

Бустер открывает новые перспективы Booster opens new prospects



*Сотрудники, принимавшие участие в подготовке и проведении первого сеанса работы с пучком Бустера комплекса NICA.
Employees who participated in the preparation of the first run with the beam of the NICA Complex Booster.*

В конце 2020 года был успешно проведен первый сеанс работы с пучком Бустера комплекса NICA, старт которому дал Председатель Правительства Российской Федерации Михаил Владимирович Мишустин и нажатием символической кнопки благословил Бустер на долгую жизнь.

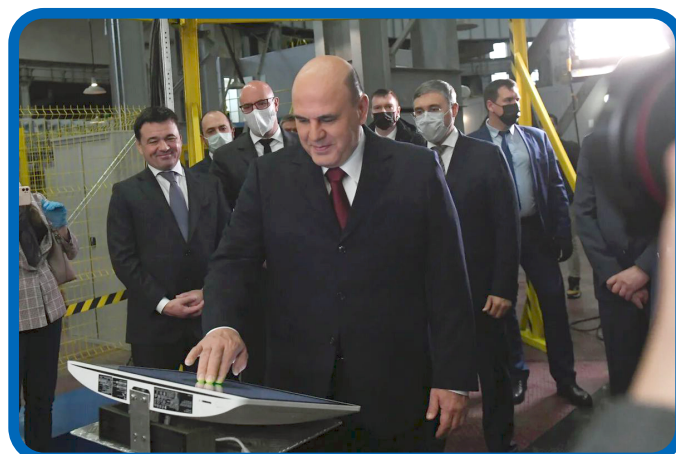
Чтобы оценить значение произошедшего события, можно попробовать обозначить место этой установки на российском и мировом ускорительном ландшафте. Последними построенными в России ионными синхротронами, за исключением Нуклотрона и нескольких компактных медицинских установок, были именно бустеры. Это бустер Серпуховского синхротрона, успешно решивший задачу повышения интенсивности протонного пучка в основном кольце. Это бустер синхротрона У10 в ИТЭФ, в задачу которого входило также и ускорение ионов

Символическая кнопка.

Председатель Правительства РФ М.В. Мишустин и губернатор Московской области А.Ю. Воробьев принимают участие в сеансе по запуску Бустера комплекса NICA.

Symbolic button.

Chairman of the Government of the Russian Federation Mikhail Mishustin and Governor of the Moscow region Andrey Vorobyev took part in launching the NICA Complex Booster.



At the end of 2020, the first beam circulation in the NICA Complex Booster was successfully obtained. Chairman of the Government of the Russian Federation Mikhail Mishustin gave start to the operation of the Booster by pressing a symbolic button.

To evaluate the significance of the event, one can try to map the location of this facility on the Russian and world accelerator landscape. The last ion synchrotrons constructed in Russia (except for the Nuclotron and several compact medical facilities)

Содержание Content

Бустер открывает новые перспективы Booster opens new prospects.....	1
Сессии программно-консультативных комитетов ОИЯИ Sessions of the Programme Advisory Committees of JINR	6
Третье заседание CSRC 3rd meeting of Cost and Schedule Review Committee	7
Строительство коллайдерного комплекса (здание №17) Construction of the collider complex (building 17)	8
Контрольная сборка магнитопровода MPD в ОИЯИ Test assembly of the MPD magnetic circuit at JINR	10
Новости коллаборации MPD News from the MPD Collaboration	12
Новости коллаборации BM@N News from the BM@N Collaboration	13
Представлен концептуальный проект установки SPD Conceptual Design Report of the SPD facility is presented	15

из середины таблицы Менделеева до нескольких сотен МэВ на нуклон. При сравнимой длине окружности по магнитной жесткости он примерно в два раза уступает Бустеру NICA. При этом основное кольцо U10 работало в режиме накопителя с целью сформировать короткий сгусток ионов тераваттного уровня мощности. Не случайно, что специалисты из ИТЭФ принимали и принимают активное участие и в сеансах Нуклотрона, и в разработке и реализации проекта NICA. А из зарубежных ускорителей ближайшим аналогом нашего Бустера и по задачам, и по параметрам является Бустер AGS, построенный в Брукхэйвенской лаборатории в начале 90-х. Кроме почти равных периметров (окружность Бустера AGS – 201 м, NICA – 211 м) и сверхвысокого вакуума в пучковой камере, необходимого для эффективного ускорения тяжелых ионов, в обеих установках применяются аналогичные технические решения для ряда систем. Например, сходную структуру имеют схемы электропитания магнитов и линз; в обоих ускорителях используется смена гармоник ускоряющего поля в ходе цикла и др. Но в несколько раз большая максимальная энергия и наличие системы электронного охлаждения превращают Бустер NICA в многофункциональную установку совершенно иного класса. Наверное, правильнее сравнить ее с тяжелоионным синхротроном SIS18, который в течение пары десятилетий обеспечивал реализацию в Дармштадте обширной программы фундаментальных и прикладных исследований, он продолжит свою работу уже в составе комплекса FAIR. Цифра 18 в его названии означает, в соответствии с принятой в GSI классификацией, максимальную магнитную жесткость в тесла-метрах. Наш Бустер по аналогии можно было бы называть SIS25, что правильнее отражает его место среди мировых тяжелоионных синхротронов. Для российской ускорительной науки создание Бустера NICA имеет и еще одно, символическое, значение: на свою родину возвращается покоривший весь мир метод электронного охлаждения пучков.

Использование сверхпроводящих магнитов делает Бустер практически уникальным – он всего-навсего шестой такой по счету в мире. Разработанная в ЛВЭ оригинальная технология производства сверхпроводящих магнитов была воссоздана на современной технической базе для проектов NICA и FAIR. Бустер – это первый синхротрон, построенный на новых магнитах. Система допусков на качество изготовления и расстановки магнитов строилась таким образом, чтобы с заметным техническим запасом обеспечить замыкание орбиты пучка внутри вакуумной камеры без применения устройств коррекции. По результатам магнитных измерений была определена оптимальная последовательность размещения магнитов по периметру ускорителя. Но только пучок может подтвердить правильность всех этапов технологии. Еще один технологический вызов Бустера – получение сверхвысокого вакуума в пучковой камере, что никогда ранее в таких больших объемах в России не достигалось. Проверка качества изготовления и сборки магнитно-криостатной системы и всех элементов пучковой камеры и являлась основной задачей первого сеанса. Кроме того, сеанс – это идеальный способ испытать новый линейный ускоритель, его систему высокочастотного питания и устройства канала транспортировки пучка в Бустер в режиме длительной круглосуточной эксплуатации. Свои особенности в процесс ввода ускорителя в эксплуатацию вносит и сверхпроводимость. Отдельные системы могут быть тщательно проверены и настроены на стендах, с использованием имитаторов и эквивалентных нагрузок, но

