including the Booster, the collider and the beam lines – December 2024;
2. Commissioning of the facilities: BM@N – the end of 2022 (completed!); MPD – the end of 2024; SPD – the summer of 2028;
3. Construction of engineering and research infrastructure – the end of 2022 (completed: reported by the last 4th run);
4. Development of the Information and Computer Complex – December 2023;
5. Construction of the channel for applied research – December 2023.

These decisions will soon form the calendar plan of work to perform. It should also be clarified that financial issues were not discussed at the meeting: it is believed that the allocated funds should be enough for the starting configuration of the complex.

*S. Kostromin*

---

## **Итоги 58-й сессии Программно-консультативного комитета по физике частиц**

### **Results of 58th Meeting of the Programme Advisory Committee for Particle Physics**

Как и несколько предыдущих сессий, 58-я сессия ПКК ФЧ прошла в гибридном формате: в зале присутствовали четыре члена ПКК, еще трое участвовали в режиме видеоконференции – вполне в соответствии с современными стандартами.

Ход работ по проекту «Нуклотрон-NICA», как всегда, был в центре внимания. С докладом о реализации проекта выступил А.О. Сидорин. Комитет поздравил команду ускорителя с очень успешным 4-м техническим сеансом и поблагодарил докладчика за подробный анализ ресурсов и

Like several previous sessions, the 58<sup>th</sup> session of the PAC for Particle Physics was held in a hybrid format. Four members of the PAC were present at the JINR International Conference Centre, and three more joined the meeting via videoconference, which fits quite well with modern standards.

The implementation of the Nuclotron-NICA project was in the limelight, the report on which was presented by A. Sidorin. The Committee congratulated the accelerator team on the successful 4<sup>th</sup> technical run and thanked the reporter for the

оборудования, включая электронное охлаждение, которые были введены в эксплуатацию и улучшили работу ускорительного комплекса. ПКК также отметил различные задержки, вызванные текущей геополитической ситуацией, в том числе задержки в завершении инфраструктурных работ в здании коллайдера и строительстве линий транспортировки пучка от Нуклотрона к коллайдеру NICA. Комитет одобрил усилия руководства ОИЯИ и NICA по сокращению этих задержек и согласился с итоговым пересмотренным графиком, согласно которому первые пучки на коллайдере NICA теперь ожидаются в 2025 году.

ПКК высоко оценил отчет о ходе работ по развитию инфраструктуры ЛФВЭ, представленный Н.Н. Агаповым. Установлено и введено в эксплуатацию все новое оборудование на главной трансформаторной подстанции 110/6 кВ «Дубна». В результате доступная мощность подстанции увеличена вдвое до 40,8 МВт, в соответствии с Техническим заданием ПАО «Россети Московская область». Криогенные подсистемы NICA в настоящее время объединены в единый комплекс с использованием криогенных трубопроводов, значительная часть которых проверена на герметичность и готова к эксплуатации. Завершается монтаж инженерного и исследовательского оборудования в новых корпусах комплекса NICA – коллайдере и новой компрессорной станции.

ПКК принял к сведению отчет о реализации проекта MPD, представленный В. Г. Рябовым. Производство всех компонентов детектора первой ступени MPD продолжается, хотя сроки сдвинуты из-за проблем с поставками многих компонентов от европейских компаний, отсутствия технической документации на поставляемые компоненты и необходимости поиска дополнительной квалифицированной рабочей силы. Времяпроектная камера, времяпролетная система и 40 из 50 полусекторов электромагнитного калориметра должны быть установлены в 2024 году. Наиболее важной задачей по-прежнему является охлаждение и электроснабжение большого сверхпроводящего соленоида MPD. Смонтирована временная криогенная система охлаждения соленоида, проведены вакуумные испытания и эксплуатация в ручном режиме. Охлаждение до температур жидкого азота и жидкого гелия начнется в сентябре сразу после окраски зала MPD. Измерения магнитного поля начнутся в марте 2024 года и займут три месяца для различных конфигураций поля с использованием картографа, изготовленного в ИЯФ, Новосибирск. ПКК поздравил команду с нахождением эффективных решений критических проблем, возникающих по многим аспектам создания детектора, сборки и ввода его в эксплуатацию.

ПКК высоко оценил ход реализации проекта BM@N, представленный М.Н. Капишиным. ПКК поздравил коллаборацию BM@N с первым и успешным физическим запуском детектора BM@N в его полной конфигурации с пучками Xe 3,8 А ГэВ и 3,0 А ГэВ. В ходе эксперимента было зарегистрировано более 550 миллионов взаимодействий

detailed analysis of resources and instruments, including electron cooling, which were put into operation and enhanced the operation of the accelerator complex. The PAC also noted various delays caused by the current geopolitical situation. Delays in the completion of the infrastructure in the collider's building and in the construction of beam lines from the Nuclotron to the NICA collider are among them. The Committee approved the efforts of the JINR and NICA management to reduce these delays and agreed with the final revised schedule according to which the first beams at the NICA collider are expected in 2025.

The PAC highly appreciated the report on the development of the VBLHEP infrastructure presented by N. Agapov. All new equipment at the main transformer station "Dubna" 110/6 kV was installed and commissioned. As a result, the available power of the substation has been doubled to 40.8 MW according to the Technical specifications of PJSC "Rosseti Moscow Region". The cryogenic subsystems of NICA are currently combined in a single complex using cryogenic pipelines, many of which have been tested for leaks and are ready for operation. The installation of engineering and research equipment is being completed in new buildings of the NICA complex – the collider and the new compressor station.

The PAC took note of the report on the MPD project implementation presented by V. Ryabov. The production of all components of the MPD first-stage detector continues, although deadlines have been shifted due to problems with the supply of many components from European companies, the lack of technical documentation for the supplied components and a need for additional skilled manpower. The time-projection chamber, the time-of-flight system and 40 out of 50 half-sectors of the electromagnetic calorimeter are to be installed in 2024. The primary task is still cooling and current supply of the MPD large superconducting solenoid. The temporary cryogenic system for the solenoid cooling has been assembled, vacuum tested and operated in a manual mode. Cooling to liquid nitrogen and liquid helium temperatures is scheduled for September, right after painting the MPD hall. Measurements of the magnetic field will begin in March 2024 and will take three months for various field configurations using the mapper produced by Novosibirsk INP. The PAC congratulated the team on coming up with viable solutions for the critical issues arising for many aspects of the detector construction, assembly and commissioning.

The PAC highly evaluated the progress in implementing the BM@N project presented by M. Kapishin. The PAC congratulated the BM@N Collaboration for performing the first and successful physics run of the BM@N detector in its full configuration with Xe beams of 3.8 A GeV and 3.0 A GeV. The experiment recorded over 550 million Xe+CsI interactions. The PAC emphasized the lack of manpower for current analysis of the data taken. At the

Xe+CsI. ПКК отметил нехватку кадров для текущего анализа записанных данных. В то же время ПКК призвал команду BM@N сосредоточить свои усилия на получении первых физических результатов для данных сеанса с ионами Xe.