were just boosters. Those are the booster of the Serpukhov synchrotron, which successfully solved the problem of increasing the intensity of the proton beam in the main ring; the booster of the synchrotron U-10 at ITEP, which was aimed at accelerating ions of the middle of the periodic table to several hundred MeV/nucleon, while having a comparable circumference in terms of magnetic rigidity, it is approximately two times inferior to the NICA Booster. The main ring of U-10 operated in the storage mode to form a short ion bunch on the terawatt power level. It is not by chance that ITEP specialists have taken and are still taking an active part both in the Nuclotron runs and in the development and implementation of the NICA project. Among foreign accelerators, the closest analogue to our Booster in terms of both goals and parameters is the AGS Booster constructed at the Brookhaven National Laboratory in the early 90s. In addition to almost equal perimeters (the circumference of the AGS Booster is 201 m and NICA is 211 m) and the ultra-high vacuum in the beam chamber, which is necessary for the effective acceleration of heavy ions, similar technical decisions are made in both facilities for a number of systems. For instance, power supply circuits for magnets and lenses have a similar structure; both accelerators use a change in the harmonic number of the accelerating field during the cycle, etc. But several times higher maximum energy and the presence of an electron cooling system turn the NICA Booster into a multifunctional facility of a completely different class. It is probably more correct to compare it with the heavy ion synchrotron SIS18, which for a couple of decades provided the implementation of an extensive programme of fundamental and applied research in Darmstadt, and will continue its operation as part of the FAIR complex. The number 18 in its name means, according to the GSI classification system, the maximum magnetic rigidity in tesla meters. Similarly, our Booster could be called SIS25, which more truly reflects its place among the world's heavy ion synchrotrons. In the framework of the Russian accelerating science, the construction of the NICA Booster has another symbolic meaning: the method of electron cooling of beams, which has conquered the whole world, is returning to its homeland.

The use of superconducting magnets makes the Booster almost unique – it is only the sixth in the world. The original technology for the production of superconducting magnets developed at LHE was reconstructed on a modern technical basis for the NICA and FAIR projects. The Booster is the first synchrotron constructed with new magnets. The tolerance system for the quality of production and placement of magnets was developed in such a way as to provide, with a noticeable technical margin, the closure of the beam orbit inside the vacuum chamber without the use of correction units. Based on the results of magnetic measurements, the optimal sequence of placing the magnets along the perimeter of the accelerator was determined. But only using a beam, the accurateness of all stages of the technology can be confirmed. Another technological challenge for the Booster is obtaining an ultra-high vacuum in a beam chamber, which has never been achieved in such large volumes in Russia before. Tests of the quality of production and assembly of the magnet cryostat system and all elements of the beam chamber were the main task of the first run. In addition, a run is a perfect way to test the new linear accelerator, its high frequency power supply system and the beam transport channel to the Booster during a continuous round-the-clock operation.

как они поведут себя при работе с «холодной» структурой, зачастую, предсказать невозможно. Именно для испытания таких систем и нужен сеанс.

В соответствии с задачами и временными ограничениями при подготовке определялись программа и состав оборудования, с которым Бустер выходил на сеанс. Для инъекции частиц было решено использовать простейшую из разработанных схем: однократную однооборотную. Устройства системы вывода пучка хотя и были установлены на кольцо, но в сеансе не использовались. Система откачки пучковой камеры включала минимум вакуумных постов, необходимых для перехода технической границы области сверхвысокого вакуума в 10^{-7} Па. Система диагностики циркулирующего пучка также была смонтирована не в полном объеме. По временной схеме была собрана система криогенного обеспечения.

Особое внимание было уделено выбору сорта частиц для ускорения. Для измерения и настройки орбиты синхротрона сорт частиц принципиального значения не имеет, однако, для простоты интерпретации результатов предпочтительно иметь однокомпонентный пучок, состоящий из ионов только одного сорта в одном зарядовом состоянии. Кроме того, для испытания линейного ускорителя желательно иметь отношение массового числа иона к зарядовому достаточно близким к максимальному проектному значению – 6,3. В конце концов выбор пал на ионы He^{+1} , для генерации которых был разработан специализированный источник плазменного типа.

Сборка магнитно-криостатной системы Бустера была завершена к ноябрю 2020 года, все подсистемы были установлены в штатное положение и протестированы, система электропитания магнитов была протестирована и настроена для работы при эквивалентной нагрузке, настроена и испытана линия транспортировки пучка из линейного ускорителя. 12 ноября сеанс по тестированию систем Бустера был официально начат. Первый его этап состоял в завершении сборки и испытаний изоляционного вакуумного объема и системы криогенного обеспечения. По результатам его выполнения 4 декабря было принято решение о начале охлаждения кольца. С этого момента начались трансляции в Интернет показаний основных систем Бустера, счет времени пошел на часы и минуты. Ускоритель начал оживать.

Была запущена АСУ Бустера, введена в эксплуатацию система мониторинга, предназначенная для наблюдения за процессом криостатирования, включающая в себя систему термометрии. 12 декабря, в точном соответствии с намеченным графиком, магнитно-криостатная система была охлаждена до температуры 4,5 К. Следующим шагом была настроена и введена в эксплуатацию система детектирования переходов в нормально-проводящую фазу, протестирована система эвакуации энергии, настроены циклозадающая система и система электропитания магнитов Бустера. К этому моменту уже были настроены линейный ускоритель и канал транспортировки пучка в Бустер, выведены на проектные параметры устройства системы инъекции. 19 декабря было получено разрешение на работу с пучком.