ПКК принял к сведению отчет о подготовке технического проекта (TDR) эксперимента SPD, представленный А. В. Гуськовым. Компоновка детектора принята с учетом новых возможностей, открываемых увеличением допустимой нагрузки на пол экспериментального зала. Команда SPD прилагает усилия для поиска и разработки заменяемого оборудования, компонентов и технических решений, необходимых для создания детектора. Ведется подготовка документации на сверхпроводящий соленоид SPD. ПКК повторил свою рекомендацию руководству ОИЯИ о необходимости возобновления деятельности международного Консультативного комитета по детектору SPD, и призвал группу SPD продолжить подготовку TDR.

ПКК принял к сведению отчет С.В. Афанасьева о подготовке эксперимента на внутренней мишени Нуклотрона, СКАН-3, направленного на изучение высоковозбужденной ядерной материи, образующейся в dA-взаимодействиях. Комитет посчитал невозможным дать твердую рекомендацию. Поскольку проект одобрен в 2019 году и нуждается в продлении, ПКК попросил команду ОИЯИ вернуться к этому на следующей сессии ПКК с четким предложением и ясной презентацией, в которой излагаются первоначальные цели проекта в 2019 году, достижения за прошедшие четыре года и планы на запрашиваемый период продления.

ПКК высоко оценил результаты, полученные сотрудниками ЛФВЭ в экспериментах на LHC (ALICE, ATLAS и CMS) и на SPS (NA64). Было предложено два новых проекта – «Математические методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных» от ЛИТ и участие в эксперименте AMBER (преемник COMPASS) на SPS от ЛЯП. Была отмечена синергия между обширными физическими программами экспериментов AMBER и NICA SPD, в том числе польза от обучения молодых исследователей в эксперименте AMBER во время создания SPD.

Все новые и продленные проекты получили высшую категорию «А», при этом сроки окончания проектов были выбраны таким образом, чтобы разгрузить программу летней сессии. Теперь в июне будут рассматриваться проекты участия сотрудников ОИЯИ во внешних экспериментах, а в январе – внутренние эксперименты и участие в нейтринных проектах.

Из 13 стендовых докладов молодых ученых ЛФВЭ, ЛТФ и ЛЯП комитет выбрал доклад М. М. Шандова «Система коррекции ведущего магнитного поля Бустера NICA» для представления на следующей сессии Ученого совета в сентябре 2023 года.

Следующее заседание ПКК по физике частиц запланировано на 22–23 января 2024 года.

*А. П. Чеплаков*

same time, the PAC urged the BM@N team to focus its efforts on obtaining the first physics results for the Xe run data.

The PAC took note of the report on preparing SPD TDR presented by A. Guskov. The layout of the detector has been adopted taking into account new opportunities arising from the increased permissible load on the floor of the experimental hall. The SPD team is making efforts to find and develop substitute equipment, components and technical solutions needed to construct the detector. Documentation is being prepared for the SPD superconducting solenoid. The PAC reiterated its recommendation to the JINR management on the need to resume the activities of the international SPD Detector Advisory Committee and encouraged the SPD team to proceed with the TDR preparation.

The PAC took note of the report by S. Afanasiev on preparing the SCAN-3 experiment. The project is aimed at studying highly excited nuclear matter formed in dA interactions. The Committee found it impossible to make a firm recommendation. Since the project was approved in 2019 and needs to be extended, the PAC requested the JINR team to return to this issue at the next PAC session with a clear proposal and a clear presentation outlining the initial goals of the project in 2019, achievements over the past four years, and plans for the requested extension period.

The PAC commended the results obtained by VBLHEP employees in experiments at the LHC (ALICE, ATLAS and CMS) and at the SPS (NA64). Two new projects were proposed – "Mathematical methods, algorithms and software for modeling physical processes and experimental facilities, processing and analyzing experimental data" from MLIT and participation in the AMBER experiment (the successor of the COMPASS experiment) at the SPS from DLNP. The synergy between the extensive physics programmes of the AMBER and NICA SPD experiments was emphasized, including the benefits of training young researchers in the AMBER experiment during the construction of SPD.

All new and extended projects were assigned the highest category A, while deadlines for the completion of projects were chosen in such a way as to make the programme of the summer session less intense. Now, projects of JINR staff participating in external experiments will be considered in June, and internal experiments and participation in neutrino projects – in January.

The PAC reviewed 13 reports presented at the poster session by young scientists from VBLHEP, BLTP, and DLNP. The Committee selected the report "The correction system of the NICA Booster guiding magnetic field" made by M. Shandov to be presented at the next session of the Scientific Council in September 2023.

The next meeting of the PAC for Particle Physics is scheduled for January 22-23, 2024.

*A. Cheplakov*

# Перспективы развития ускорительного комплекса

## Prospects for the accelerator complex development

Анализу результатов цикла пусконаладочных работ на ускорительном комплексе ЛФВЭ было посвящено рабочее совещание «Ускорительный комплекс NICA: проблемы и перспективы», проходившее с 27 марта по 4 апреля в альпинистском лагере Цей, Республика Северная Осетия – Алания.

В совещании приняли участие 62 ведущих специалиста всех подразделений Ускорительного отделения, и было представлено 32 доклада по основным системам комплекса. В каждом докладе были приведены результаты работы в пусконаладочных сеансах с обзором основных выявленных проблем, характера неисправностей и текущих ограничений, состояние текущих работ и план подготовки к ближайшим сеансам, включая технологический сеанс на коллайдере и первые сеансы с пучком.

При в целом удачном проведении последнего сеанса, в ходе которого была выполнена обширная программа экспериментальных исследований на ускоренных пучках аргона и ксенона, примерно 15% времени заняли непредвиденные простои и ремонты оборудования. Максимальная интенсивность ускоренного пучка ядер ксенона, достигнутая с применением электронного охлаждения в Бустере, составила около  $2 \cdot 10^7$  частиц за цикл ускорения, что с одной стороны примерно на два порядка больше, чем в предыдущем сеансе с ксеноном, но, с другой стороны, существенно меньше, чем необходимо для инжекции в коллайдер. Полные потери частиц от

A workshop “NICA Accelerator Complex: problems and prospects – 2023” on the analysis of results obtained during the commissioning cycle at the VBLHEP accelerator complex was held from March 27 to April 4 in the Tsey Alpine Camp in the Republic of North Ossetia – Alania.

62 leading specialists from all AD departments attended the meeting. 32 reports on the main systems of the complex were made. Each report presented the results of work in the commissioning runs with an overview of the main identified problems, the nature of malfunctions and current restrictions, the status of ongoing work and a preparatory plan for the next runs, including the technological run at the collider and the first runs with the beam.

In general, the last run was a success - an extensive programme of experimental studies with accelerated argon and xenon beams was carried out. Nevertheless, approximately 15% of the time was spent on unforeseen downtime and equipment repairs. The maximum intensity of the accelerated xenon nuclei beam achieved using electron cooling in the Booster was about  $2 \cdot 10^7$  particles per acceleration cycle. On the one hand, this is about two orders of magnitude more than in the previous Xe run, but, on the other hand, it is significantly less than what is required for injecting into the collider. The total loss of particles from the ion source to the field plateau in the Nuclotron,



Рис. 1. Участники рабочего совещания «Ускорительный комплекс NICA: проблемы и перспективы».

Fig. 1. Participants of the workshop “NICA Accelerator Complex: problems and prospects – 2023”.