Ветераны, принимавшие участие в эпопее по запуску Нуклотрона, с добродушным скепсисом оценивали перспективу предстоящей процедуры: «Что, вот так – откроем шибер, дадим пучок на вход и пойдет циркуляция? Ну-ну, посмотрим...». В это трудно поверить, но все практически так и случилось. Выставили «стол»

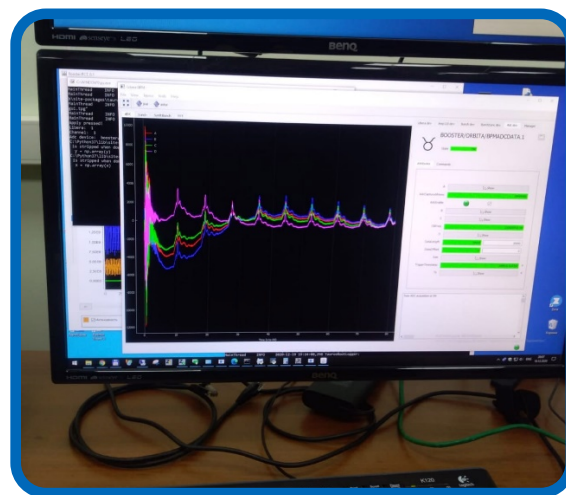


Рис. 1. 19 декабря 2020: первые обороты пучка в Бустере.
Fig. 1. December 19, 2020: first beam circulation in the Booster.

Superconductivity also contributes to the process of commissioning the accelerator. Separate systems can be thoroughly tested and tuned at test benches using simulators and equivalent loads, but their operation when working with a "cold" structure is often impossible to predict. A run is required exactly for testing such systems.

The programme and the equipment, which could be used during the run of the Booster, were determined according to the goals and time constraints during the preparation process. For the injection of particles, it was decided to use the simplest of the developed schemes: single turn injection. The units of the beam extraction system, although being installed in the ring, were not used in the run. The pump-out system of the beam chamber included a minimum of vacuum units required to achieve the technical breakpoint of the ultra-high vacuum range of 10^{-7} Pa. The circulating beam diagnostic system was also not fully assembled. A cryogenic support system was assembled according to the temporary scheme.

Special attention was paid to the selection of the type of particles for acceleration. For measuring and tuning the orbit of the synchrotron, the type of particles is not so important; however, for ease of the result interpretation, it is preferable to have a single-component beam consisting of only one type of ions in one charge state. In addition, for testing the linear accelerator, it is desirable to have the ratio of the ion mass number to the charge number close enough to the maximum design value of 6.3. In the end, He^{+1} ions were selected, for the generation of which a designated plasma-type source was developed.

The assembly of the magnet cryostat system of the Booster had been completed by November 2020. All subsystems were installed and tested, the power supply system for the magnets was tested and tuned for operation at an equivalent load, and the beam transport channel from the linear accelerator was tuned and tested. On November 12, the run for testing the Booster systems was officially launched. Its first stage included the completion of the assembly and testing of the insulation vacuum volume and the cryogenic support system. On December 4, based on the results of its implementation, it was decided to start cooling the ring. From that moment on, the readings of the main Booster systems started to be broadcasted on the Internet. The countdown went on for hours and minutes, the accelerator began to operate.

магнитного поля, соответствующий энергии инжекции, открыли шибер, подстроили устройства инжекции и пошла циркуляция (Рис. 1).

Как и планировалось, режим циркуляции пучка был получен без включения системы коррекции ошибок магнитного поля, при этом отклонения орбиты пучка от номинального положения в горизонтальной плоскости не превышали ± 15 мм (несколько больше в вертикальной плоскости), практически в точном соответствии с расчетами. И это один из важнейших результатов сеанса, имеющий принципиальное значение для проектов NICA и FAIR: технология производства, сборки и тестирования магнитов работает. Дополнительным показателем качества изготовления магнитно-криостатной системы является тот факт, что в ходе сеанса она стабильно отработала с циклом магнитного поля около 400 часов.

Сеанс продолжался до 30 декабря, и за этот период были выполнены следующие работы:

- последовательно протестированы основные системы диагностики циркулирующего пучка, система коррекции замкнутой орбиты, обеспечена интенсивность циркулирующего пучка, близкая к проектной,
- настроена высокочастотная система, протестирован режим адиабатического захвата пучка в режим ускорения, обеспечено ускорение ионов до энергии 100 МэВ/н,
- включена и протестирована система электронного охлаждения,
- системы питания магнитов, криогенная и магнитно-криостатная системы были проверены при работе в цикле магнитного поля с проектными параметрами.

Использование системы коррекции орбиты совместно с настройкой канала транспортировки пучка из HILAc в Бустер и настройкой устройств системы инжекции позволило достичь интенсивности пучка на уровне $7 \cdot 10^{10}$ циркулирующих ионов He^{1+} (Рис. 2), что по току эквивалентно 10^9 ионов Au^{31+} .

Характерное время жизни ионов из-за взаимодействия с молекулами и атомами остаточного газа составило примерно 1,9 с с учетом сечений процессов перезарядки, эта величина соответствует давлению остаточного газа в пучковых камерах на уровне $36 \cdot 10^{-8}$ Па, что находится в хорошем согласии с показаниями вакуумметров, и соответствует проектному значению при стартовой конфигурации системы откачки.

В течение трех смен проводились работы по тестированию системы электронного охлаждения (СЭО). На

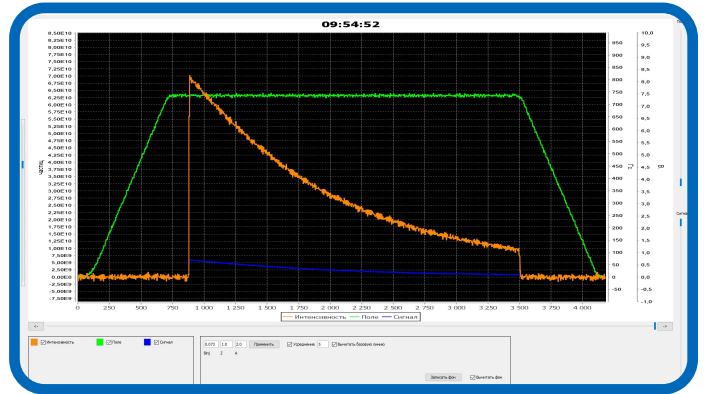


Рис. 2. Результаты измерения интенсивности циркулирующего пучка с помощью параметрического трансформатора тока (ПТТ) при оптимальной настройке всех систем. Зеленая кривая – величина магнитного поля в Гс, синяя – сигнал ПТТ, оранжевая – количество циркулирующих частиц. Время по горизонтальной оси в мсек.

Fig. 2. Results of measuring the intensity of the circulating beam using a parametric power transformer (PPT) with optimum tuning of all systems. The green curve is the magnitude of the magnetic field in G, the blue curve is the PPT signal, and the orange curve is the number of circulating particles. Time along the horizontal axis is given in ms.