Уменьшение интенсивности пучка ксенона в процессе ускорения  
A decrease in the intensity of the Xe beam during acceleration

	Энергия, МэВ/н <u>Energy, MeV/n</u>	Количество ионов, 10 <sup>6</sup> <u>Number of ions, 10<sup>6</sup></u>
На выходе источника ионов At the output of the ion source	0,0166	100
При инжекции в Бустер At the injection point into the Booster	3,203	50
На выводе из Бустера At the extraction point from the Booster	203,8	30
При инжекции в Нуклотрон At the injection point into the <u>Nuclotron</u>	201,87	10
На столе вывода из Нуклотрона At the extraction plateau from the <u>Nuclotron</u>	3,896	5

источника ионов до «стола» поля в Нуклотроне, соответствующего энергии 3,8 ГэВ/н, достигали 90-95%. Типичное уменьшение интенсивности по стадиям цикла ускорения приведено в Таблице 1.

В результате анализа причин потерь была выработана стратегия развития комплекса на ближайшую перспективу. Главной целью следующего сеанса инжекционного комплекса коллайдера NICA является увеличения его производительности на один-два порядка от уровня, достигнутого в сеансе №4.

Предлагаемая стратегия решения этой задачи заключается в сокращении длительности импульса ионного источника до 4 мкс и дальнейшей оптимизации его работы. Предполагается, что источник будет работать с частотой повторения импульсов до 10 Гц с накоплением 10-20 импульсов в продольном фазовом пространстве Бустера при помощи электронного охлаждения. Для увеличения эффективности ускорения с 5% до примерно 50% (что соответствующе десятикратному снижению потерь) необходимо осуществить динамическую коррекцию орбиты в обоих кольцах – Бустере и Нуклотроне – и каналах, и сопрячь темпы ускорения в кольцах с возможностями их ускоряющих ВЧ систем.

Для выполнения этой программы разработан детальный план технических и организационных мероприятий.

Проведение следующего сеанса работы ускорительного комплекса признано нецелесообразным до ввода в эксплуатацию новой компрессорной станции криогенной фабрики и обеспечения режима рециркуляции жидкого азота, что ожидается к концу 2023 года.

Основным техническим ограничением для проведения технологического сеанса на магнитно-криостатной системе коллайдера является задержка с завершением монтажа инженерной инфраструктуры здания, что не позволяет продолжать работы по сборке всей системы. Оптимистичный срок завершения сборки – не ранее апреля 2024 года.

corresponding to an energy of 3.8 GeV/n, reached 90-95%. A typical decrease in intensity by stages of the acceleration cycle is shown in Table 1.

The analysis of the causes of losses resulted in working out a strategy for the development of the complex for the near future. The main goal for the next run of the NICA collider's injection complex is to increase its performance by one or two orders of magnitude from the level achieved in run 4.

The proposed strategy for tackling this problem is to reduce the pulse duration of the ion source to 4  $\mu$ s and further enhance its operation. We assume that the source will operate with a pulse repetition rate of up to 10 Hz with an accumulation of 10-20 pulses in the longitudinal phase space of the Booster using electronic cooling. To increase the acceleration efficiency from 5% to about 50% (which corresponds to a tenfold reduction in losses), it is necessary to perform dynamic orbit correction in both rings – the Booster and the Nuclotron - and in beam lines, and to match the acceleration rates in the rings with the capabilities of their accelerating RF systems.

A detailed plan of technical and organizational measures has been developed to implement this programme.

The next run of the accelerator complex is considered impractical until the new compressor station of the cryogenic factory is put into operation and the liquid nitrogen recirculation mode is provided, which is expected by the end of 2023.

The main technical limitation for conducting the technological run with the magnetic cryostat system of the collider is the delay in completing the installation of the engineering infrastructure of the building, which does not allow continuing the assembly of the whole system. The optimistic deadline for completion of the assembly is not earlier than April 2024.

## Новости коллаборации MPD News from MPD Collaboration

14 апреля 2023 года в павильоне многоцелевого детектора MPD ускорительного комплекса NICA в Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ впервые прошло перемещение сверхпроводящего соленоида массой 800 тонн в текущей конфигурации. Также, неотъемлемо от соленоида, перемещена боковая платформа для электронного оборудования, предназначенного для считывания данных с детекторных подсистем MPD. Перемещение потребовалось для решения задач монтажа электроники и стало для команды проекта хорошей репетицией этой сложной технологической манипуляции. Дальнейшее перемещение магнита еще на четыре с лишним метра уже в окончательное положение – т. н. положение пучка – будет осуществлено после того, как кольцо коллайдера будет достроено, а детектор MPD будет готов к проведению экспериментов. Как отметил заместитель главного инженера ЛФВЭ, главный конструктор проекта NICA/MPD Николай Топилин, рабочее положение магнита будет отъюстировано с точностью до десятых долей миллиметра.

С 18 по 20 апреля 2023 года в Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ проходило XI коллаборационное совещание эксперимента MPD на комплексе NICA. Более 80% из 165 зарегистрированных участников мероприятия смогли принять в нем участие в очном порядке. Впервые, после снятия ковидных ограничений, в собрании приняла участие делегация физиков из Китая. За три дня заседаний в конференц-зале Лаборатории было представлено 34 доклада, охватывающих все аспекты функционирования международной коллаборации, было проведено совещание Совета Институтов коллаборации, для очных участников была проведена экскурсия в экспериментальный зал установки MPD и в туннель коллайдера NICA. Первый день собрания был посвящен обсуждению подготовки различных детекторных подсистем установки MPD к первым экспериментам. В этом году основные работы в экспериментальном зале были связаны со сборкой, испытанием и подготовкой сверхпроводящего магнита к его охлаждению, которое намечено на октябрь–декабрь 2023 года. Измерения магнитного поля предварительно назначены на начало 2024 года. Ввод детектора MPD в эксплуатацию и первый набор данных теперь запланированы на 2025 год. Во второй день совещания обсуждалось состояние и планы развития компьютерной



Рис. 2. Участники коллаборации MPD в экспериментальном зале.

Fig. 2. Members of the MPD Collaboration in the NICA Hall.

On April 14, 2023, specialists moved for the first time the 800-ton superconducting solenoid in the current configuration in the Multi-Purpose Detector (MPD) hall of the NICA Accelerator Complex in the Laboratory of High Energy Physics JINR. In addition, inseparably from the solenoid, they moved the side platform for electronic equipment designed for data readout from MPD detectors. The relocation was required to solve the problems of electronics installation and became a good rehearsal of this complex technological manipulation for the project team. They will continue moving the magnet by more than four metres to the final position, the so-called beam position, after they will complete the construction of the collider ring and prepare the MPD Detector for experiments. According to VBLHEP Deputy Chief Engineer, NICA/MPD Chief Designer Nikolay Topilin, experts will align the operation position of the magnet with accuracy of up to tenths of a millimetre.

On April 18-20, 2023, the XI Collaboration meeting of the MPD experiment at the NICA facility was held in the Laboratory of High Energy Physics JINR. More than 80% of 165 registered participants attended the meeting in person. A delegation of physicists from China took part in the event for the first time since the Covid restrictions were removed. During the three days of the meeting, 35 reports were heard in the Conference Hall of the Laboratory, which covered all aspects of the international Collaboration's work. A meeting of the Council of Institutes of the Collaboration was held; an excursion was organized for the participants to the experimental hall of the MPD facility and the tunnel of the NICA collider. This year, the main work in the experimental hall was focused on assembling, testing and preparing the superconducting magnet to its cooling, which is scheduled for October-December 2023. Magnetic field



инфраструктуры коллаборации, методы калибровки детекторных подсистем и анализа экспериментальных данных. Создание больших выборок реконструированных смоделированных данных и их централизованная обработка на NICA кластере с помощью системы «поездов для анализа» позволяет протестировать имеющуюся компьютерную и программную инфраструктуру, подготовится к анализу реальных данных. Последний день совещания был посвящен представлению и обсуждению докладов пяти физических рабочих групп о проделанной работе.

На заседании Совета Институтов в состав коллаборации MPD были приняты две новые научные группы из Санкт-Петербурга и, впервые, из Республики Казахстан. Восемь специалистов под руководством доктора физико-математических наук профессора Ярослава Бердникова из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого будут участвовать в работах по разработке, вводу в эксплуатацию и обслуживанию переднего трекового спектрометра в рамках модернизации MPD. Помимо этого, планируется их участие в модельных расчетах, теоретических и экспериментальных исследованиях различных физических явлений, а также в обработке данных с использованием методов машинного обучения. Группа доктора физико-математических наук Игоря Лебедева из Физико-технического института Республики Казахстан в составе 9 человек займется развитием событийного анализа в MPD, а также изучением корреляций и флуктуаций различных величин, основываясь на смоделированных и экспериментальных данных.

На настоящий момент в коллаборации работают более 500 специалистов из 35 институтов из 11 стран мира, включая ОИЯИ. Было принято решение о проведении следующего XII коллаборационного собрания эксперимента MPD в Белграде (Сербия) с 2 по 6 октября 2023 года вместе

measurements are tentatively scheduled for early 2024. The commissioning of MPD and the first data taking are now planned for 2025. On the second day of the meeting, participants discussed the status and plans for developing computer infrastructure of the Collaboration, calibration methods of detector subsystems and analysis of experimental data. The generation of large samples of reconstructed simulated data and their centralized processing with the NICA cluster using the system of analysis “trains” allows testing the existing computer and software infrastructure, preparing for the analysis of real data. The last day of the meeting was focused on the presentation and discussion of the reports of the five Physics Working Groups on the work performed.

During the meeting of the Council of Institutes, two new scientific groups from Saint Petersburg and, for the first time, from the Republic of Kazakhstan were welcomed to the MPD Collaboration. Eight specialists led by Doctor of Physics and Mathematics, Professor Yaroslav Berdnikov from Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University will participate in the development, commissioning and maintenance of the forward tracking spectrometer as part of the MPD upgrade. In addition, their participation in model calculations, theoretical and experimental studies of various physical phenomena, as well as in data processing using machine learning methods is planned. The team of the Doctor of Physics and Mathematics Igor Lebedev from the Institute of Physics and Technology of the Republic of Kazakhstan of nine people will be engaged in event-by-event analysis, as well as the study of correlations and fluctuations of various quantities based on the analysis of simulated and experimental data.

To date, the Collaboration is made up of more than 500 specialists from 35 institutes of 11 world countries, including JINR. It was agreed that the next XII Collaboration Meeting of the MPD Experiment will take place in Belgrade (Serbia) on October 2-6, 2023, together with NICA Days 2023 -

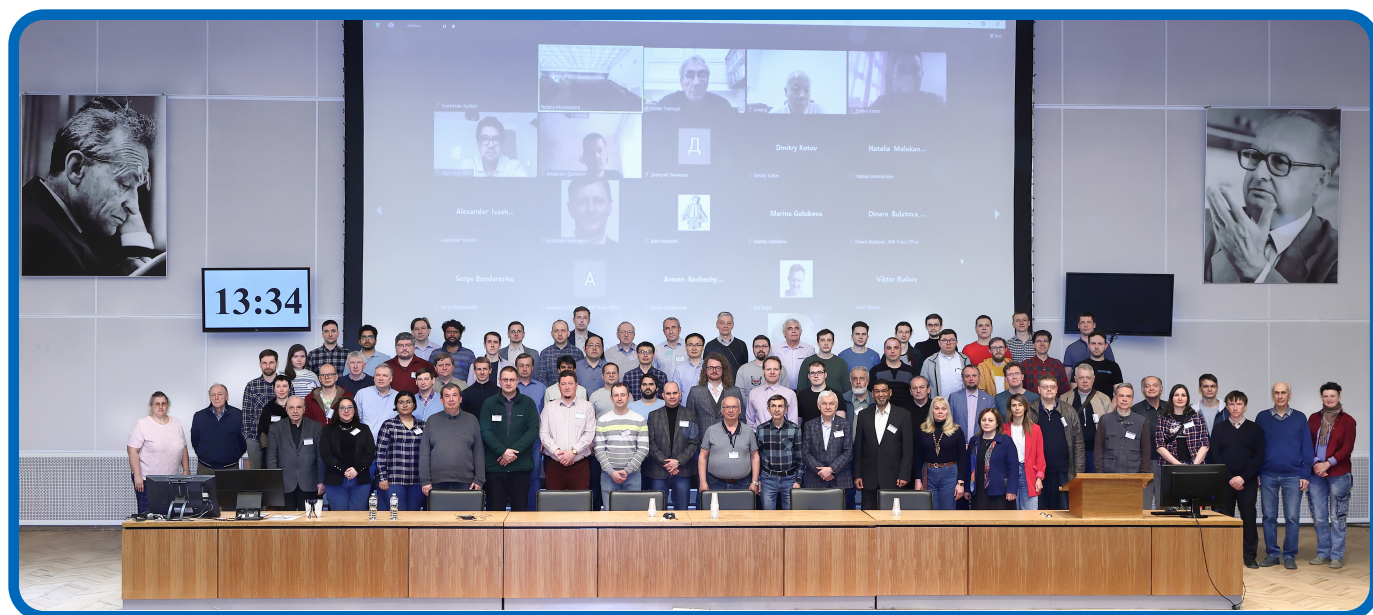


Рис. 3. Участники XI коллаборационного совещания эксперимента MPD на комплексе NICA.  
Fig. 3. Participants of the XI Collaboration Meeting of the MPD Experiment at the NICA Facility.

с семинаром-школой для студентов и аспирантов NICA Days 2023.

Статус реализации мегасайенс-проекта NICA стал одной из центральных тем для 58-й сессии Программно-консультативного комитета ОИЯИ по физике частиц, который проходил с 21 по 22 июня 2023 года. В своем докладе глава коллаборации MPD профессор Виктор Рябов рассказал о текущем статусе коллаборации и прогрессе в реализации проекта MPD. Были представлены результаты изучения возможностей эксперимента MPD для работы с фиксированной мишенью, что позволит значительно увеличить диапазон энергий с высокой скоростью реакций и без значительной потери акцептанса установки.

Лето 2023 года послужило укреплению международного сотрудничества в рамках коллаборации MPD. В середине июня в Ухане (Китай) в рамках международного семинара NICA-MPD/IT специалисты ОИЯИ обсудили с китайскими коллегами новый совместный проект, главной целью которого станет разработка и производство монолитных активных пиксельных детекторов (МАПС, англ. MAPS) для трековой системы (ITS) эксперимента MPD. С 2 по 13 июля состоялся первый визит в ЛФВЭ делегации Института ядерных наук «Винча» (Сербия) – участников эксперимента MPD. 7 июля руководитель группы – профессор Йован Милошевич выступил с докладом на лабораторном семинаре. В начале июля 2023 в рамках программы START в ЛФВЭ на стажировку прибыла группа студентов и аспирантов из университетов Мексики – участников эксперимента MPD.