The Booster ACS was launched, a monitoring system designed to monitor the cryostatting process, including a thermometry system, was put into operation. On December 12, in strict compliance with the schedule, the magnet cryostat system was cooled to a temperature of 4.5 K. Then it was tuning and putting into operation a system for detecting transitions to the normal conducting state, testing the energy evacuation system, tuning the cycle setting system and the power supply system for the Booster magnets. By this time, the linear accelerator and the beam transport channel to the Booster had already been set, and the injection system units had been brought to the design parameters. On December 19, permission was granted to work with the beam.

The senior colleagues, who took part in the epic launch of the Nuclotron, considered the prospect of the upcoming procedure with mild skepticism: “It will be something like this: we open the gate, inject the beam, and the circulation starts? Well, let’s see...”. It is hard to believe, but that is almost exactly how it happened.. We set up the “plateau” of the magnetic field corresponding to the injection energy, opened the gate, tuned the injection system, and the circulation started (Fig. 1).

As it was planned, the beam circulation mode was obtained without switching on the magnetic field error correction system, while the deviations of the beam orbit from the nominal position in the horizontal plane did not exceed ± 15 mm (a bit more in the vertical plane). And this is one of the most important results of the run, which is of crucial importance for the NICA and FAIR projects: the technology for the production, assembly and testing of magnets works well. An additional indicator of the production quality of the magnet cryostat system is the fact that during the run, there was a stable operation of the system with a magnetic field cycle of about 400 hours.

The run lasted until December 30, and during this period the following work was performed:

- the main systems for diagnostics of the circulating beam and the closed orbit correction system were consistently tested,



Рис. 3. Ионизационный профилометр в секции инжекции Бустера.

Fig. 3. Ionization profilometer in the Booster injection section.

энергии инжекции с помощью дипольных магнитов СЭО и корректирующих магнитов Бустера была настроена орбита циркулирующего пучка при поле соленоида секции охлаждения до 0,07 Тл. При этом поле был получен стабильный режим рекуперации энергии электронного пучка с током электронов до 150 мА. Это параметры уже близки к требуемым при охлаждении. Эффект взаимодействия электронного и циркулирующего ионного пучков наблюдался с помощью ионизационного профилометра (Рис. 3).

Было надежно зафиксировано уменьшение времени жизни ионов из-за рекомбинации с электронами в секции охлаждения, зависящее от энергии электронов. Оптимальная энергия электронов (потенциал катода электронной пушки) лежит в интервале 1,74-1,82 кэВ, что соответствует расчетному значению.

В завершение сеанса было проведено комплексное тестирование системы электропитания магнитов, криогенной и магнитно-криостатной систем при работе в цикле магнитного поля с максимальными устойчиво достигаемыми параметрами. В результате был настроен цикл с двумя «столами» на участке растущего поля, соответствующими энергии инжекции и энергии электронного охлаждения, на третьем – верхнем «столе» – было достигнуто поле 1,8 Тл, на участках роста и уменьшения поля был обеспечен темп изменения поля 1,2 Тл/с (Рис. 4), что полностью соответствует проектным параметрам цикла.

Все задачи успешно решены. Групповое фото, представленное в начале статьи, просто не могло вместить

the intensity of the circulating beam was ensured close to the design one,

- the high-frequency system was tuned, the adiabatic beam capture mode was tested in the acceleration mode, the acceleration of ions up to energy of 100 MeV/n was ensured,
- the electron cooling system was switched on and tested,
- magnet power systems, cryogenic and magnet cryostat systems were tested when operating in a magnetic field cycle with design parameters.

The use of the orbit correction system together with the tuning of the beam transport channel from HILAc to the Booster and the tuning of the injection system units made it possible to achieve the beam intensity at the level of $7 \cdot 10^{10}$ of circulating He^{1+} ions (Fig. 2), which is equivalent in current to 10^9 Au^{31+} ions.

The characteristic lifetime of ions due to recombination with molecules and atoms of the residual gas was approximately 1.9s. Taking into account the cross sections of the recharging processes, this value corresponds to the residual gas pressure in the beam chambers at the level of $36 \cdot 10^{-8} \text{ Pa}$, which corresponds to the readings of vacuum gauges and to the design value with the starting configuration of the pump-out system.

During three shifts, work was carried out to test the electron cooling system (ECS). At the injection energy using the ECS dipole magnets and the Booster correction magnets the orbit of the circulating beam was tuned under the field of the solenoid of the cooling section up to 0.07 T. In this field, a stable mode of energy recovery of the electron beam with an electron current of up to 150 mA was ensured. These parameters were already close to those required for cooling. The effect of interaction between the electron and circulating ion beams was observed using an ionization profilometer (Fig. 3).

A decrease in the ion lifetime due to recombination with electrons in the cooling section, which depends on the electron energy, was reliably recorded. The optimum electron energy (the potential of the electron gun cathode) is in the range of 1.74-1.82 keV, which corresponds to the calculated value.

At the end of the run, a comprehensive testing of the magnet power systems, cryogenic and magnet cryostat systems was carried out during operation in a magnetic field cycle with the maximum consistently achievable parameters. As a result, a cycle with two "plateaus" corresponding to the injection energy and the energy of electron cooling was set in the area of the increasing field. A field of 1.8 T was achieved on the upper "plateau", and a rate of field change of 1.2 T/s was ensured in the areas of increase and decrease of the field (Fig. 4), which fully corresponds to the design parameters of the cycle.

All tasks have been successfully completed. The group photo at the very beginning of the article could not fit the whole team, whose well-coordinated work led to the result. At that moment, some of the employees were still working in shifts. In addition to the accelerator department, the design department and workshops of VBLHEP took an active part in the multi-month marathon for preparing and performing the run. Our colleagues from equipment development companies from Moscow and Novosibirsk took part in the work during the run. We are grateful to our friends and colleagues from many countries for the work well performed.

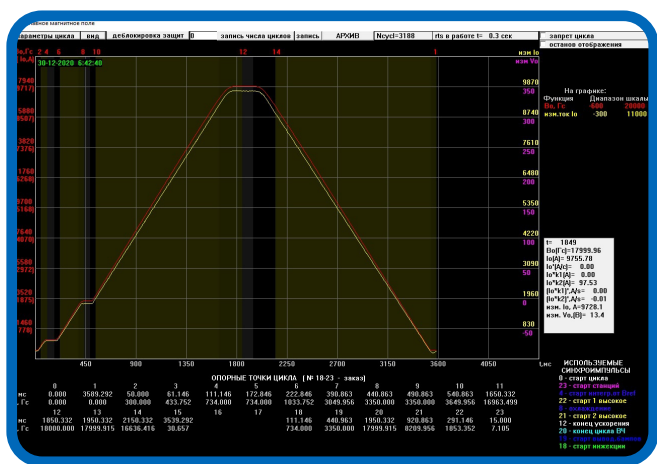


Рис. 4. Проектный цикл магнитного поля.
Fig. 4. Design cycle of the magnetic field.