*A. B. Тараненко*

the school-seminar for undergraduates and postgraduates.

The status of the implementation of the NICA Megascience Project was one of the major topics discussed at the 58<sup>th</sup> session of the JINR Programme Advisory Committee for Particle Physics held on June 21-22, 2023. Spokesperson for the Collaboration Professor Victor Riabov reported on the current Collaboration status and progress in the implementation of the MPD project. The results of studying the possibilities of the MPD experiment for operating with the fixed target were presented, which will considerably increase the energy range with a high reaction rate and without significant loss of the acceptance of the facility.

The summer of 2023 has become a time to strengthen international cooperation within the MPD Collaboration. In mid-June in Wuhan (China), within the framework of the international NICA-MPD/IT Seminar, JINR specialists discussed with their Chinese colleagues a new joint project, the main goal of which will be the development and production of Monolithic Active Pixel Sensors (MAPS) for MPD ITS. From July 2 to July 13, the delegation of the Vinča Institute of Nuclear Sciences (Serbia), participants of the MPD experiment, made their first visit to VBLHEP JINR. On July 7, Professor Jovan Milosevic, the head of the group, made a presentation at VBLHEP Joint Laboratory Seminar. At the beginning of July 2023, as part of the START programme, a group of students and postgraduates from Mexican universities – participants of the MPD experiment – arrived at VBLHEP for an internship.

*A. Taranenko*

---

## **Продолжается работа над техническим проектом установки SPD SPD TDR – work continues**

Первая версия технического проекта установки SPD была представлена на зимней сессии Программно-консультативного комитета по физике частиц. Комитет рекомендовал продолжить работу над документом, сконцентрировав усилия на его обновлении в соответствии с текущими ценами, а также доступностью материалов, оборудования и технологий. Однако, важное для проекта SPD событие, случившееся в январе, сместило вектор усилий коллаборации.

Особенностью установки SPD является очень плотное размещение элементов подсистем внутренней части детектора. Это связано с наличием в установке полноценной мюонной (пробежной) системы толщиной в четыре длины ядерного взаимодействия, состоящей из стальных полос, прослоенных координатными детекторами. Такая мюонная система служит одновременно и грубым адронным калориметром, а также является ярмом сверхпроводящего соленоида SPD. Однако, значительный ее вес и предельно допустимая нагрузка на пол экспериментального зала жестко ограничивают геометрические размеры как самой мюонной системы, так и детектора SPD в целом.

The first draft of SPD TDR was presented at the winter session of the Programme Advisory Committee for Particle Physics. The Committee recommended to proceed with work on the document putting the efforts in its update in terms of current prices, availability of materials, equipment and technologies. However, the January event, which is crucial for the SPD project, has shifted the Collaboration's focus.

A feature of the SPD facility is that subsystem elements of the detector's inner part have very dense placement. This is due to the full range (muon) system with a thickness of four nuclear interaction lengths, which consists of steel strips interlaced with coordinate detectors. Such a muon system functions as both rough hadron calorimeter and the yoke of the SPD superconducting solenoid. However, its considerable weight and the maximum permissible load on the floor of the experimental hall severely restrict the geometric dimensions of both the muon system itself and the SPD detector as a whole.

At the end of January, JSC Comet finished calculations on the possibility to increase the weight of the SPD detector based on its



*Рис. 4. Сотрудник ЛЯП ОИЯИ А. В. Куликов с образцом четырехслойного аэрогеля (ИЯФ, Новосибирск).  
Fig. 4. Employee of DLNP JINR A. Kulikov with a sample of 4-layer aerogel (INP, Novosibirsk).*

В конце января ЗАО «Комета» были завершены расчеты по возможности увеличения веса детектора SPD, исходя из его размеров и ожидаемого распределения веса по точкам опоры в рабочей позиции на пучке, в позиции для сборки/обслуживания, а также во время движения, представленных в техническом проекте. Было получено официальное заключение, позволяющее увеличить нагрузку детектора на пол с 1200 до 1500 тонн. При такой нагрузке деформация фундаментных плит зала не является критической. Часть образовавшегося «резерва» была использована для увеличения геометрического размера детектора на 10 см по радиусу и на 30 см вдоль оси пучка. Таким образом, ожидается, что детектор SPD будет иметь длину 8 метров и внешний диаметр – 7,2 метра.

Увеличение длины установки позволяет существенно улучшить идентификацию зараженных частиц, вылетающих под небольшими углами к оси пучка, путем замены предлагавшегося ранее порогового счетчика на основе аэрогеля на существенно более продвинутую систему – фокусирующий детектор черенковских колец на основе многослойного аэрогеля (FARICH). Такая замена не только расширит кинематический диапазон измерений для основной физической программы эксперимента, но расширит и саму физическую программу. Станет возможно измерение спиновых асимметрий в инклюзивном рождении заряженных адронов (прежде всего пионов и каонов) в области больших продольных импульсов, где эти асимметрии особенно велики.

Коллаборацией SPD установлены контакты с группой из Института Ядерной физики им. Будкера (Новосибирск), специализирующейся на создании детекторов на основе аэрогеля. В ходе состоявшегося в конце июня визита в Новосибирск представители SPD ознакомились с образцами многослойного аэрогеля, а также посетили Институт катализа СО РАН, где производится аэрогель. По итогам обсуждения ожидается, что сибирские специалисты не

dimensions and the expected weight distribution along the support in the operating position with the beam, in the position for assembly/maintenance, as well as during the transportation, which are presented in TDR. The official expert opinion was given, which permits increasing the detector's load on the floor from 1200 to 1500 tons. With such a load, the deformation of the foundation slabs of the hall is not crucial. Part of the resulting allowance was used to increase the geometric size of the detector by 10 cm in radius and by 30 cm along the beam axis. Therefore, the SPD detector is expected to have a length of 8 meters and an outer diameter of 7.2 meters.

The increase in the facility's length enables us to greatly improve identification of charged particles produced at small angles relative to the beam axis. This can be carried out by replacing an aerogel threshold Cerenkov counter proposed earlier with a significantly more advanced system - a Ring Imaging Cerenkov detector based on "focusing" aerogel (FARICH). This will not only expand the kinematic measurement range for the main physics programme of the experiment, but will also expand the physics programme itself. It will be possible to measure spin asymmetries in the inclusive production of charged hadrons (primarily pions and kaons) in the region of large longitudinal momenta, where these asymmetries are especially large.

The SPD Collaboration has made contacts with a group from the Budker Institute of Nuclear Physics (Novosibirsk), focusing on the construction of detectors based on aerogel. During a visit to Novosibirsk at the end of June, SPD representatives got acquainted with samples of multilayer aerogel, and also visited the Borekov Institute of Catalysis SB RAS, where aerogel is produced. As a result of the discussion, Siberian specialists are expected not just join the work on FARICH, but also become the driving force in this direction.