весь коллектив, слаженный труд которого привел к такому результату. В этот момент часть сотрудников еще продолжала работать в сменах. Кроме ускорительного отделения в многомесячном марафоне по подготовке и проведению сеанса самое активное участие приняли конструкторское бюро и опытное производство ЛФВЭ. В работах в ходе сеанса участвовали наши коллеги из фирм разработчиков оборудования из Москвы и Новосибирска. Мы благодарны нашим друзьям и коллегам из многих стран за хорошо выполненную работу.

A.O. Сидорин

A. Sidorin

Сессии программно-консультативных комитетов ОИЯИ

Sessions of the Programme Advisory Committees of JINR

В январе прошли сессии трех программно-консультативных комитетов ОИЯИ, а также объединенное заседание ПКК по ядерной физике и по физике частиц для оценки пяти нейтринных проектов. На сессии ПКК по физике частиц работы, выполняемые в рамках мегасайенс проекта «Комплекс NICA», были представлены в нескольких докладах.

Главный инженер Лаборатории Н.Н. Агапов доложил о развитии инфраструктуры ЛФВЭ. ПКК отметил, что несмотря на проблемы, вызванные пандемией, работы по развитию инфраструктуры продвигаются необходимыми темпами. Комитет, в частности, приветствовал успехи в реконструкции линий электропередач, вводе в эксплуатацию электрических подстанций, монтаже оборудования на компрессорной станции и в капитальном строительстве.

Руководитель коллаборации MPD А. Кишель представил доклад о реализации проекта. ПКК был удовлетворен тем, что производство всех компонентов начальной конфигурации детектора MPD успешно продолжается. Их ввод в эксплуатацию будет проходить в период 2021-2022 годов. В рабочих группах продолжается работа над развитием программного обеспечения и алгоритмов, оптимизацией характеристик детекторов и моделированием физических процессов. Комитет поздравил участников проекта MPD с достижением важных этапов: завершением сборки ядра магнита, доставкой соленоидного магнита и началом установки элементов MPD на их место в павильоне MPD.

ПКК высоко оценил успехи в реализации проекта BM@N, представленного руководителем коллаборации М.Н. Капишиным. В настоящее время коллектив сосредоточен на подготовке детекторов, моделировании и разработке методов анализа данных для предстоящих сеансов работы установки BM@N с пучками ионов в 2021 году. Недавно к коллаборации BM@N присоединилась группа GSI/FAIR, которая занимается разработкой широкоапертурной трековой системы на основе кремниевых стриповых детекторов с учетом опыта эксперимента CBM. ПКК поздравил коллаборацию BM@N с первой публикацией результатов анализа короткодействующих корреляций в журнале Nature Physics.

Заместитель начальника ускорительного отделения по научной работе А.О. Сидорин сделал доклад о ходе работ по проекту «Нуклотрон-NICA». ПКК поздравил сотрудников отделения с надежной и успешной циркуляцией первого пучка в Бустере, что подтвердило высокое качество всех подготовительных работ. Комитет с удовлетворением отметил успехи, достигнутые ОИЯИ при подготовке стартовой конфигурации коллайдера со встречными ионными пучками – в строительстве и вводе в эксплуатацию новой компрессорной станции криогенного комплекса, в разработке каналов транспортировки пучка с соответствующей магнитной оптикой, в серийном производстве элементов криомагнитной системы коллайдера, пучковой камеры и других элементов NICA. ПКК рекомендовал продлить проект «Нуклотрон-NICA» до конца 2023 года.

Концептуальный проект (CDR) установки SPD представил на сессии ПКК А.В. Гуськов. Установка SPD

Three sessions of the Programme Advisory Committees of JINR were held in January, as well as a joint session of the PAC for nuclear physics and the PAC for particle physics aimed at evaluating five neutrino projects. At the PAC PP meeting, the work carried out in the framework of the mega-science project “NICA Complex” was presented in several reports.

The Chief Engineer of the Laboratory N. Agapov reported on the development of the VBLHEP infrastructure. The Committee noted that despite the problems caused by the pandemic, the work on the infrastructure development is advancing at the necessary pace. In particular, the progress in reconstruction of power supply lines, commissioning of power substations, equipment assembly in the compressor station, and civil construction was acknowledged.

The leader of the MPD Collaboration A. Kisiel presented a report on the project implementation. The Committee was satisfied with the progress in production of all components of the MPD first stage detector configuration. Their commissioning is planned for 2021-2022. Work on software and algorithm development, detector performance optimization and physics simulations is being continued within the working groups. The PAC congratulated the team on the achievement of important milestones: the completion of the magnet yoke assembly, the delivery of the solenoid magnet and the start of the installation of the MPD elements at their place inside the MPD hall.

The PAC highly appreciated the progress towards the implementation of the BM@N project presented by M. Kapishin. At present time, the team is focused on preparation of detectors, simulations and development of data analysis methods for the forthcoming runs of the BM@N detector with ion beams in 2021. The GSI/FAIR group that has recently joined the BM@N Collaboration aims at developing a wide-aperture tracking system based on silicon strip detectors using the expertise from the CBM experiment. The PAC congratulated the BM@N Collaboration on the first publication of the results of short-range correlations in Nature Physics.

A. Sidorin, deputy head of the accelerator department for scientific work, made a report on the progress of work on the Nuclotron-NICA project. The PAC congratulated the Booster team for the smooth and successful first beam circulation in the Booster, which confirmed the high quality of all preoperational works. The PAC was pleased to note the progress achieved by JINR while preparing for the start configuration with colliding beams of heavy ions: in constructing and commissioning the new compressor station of the cryogenic complex, in developing the beam transport channels with corresponding magnetic optics, in the serial production of elements of the Collider cryo-magnetic system, the beam pipe and other NICA elements. The PAC recommended extending the Nuclotron-NICA project through 2023.

задумана как универсальный 4π-детектор для регистрации и идентификации вторичных частиц при высокой светимости. Основной целью эксперимента является изучение поляризованной глюонной структуры протона и дейтрона при образовании чармония, открытого чарма и прямых фотонов. Предполагается, что на начальном этапе работа SPD будет сосредоточена на анализе различных неполяризованных и спин-зависимых эффектов во взаимодействиях протонов, дейтронов и легких ядер. ПКК поблагодарил авторов за подготовку всеобъемлющего CDR и рекомендовал руководству NICA назначить соответствующий Консультативный комитет по детекторам (DAC) для тщательного анализа CDR и последующей разработки технического проекта SPD. DAC SPD должен представить свой отчет по анализу CDR на следующей сессии ПКК в июне. Комитет считает, что команде SPD следует приложить все усилия для налаживания международного сотрудничества, поиска необходимых ресурсов и привлечения студентов и молодых ученых.

На объединенном заседании ПКК ЯФ и ПКК ФЧ была проведена оценка пяти нейтринных проектов. Дирекция ОИЯИ попросила Комитеты провести ранжирование проектов по категориям А, В и С (здесь, «А» относится к отличным проектам, которые следует финансировать в полной мере, обеспечивать адекватными ресурсами; «В» – хорошие проекты, но с некоторыми недостатками, финансируемые при исполнении строгих рекомендаций по их улучшению; «С» – хорошие проекты, однако показывающие относительно низкую эффективность). Три проекта были отнесены к категории А и два – к В. Есть намерение расширить в будущем этот подход и на оценку всех других проектов, в том числе и тех, что относятся к NICA.

А.П. Чеплаков

A. Cheplakov

Третье заседание CSRC 3rd meeting of Cost and Schedule Review Committee

15 января 2021 года состоялось третье заседание Комитета по анализу затрат и графику исполнения проекта «Комплекс NICA» (Cost and Schedule Review Committee, CSRC), сформированного в ОИЯИ по решению комитета полномочных представителей правительств стран-участниц ОИЯИ и Наблюдательного совета проекта «Комплекс NICA» с целью оказания консультативных услуг Наблюдательному совету и КПП по вопросам, связанным с оценкой затрат и эффективности выполнения работ по проекту «Комплекс NICA». Заседание Комитета, в котором приняли участие все его члены – Фернандо Феррони (INFN, Италия), Иоахим Мних (ЦЕРН), Луиза Чифарелли (Университет Болоньи, Италия), Фредерик Бордри (ЦЕРН), Лачезар Костов (Агентство по ядерному регулированию, Болгария), Элизер Рабиновичи (Израиль) и Леонид Кравчук (ИЯИ РАН, Россия), прошло под руководством Ф. Феррони в режиме видеоконференции. Со стороны ОИЯИ в открытой секции заседания Комитета участвовали директор ОИЯИ Г.В. Трубников, научный руководитель ОИЯИ В.А. Матвеев, руководитель проекта NICA В.Д. Кекелидзе, со-руководитель темы «Комплекс NICA» А.С. Сорин, заместитель руководителя Дирекции проекта NICA Р. Ледниcki, вице-директор ОИЯИ Б.Ю. Шарков,

The Conceptual Design Report (CDR) of the SPD experiment was presented by A. Guskov. The SPD facility is conceived as a universal 4π-detector for registration and identification of secondary particles at high luminosity. The main goal of the experiment is to study the polarized gluon structure of proton and deuteron in the production of charmonium, open charm and direct photons. At its initial stage, SPD is supposed to focus on various unpolarized and spin-dependent effects in the interactions of protons, deuterons and light nuclei. The PAC expressed its gratitude to the authors for preparing the comprehensive CDR and recommended that the NICA management appoint an appropriate Detector Advisory Committee to conduct a thorough review of the CDR and then to develop the SPD TDR (Technical Design Report). The SPD DAC is due to submit its CDR analysis report at the next PAC meeting in June. The PAC encouraged the team to make every effort to form an international collaboration, to find adequate resources and to attract students and young scientists.

Five neutrino projects were assessed at the joint meeting of the PAC NP and PAC PP. The JINR Directorate asked the Committees to rank projects in categories A, B and C (here, "A" refers to excellent projects that should be fully funded and provided with adequate resources; "B" – good projects but with some shortcomings, funded by implementation of strict recommendations for their improvement; "C" – good projects, however, showing relatively low performance). Three projects were ranked to category A, and two projects were ranked as B. The Directorate intends to expand this approach in the future to the assessment of all other projects, including those related to NICA.

On January 15, 2021 the third meeting of the Cost and Schedule Review Committee of the "NICA Complex" project, formed at JINR by the decision of the Committee of Plenipotentiaries of the governments of the JINR member states and the Supervisory Board of the "NICA Complex" Project was held, aimed at consulting the Supervisory Board and the Committee of Plenipotentiaries about the issues related to the evaluation of costs and efficiency of work on the "NICA Complex" project. The meeting of the Committee was held by F.Ferroni via video conference and was attended by all its members – Fernando Ferroni (INFN, Italy), Joachim Mnich (CERN), Lucia Cifarelli (University of Bologna, Italy), Frederic Bordrie (CERN), Lachezar Kostov (Nuclear Regulatory Agency, Bulgaria), Eliezer Rabinovici (Israel) and Leonid Kravchuk (INR RAS, Russia). On the JINR part, JINR Director G. Trubnikov, JINR Scientific Leader V. Matveev, Leader of the "NICA Complex" project V. Kekelidze, Co-leader of the "NICA Complex" topic A. Sorin, Deputy Head of the Project Directorate R. Lednický, JINR Vice-Director B. Sharkov, Head of the Project Office Yu. Potrebenikov, LHEP Deputy Directors A. Butenko and N. Agapov and Deputy Chief Engineer A. Dudarev participated in the open section of the meeting.

руководитель проектного офиса Ю.К. Потребеников, заместители директора ЛФВЭ А.В. Бутенко и Н.Н. Агапов, заместитель главного инженера ОИЯИ А.В. Дударев.

Комитет заслушал и обсудил доклад руководителя проекта NICA В.Д. Кекелидзе о статусе проекта и выполнении рекомендаций предыдущего заседания CSRC, прошедшего осенью 2020 года. Особое внимание в докладе было уделено результатам выполнения планов реализации проекта и достижения его контрольных точек, оценкам использования финансовых и человеческих ресурсов и планам по развитию инструментария для управления этими ресурсами, вопросам преодоления имеющихся отставаний в реализации отдельных элементов и проекта в целом.

Комитет отметил впечатляющий прогресс в реализации проекта в сложившихся сложных условиях мировой пандемии COVID-19, в частности, ввод в эксплуатацию Бустера, установку элементов магнита MPD, создание комплекса энергоподстанций, прогресс в создании новой криогенно-компрессорной станции.