*Рис. 5. Технический координатор SPD А. Ю. Корзнев с ярмом магнита для детектора PANDA.  
Fig. 5. SPD Technical Coordinator A. Korznev with a magnet yoke for the PANDA detector.*

просто включатся в работу по FARICH, но и станут основной ударной силой на этом направлении.

В ходе визита в Новосибирск представители SPD ознакомились также с производственной инфраструктурой для создания сверхпроводящих магнитов в ИЯФ. Именно в ИЯФ будет изготовлен сверхпроводящий соленоид SPD с полем на оси в 1 Тл и запасенной энергией около 20 МДж. При изготовлении соленоида SPD будет использован опыт создания в Новосибирске сверхпроводящего соленоида для детектора PANDA (FAIR). Конструкция как самого этого магнита, так и его ярма близки к их конструкции в SPD. В настоящее время идет подготовка к разработке технической документации по соленоиду SPD. Проект SPD был также всесторонне представлен на научном семинаре в ИЯФ и вызвал искренний интерес и живую дискуссию.

Ожидается, что обновленная версия технического проекта SPD появится к концу 2023 года.

*А. В. Гуськов*

During the visit to Novosibirsk, SPD representatives also got acquainted with the production infrastructure for the construction of superconducting magnets at INP. It is INP that will produce the SPD superconducting solenoid with a magnetic field on the axis of 1 T and a stored energy of about 20 MJ. Novosibirsk scientists already have experience in producing a solenoidal superconducting magnet for the PANDA (FAIR) facility. The design of both the PANDA magnet itself and its yoke are close to their design in SPD. Currently, preparations are underway to develop technical documentation for the SPD solenoid. The SPD project was also comprehensively presented at a scientific seminar at INP and aroused sincere interest and lively discussion.

An updated version of SPD TDR is expected by the end of 2023.

*A. Guskov*

## Новости коллаборации BM@N News from BM@N Collaboration

Коллаборация BM@N провела первый физический сеанс в полной конфигурации детектора с пучками Xe с энергией 3,8 АГэВ и 3,0 АГэВ. В ходе эксперимента было зарегистрировано более 550 миллионов взаимодействий Xe+CsI. Идентификация  $\Lambda$ -гиперонов,  $K_S^0$ -мезонов и заряженных частиц значительно улучшилась после юстировки, калибровки трековых и времяпролетных детекторов и начальной обработки данных. Центральность события оценивалась с помощью переднего адронного калориметра и годоскопа фрагментов.

15-19 мая 2023 года в Санкт-Петербургском

The BM@N Collaboration has carried out the first physics run of the BM@N detector in its full configuration with Xe beams of 3.8 A GeV and 3.0 A GeV. The experiment recorded over 550 million Xe+CsI interactions. The identification of  $\Lambda$ -hyperons,  $K_S^0$  mesons and charged particles was considerably improved after alignment, calibration of tracking and time-of-flight detectors, and the first data reprocessing. The event centrality was evaluated using the forward hadron calorimeter and the fragment hodoscope.

On May 15-19, 2023, St. Petersburg University hosted the



Рис. 8. Участники 10-го совещания Коллаборации BM@N, состоявшегося в Санкт-Петербурге 15-19 мая.  
Fig. 8. Participants of the 10<sup>th</sup> meeting of the BM@N Collaboration held in St. Petersburg on May 15-19.

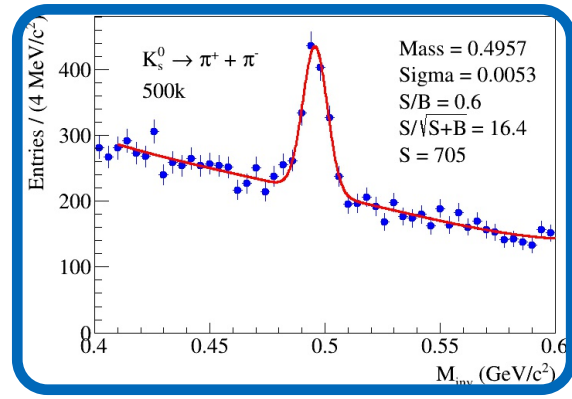
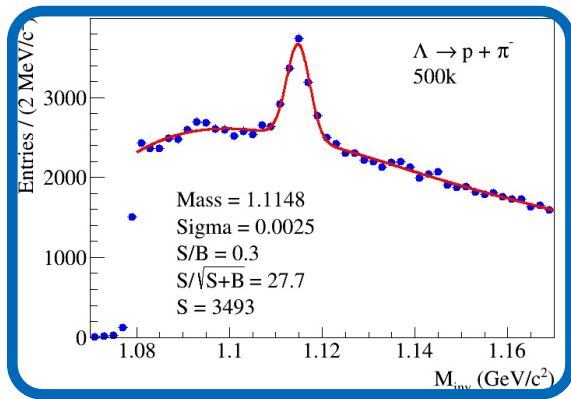


Рис. 6. Сигналы  $\Lambda$ -гиперонов и  $K_S^0$ -мезонов в спектрах эффективных масс  $(p, \pi^-)$  и  $(\pi^+, \pi^-)$ .  
 Fig. 6. Signals of  $\Lambda$ -hyperons and  $K_S^0$  mesons in the effective mass spectra of  $(p, \pi^-)$  and  $(\pi^+, \pi^-)$ .

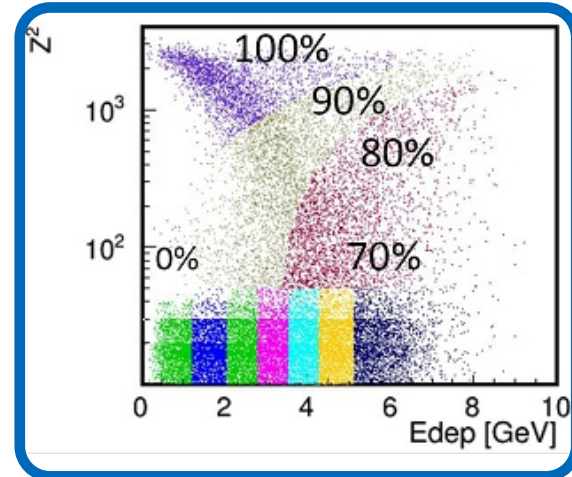
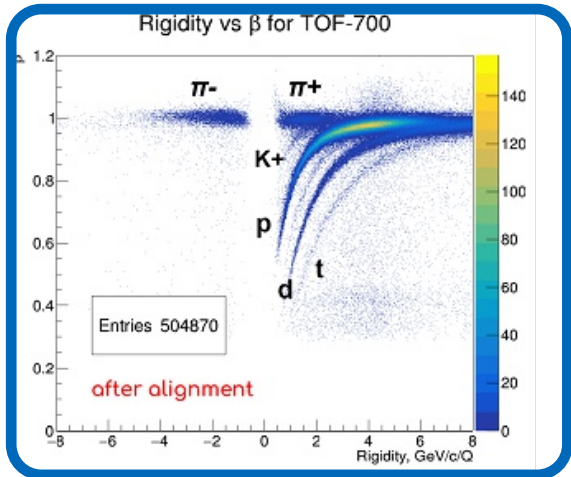


Рис. 7. Слева: Идентификация заряженных  $\pi^-, \pi^+, K^+$  мезонов, протонов, дейтронов, тритонов во времяпролетной системе.  
 Справа: классы центральности событий, определенные по амплитуде в годоскопе фрагментов ( $Z^2$ ) и энергии, выделенной в переднем адронном калориметре ( $E_{dep}$ ).

Fig. 7. Left: Identification of charged  $\pi^-, \pi^+, K^+$  mesons, protons, deuterons, tritons in the time-of-flight system. Right: Event centrality classes defined from the amplitude in the fragment hodoscope ( $Z^2$ ) and the energy deposited in the forward hadron calorimeter ( $E_{dep}$ ).

университете состоялось 10-е совещание коллаборации BM@N. На встрече присутствовало около 120 участников сотрудничества из 10 институтов и университетов 3-х стран: России, Болгарии и Израиля. Программа встречи включала доклады о состоянии эксперимента BM@N, результатах недавнего физического сеанса, направленного на изучение взаимодействий Xe+CsI. Обсуждались разработка детекторов, программного обеспечения, алгоритмов реконструкции событий и физическая программа эксперимента. Отдельная сессия совещания была посвящена результатам анализа ранее зарегистрированных экспериментальных данных по аргон-ядерным взаимодействиям с целью получения выходов легких ядерных фрагментов. На совещании было представлено около 50 докладов по тематике эксперимента BM@N. Совет институтов-участников коллаборации BM@N принял Физико-технический институт, г. Алматы, в качестве ассоциированного члена коллаборации.

Первая физическая статья коллаборации BM@N «Рождение  $\pi^+$  и  $K^+$  мезонов в аргон-ядерных взаимодействиях при 3,2 АГэВ» была принята к публикации в Журнале физики высоких энергий (JHEP).

М. Н. Капишин

10th meeting of the BM@N Collaboration. The meeting was attended by about 120 Collaboration participants from 10 institutes of 3 countries: Russia, Bulgaria and Israel. The meeting programme included reports on the status of the BM@N experiment, results of the recent physics run aimed to study Xe+CsI interactions. The development of detectors, software, event reconstruction algorithms and the physics programme of the experiment were discussed. A separate session of the meeting was devoted to the results of the analysis of previously recorded experimental data on argon-nucleus interactions in order to obtain the yields of light nuclear fragments. About 50 reports on the subject of the BM@N experiment were presented at the meeting. The Institutional Board of the BM@N Collaboration accepted the Institute of Physics and Technology, Almaty, as an associative member of the Collaboration.

The first physics paper of the BM@N Collaboration on “Production of  $\pi^+$  and  $K^+$  mesons in argon-nucleus interactions at 3.2 A GeV” was accepted for publication in the Journal of High Energy Physics (JHEP).

М. Kapishin

# Разработка и изготовление детекторов для NICA в Протвино

## Development and production of detectors for NICA in Protvino

Серпуховский научно-экспериментальный отдел ОИЯИ (далее – СНЭО) был создан в 1968 году как самостоятельный отдел в Протвино для поддержки экспериментальной программы ОИЯИ на ускорителе У-70 ИФВЭ (теперь ГНЦ РФ ИФВЭ – НИЦ «Курчатовский институт»). В то же время, помимо работы на У-70, сотрудники СНЭО много лет принимали активное участие в зарубежных экспериментах, в частности в ЦЕРН в экспериментах ATLAS и COMPASS.

В связи с сокращением участия ОИЯИ в экспериментах на У-70, численность отдела сокращалась, и он был расформирован. Несмотря на это, удалось сохранить коллектив высокопрофессиональных сотрудников, способных решать сложные научные и технические задачи. В последнее время все усилия были сосредоточены на выполнении поставленных задач при создании аппаратуры и детекторов для экспериментов на Нуклотроне и коллайдере NICA.

В СНЭО был накоплен большой опыт в создании калориметров. Многие из них, созданные в ОИЯИ для экспериментов в ЦЕРН, изготавливались в Протвино сотрудниками отдела.

Для эксперимента BM@N на Нуклотроне был сконструирован калориметр ZDC (Рис. 9), который смонтирован и использовался в составе установки в сеансах облучения в пучках ионов углерода и аргона.

В последние несколько лет в СНЭО совместно с ИФВЭ активно проводились методические исследования многослойных резистивных плоских камер (MRPC) с полученным хорошим временным разрешением. На сегодняшний день достигнутое временное разрешение для MRPC со стриповым считыванием находится на мировом уровне. На основании полученного опыта было принято



Рис. 9. Калориметр ZDC на установке BM@N.

Fig. 9. The ZDC calorimeter at BM@N.

Serpukhov Scientific and Experimental Department of JINR (hereinafter – SSED) was established in 1968 in Protvino as an independent department to support JINR experimental programme at the U-70 accelerator at IHEP (now SRC RF IHEP, NRC "Kurchatov Institute"). At the same time, staff of SSED have actively participated in external experiments, such as ATLAS and COMPASS at CERN.

Since JINR became less and less involved into the experiments at U-70, the number of SSED employees was reduced, and the department was disbanded. Despite this fact, a team of highly experienced specialists capable of tackling complex scientific and technical problems managed to continue working. In recent years, all efforts have been focused on fulfilling the tasks connected with the production of equipment and the construction of detectors for experiments at the

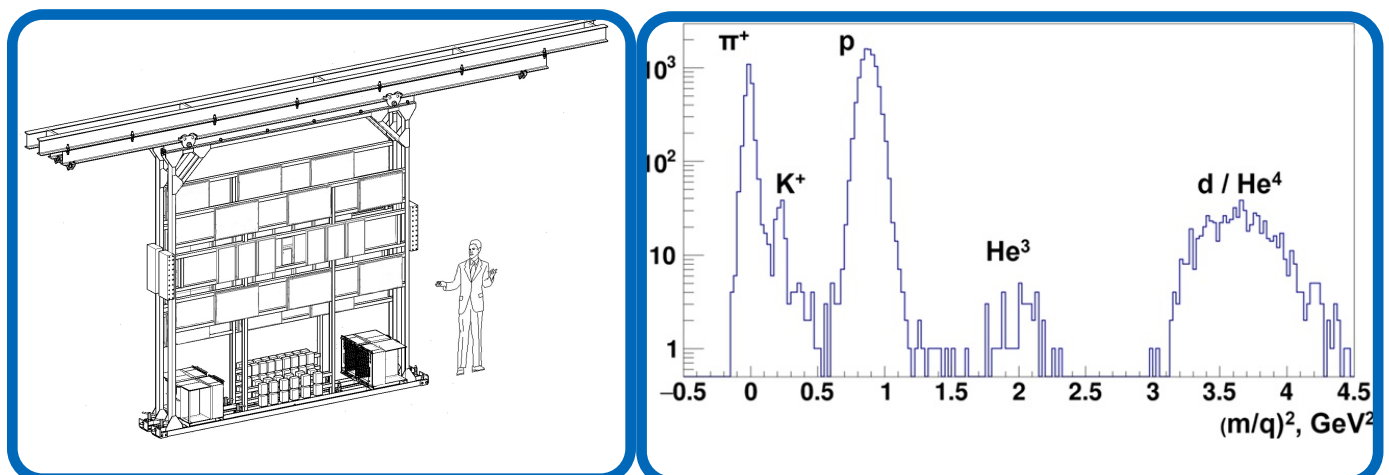


Рис. 10. Эскиз детектора TOF700 (слева) и результаты идентификации заряженных частиц по времени пролета в TOF700 (справа).  
Fig. 10. Schematic drawing of TOF700 (left) and the results of identification of charged particles by TOF700 (right).