Комитет предложил руководству проекта NICA в ближайшее время подготовить обновленный график реализации проекта с указанием этапов и дат их достижения с тем, чтобы иметь возможность отслеживать прогресс с периодичностью в 3 месяца, настоятельно рекомендовал подготовить документ, содержащий анализ рисков для наиболее важных элементов проекта, составить подробный список потребности в квалифицированных специалистах с описанием требований к ним.

Следующее заседание Комитета предложено провести в сентябре 2021 года.

В.Д. Кекелидзе

The Committee heard and discussed the report of the NICA Project Leader V. Kekelidze on the project status and the implementation of the recommendations made at the previous CSRC meeting in autumn 2020. Special attention in the report was paid to the results of fulfilment of the project implementation plans and the achievement of its milestones, to the assessments of the use of financial and human resources and plans for the development of tools for managing these resources, to the issues of dealing with the existing gaps in the implementation of individual elements and the project as a whole.

The Committee noted the outstanding progress of the NICA Project commissioning in the ongoing difficult situation of the COVID-19 global pandemic, in particular, the commissioning of the Booster, the installation of MPD magnet elements, the construction of a complex of power substations, and progress in the construction of a new cryogenic compressor station.

The Committee invited the management of the NICA project to prepare in the near future an updated project implementation schedule indicating the stages and their deadlines in order to be able to track the progress with a frequency of 3 months. It strongly recommended to prepare a document with a risk analysis for the most important elements of the project, to draw up a detailed list of the needs for qualified specialists with a description of the requirements to them.

The next meeting of the Committee was proposed to be held in September 2021.

V. Kekelidze

Строительство коллайдерного комплекса (здание № 17) **Construction of the collider complex (building 17)**

Генеральный подрядчик АО «ШТРАБАГ» во исполнение Договора генерального подряда №100/2795 от 18.09.2015 года, заключенного с Объединенным институтом ядерных исследований, осуществляет строительство зданий и сооружений (объекты капитального строительства) для размещения тяжелоионного коллайдера NICA на площадке ЛФВЭ ОИЯИ с частичной реконструкцией здания № 1.

Строительство осуществляется в рамках реализации мегасайенс проекта «Комплекс NICA» во исполнение Распоряжения Правительства Российской Федерации от 27 апреля 2016 г. № 783-р «О подписании Соглашения между Правительством Российской Федерации и международной межправительственной научно-исследовательской организацией Объединенным институтом ядерных исследований о создании и эксплуатации комплекса сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA».

В январе 2021 года ОИЯИ и АО «ШТРАБАГ» подписали дополнительное соглашение №5. Согласно его условиям, объем выполняемых работ и их стоимость будут приведены в соответствие с измененной проектно-сметной документацией, имеющей положительные заключения ФАУ «Главгосэкспертиза России» за №994-13/ГГЭ-8759/02 от 25.10.2013 и за № в ЕГРЗ 50-1-1-3-007355-2019 от 03.04.2019. Также предполагается изменение сроков завершения работ.

The general contractor AO "STRABAG" in compliance with the General Contractor Agreement No. 100/2795 dated September 18, 2015, signed with the Joint Institute for Nuclear Research, is constructing the buildings and facilities (capital construction facilities) for the placement of the heavy ion collider NICA at the JINR VBLHEP site with a partial reconstruction of building 1.

The construction is being carried out within the framework of the implementation of the mega-science project "NICA Complex" in compliance with the Order of the Government of the Russian Federation No. 783-r dated April 27, 2016, "On signing an agreement between the Government of the Russian Federation and the international intergovernmental research organization Joint Institute for Nuclear Research on the construction and operation of a complex of superconducting rings on colliding beams of heavy ions (NICA)".

In January 2021, the Parties signed an Additional Agreement No. 5. According to it, the amount of work performed and its cost will comply with the amended design and estimate documentation, which contains positive conclusions made by FAI "Glavgosexpertiza of Russia" for No. 994-13/GGE-8759/02 dated October 25, 2013 and for No. 50-1-1-3-007355-2019 in EGRZ dated April 03, 2019. The change of works deadline is also expected.

According to the terms of the Agreement No. 100/2795 dated September 18, 2015 and taking into account the

В соответствии с условиями Договора №100/2795 от 18.09.2015 и с учетом изменений, вносимых Дополнительным соглашением №5, Генеральный подрядчик АО «ШТРАБАГ» в срок до 31 декабря 2021 года выполнит в полном объеме все работы по объекту:

«Размещение тяжелоионного коллайдера NICA на площадке ЛФВЭ в г. Дубне, с частичной реконструкцией здания №1», предусмотренные проектной и рабочей технической документацией, Градостроительным Кодексом Российской Федерации № 190-ФЗ

от 29.12.2004 (ред. от 08.12.2020), Сводами Правил Российской Федерации. АО «ШТРАБАГ» обеспечит сдачу-приемку результатов выполненных работ поэтапно и в сроки, указанные в Дополнительном соглашении №5 к Договору генерального подряда.

Объединенный институт ядерных исследований в течение 2021 года, по мере сдачи-приемки отдельных этапов Договора генерального подряда, получит возможность использовать отдельные помещения здания №17 для монтажа и пусконаладочных работ технологического оборудования комплекса NICA.

Предварительная стоимость строительства здания №17 с учетом дополнительного объема работ оценивается в настоящий момент в сумму около 7 миллиардов рублей. Проектные изменения отражены в четырех дополнительных соглашениях к Договору генерального подряда (№1 от 23.06.2016, №2 от 21.03.2017, №3 от 15.08.2017, №3.1 от 25.10.2017) и в 10 дополнительных соглашениях к Договору на оказание услуг по техническому аудиту проектной документации и разработку рабочей документации.

По состоянию на январь 2021 года выполнено:

- устройство свайного поля (100%),
- железобетонные конструкции (99%),
- монтаж металлических конструкций (99%),
- монтаж фасадов (47%),
- устройство кровли (70%),
- земляные работы и устройство временных дорог (98%),
- возведение перегородок из кирпича и пеноблока (63%),
- устройство силовых полов (70%),
- отделочные работы (28%),
- устройство пристенного дренажа здания (100%),
- вынос сетей водопровода из-под пятна дороги (90%),
- устройство бытовой и ливневой канализации (15%),
- монтаж ИТП (20%).