решение о создании времяпролетного детектора TOF700 (Рис. 10) для эксперимента BM@N. Данный детектор был разработан и изготовлен на площадях СНЭО в Протвино и успешно работает на установке для идентификации частиц.

Во время разработки и испытания TOF700 был создан производственный участок для изготовления камер MRPC и два стенда для измерения характеристик этих камер: один – на пучке мюонов от ускорителя У-70, второй – для изучения работы камер на космических лучах.

Nuclotron and the NICA collider.

The team of SSED has gained extensive experience in constructing calorimeters. Many of them, constructed at JINR for CERN experiments, were produced by SSED in Protvino.

The ZDC calorimeter (Fig. 9) has been constructed for the BM@N experiment at the Nuclotron. It was installed and operated as part of the facility during runs with carbon and argon ion beams.

In the last few years, methodological studies of Multigap



*Рис. 11. Фотографии сверху – изготовление камер MRPC, внизу – тестовые стенды в Протвино.  
Fig. 11. Production process of MRPCs (upper pictures). Test benches in Protvino (bottom pictures).*

Принимая во внимание накопленный опыт и используя имеющееся оборудование и производственные площади, группа сотрудников ОИЯИ в Протвино и сотрудники ИФВЭ приняли решение совместно участвовать в создании времяпролетного детектора для эксперимента SPD на NICA наряду с китайской группой из университета Цинхуа. В рамках этой работы разработаны и созданы прототипы камер MRPC с размерами  $350 \times 450$  мм<sup>2</sup>, которые показали отличное временное разрешение (около 40 ps). Изготовленные камеры и предлагаемая конструкция центральной части времяпролетной системы TOF для

Resistive Plate Chambers (MRPC) with a high time resolution have been actively carried out by SSED together with IHEP. To date, the achieved time resolution for MRPCs with strip readout is world-class. Based on the experience gained, it was decided to construct a time-of-flight detector TOF700 (Fig. 10) for the BM@N experiment. This detector was developed and produced at the sites of SSED in Protvino and is successfully operating at the facility for particle identification.

While developing and testing TOF700, a production site has been made for producing MRPCs and two test benches for

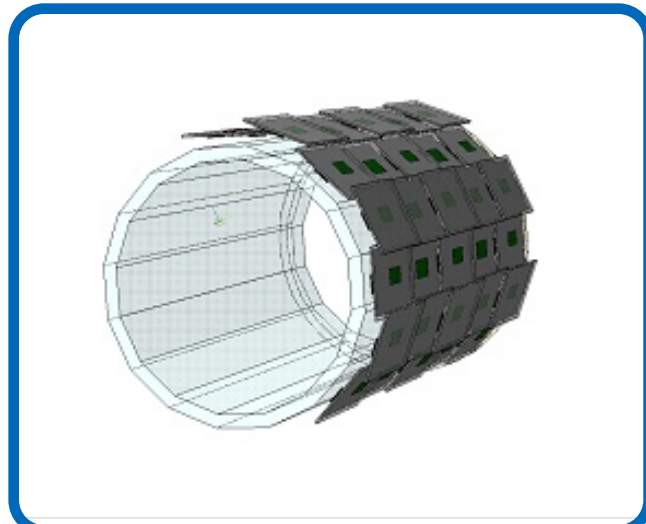
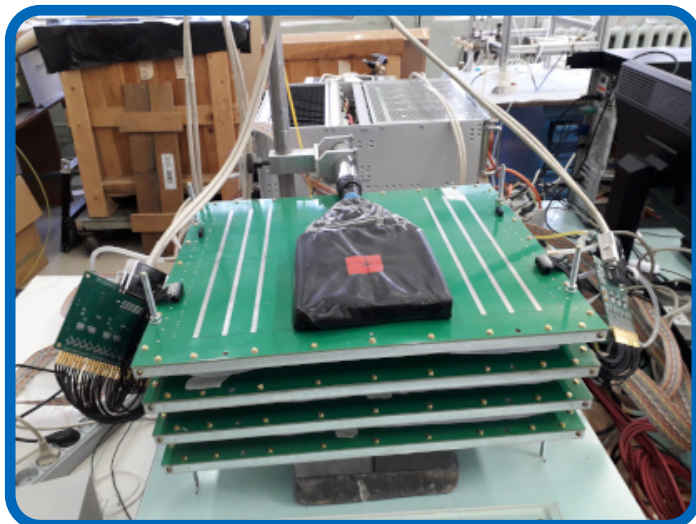


Рис. 12. Изготовленные камеры MRPC (фото слева) для предлагаемой конструкции время-пролетной системы TOF SPD (рисунок справа).

Fig. 12. Produced MRPCs (left) for the proposed design of the SPD TOF system (right).

эксперимента SPD показаны на фотографии и Рисунке 12.

Также были разработаны и изготовлены прототипы электроники считывания сигналов с камер MRPC. Это 8-ми канальные усилители с компараторами и выходами в стандарте LVDS для подключения к существующим TDC (время-цифровым преобразователям).

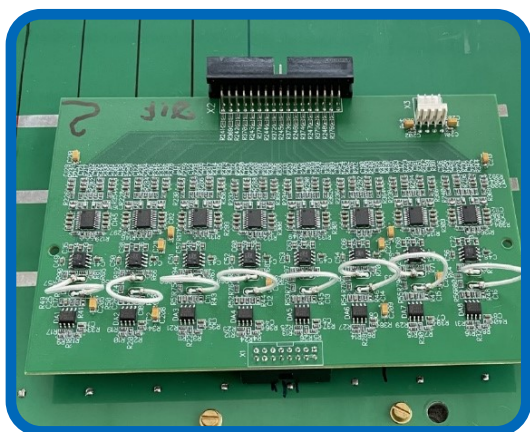


Рис. 13. Плата электроники считывания данных с камер MRPC.

Fig. 13. Readout electronics board for MRPCs.

Разработанная сотрудниками ОИЯИ и ИФВЭ технология изготовления MRPC камер будет передана коллегам в ФИАН для начала их массового производства. Физики из Протвино продолжают свое участие в тестировании готовых камер, в том числе, полученных из Китая.

*Е. А. Ладыгин*

measuring their parameters: one with the muon beam at the U-70 accelerator, and the second - for studying the operation of chambers with cosmic rays.

Taking into account the experience gained and using the available equipment and production site, a group of JINR employees in Protvino and IHEP employees, along with a Chinese group from Tsinghua University, decided to jointly construct a time-of-flight detector for SPD at NICA. As part of this work, prototypes of MRPCs with dimensions of  $350 \times 450 \text{ mm}^2$  have been developed and produced. The prototypes showed excellent time resolution (about 40 ps). The produced chambers and the proposed design of the central part of TOF for SPD are shown in the Figure 12.

Prototypes of readout electronics for MRPCs were also developed and produced. These are 8-channel amplifiers with comparators and LVDS outputs for connection to existing TDCs (time-to-digital converters).

The technology of producing MRPCs developed by JINR and IHEP employees will be sent to colleagues at the Lebedev Physical Institute for their mass production. Physicists from Protvino will continue their participation in testing the produced chambers, including those obtained from China.

*E. Ladygin*