*Общий вид строительной площадки.
General view of the construction site.*

amendments introduced by the Additional Agreement No. 5, as provided for by the design and work technical documentation, by the Town Planning Code of the Russian Federation No. 190-FZ dated December 29, 2004 (rev. December 8, 2020), and the Code of the Russian Federation, the general contractor AO "STRABAG" will complete all works on the facility until December 31, 2021: "The placement of the heavy ion collider NICA at the VBLHEP site in Dubna with a partial reconstruction of building 1".

During 2021, the Joint Institute for Nuclear Research will be able to use separate rooms of building 17 for installation and initial commissioning tests of technological equipment of the NICA complex as the individual stages specified in the General Contractor Agreement are delivered and accepted.

Taking into account the additional amount of work, the preliminary cost of the construction of building 17 is currently estimated at about 7 billion rubles. The design changes are specified in four Additional Agreements to the General Contractor Agreement (No. 1 dated June 23, 2016, No. 2 dated March 21, 2017, No. 3 dated August 15, 2017, No. 3.1 dated October 25, 2017) and in 10 Additional Agreements to the Service Agreement on technical audit of design documentation and development of work documentation.

As of January 2021, the following works have been performed:

- piles (100%),
- concrete structures (99%),
- metal structure installation (99%),
- facades installation (47%),
- roofs (70%),
- earth works and temporary roads (98%),
- brick and foam block partition walls (63%),
- load-bearing floors (70%),
- finishing works (28%),
- wall drainage system (100%),
- displacement of water supply networks (90%),
- installation of household and storm sewer (15%),
- installation of individual heating units (20%).

Произведена реконструкция (строительная часть) пристройки корпуса №1 в месте примыкания корпуса со строящимся зданием №17. Оборудован проем в перекрытии корпуса №1 с целью монтажа оборудования по выводу пучка из Бустера в Нуклотрон.

Павильон MPD подготовлен к передаче заказчику для монтажа технологического и научного оборудования (ярма магнита и соленоида MPD).

На стадии завершения тендеры по выбору компаний на производство работ по системе холодоснабжения и по устройству слаботочных систем. В 2020 году выбраны подрядные организации и организовано начало работ по монтажу системы отопления (ООО «Альстрамерия»), нанесению огнезащитного покрытия на металлические конструкции (ООО «СК СТРОЙ»), благоустройству территории здания №17 (ООО «ВСК»), внутренней отделке (ООО «ВСК», ООО «ЭКСО-Т», ООО «БОРСТРОЙ»).

А.В. Трубников

The reconstruction (construction part) of the extension of building 1, where the building adjoins building 17, which is under construction, has been carried out. An opening in the ceiling of building 1 has been equipped for installing the equipment for the beam transfer from the Booster to the Nuclotron.

The MPD Hall is ready to be delivered to the customer for installing technological and scientific equipment (magnet yoke and solenoid of the MPD).

Tender procedures for the selection of companies to carry out works on the cold supply system and equipping low-current systems are at the final stage. In 2020, contractors were selected and the works started on the installation of the heating system (ООО "Alstrameria"), the fireproof coating of metal structures (ООО "SK STORY"), the landscaping of the territory of building 17 (ООО "VSK"), and the finishing works (ООО "VSK", ООО "EKSO-T", ООО "Borstroy").

A. Trubnikov

Контрольная сборка магнитопровода MPD в ОИЯИ Test assembly of the MPD magnetic circuit at JINR

В предыдущем сентябрьском бюллетене «NICA Bulletin» №2 (http://www.jinr.ru/wp-content/uploads/NICA%20Bulletin/NICABulletin_v2.pdf) была описана начальная стадия контрольной сборки магнитопровода соленоидального спектрометрического магнита, который благополучно был доставлен в ОИЯИ 6 ноября 2020 года.

Доведя контрольную сборку магнитопровода до уровня 13 плит в сборе, дальнейшая сборка была приостановлена по ряду причин, в частности, из-за необходимости выполнения отделочных работ в павильоне до наступления холодного периода.

На протяжении всего первого этапа контрольной сборки проводились геодезические измерения, выполняемые специалистами из ООО «Промышленные измерения» г. Санкт-Петербург.

Результаты измерений превзошли самые смелые ожидания. Так, отклонения поверхности плит №4-№5 и №8-№9 в зоне их опирания на ложемент составили величины от -0,44 мм до +0,15 мм. А неплоскостность плит №12-№13 по верхним граням составила 0,29 мм при заданных параметрах в чертеже 1 мм. Плиты №12 и №13 имеют опорные узлы для установки соленоида в магнитопровод, и их положение важно для достижения идентичности положения продольной геометрической оси соленоида и магнитопровода. Достигнутая суперточность стала возможной благодаря разработанной инженерами КБ ЛФВЭ технологии сборки и высокоточному изготовлению компонент магнитопровода на заводе в Витковице.

В декабре 2020 года была продолжена контрольная сборка магнитопровода. В присутствии представителя фирмы ASG (Италия), которая изготовила соленоид и отвечает за высокое качество поля в полностью собранном магните, были выполнены повторные измерения собранной части магнитопровода, которые показали идентичные результаты.

Таким образом, высокая точность геометрии собираемого магнитопровода была подтверждена и контрольная сборка была продолжена.

Дальнейшая сборка магнитопровода шла четко по

In the previous September 2020 issue No.2 of NICA Bulletin (http://www.jinr.ru/wp-content/uploads/NICA%20Bulletin/NICABulletin_v2.pdf) the initial stage of the test assembly of the magnetic circuit of the solenoid spectrometric magnet, which was safely delivered to JINR on November 6, 2020, was described.

When the test assembly of the magnetic circuit was at the level of 13 plates in the assembly, further assembly was suspended for a number of reasons, in particular, due to the need to perform finishing works in the pavilion before the cold spell.

Throughout the first stage of the test assembly, surveying was carried out by specialists from the St. Petersburg company Industrial measurements LLC.

The measurement results were beyond our wildest dreams. The deviations of the surface of plates No.4-No.5 and No.8-No.9 in the area of their resting on the cradle ranged from -0.44 mm to +0.15 mm. The nonflatness of plates No.12-No.13 along the upper edges was 0.29 mm with the given parameters of 1 mm in the drawing. Plates No.12 and No.13 have support units for installing the solenoid in the magnetic circuit, and their position is important to achieve the identity of the position of the longitudinal center line of the solenoid and the magnetic circuit. The achieved super-accuracy was obtained thanks to the assembly technology developed by the engineers from the VBLHEP Design department and high-precision production of the magnetic circuit components at the plant in Vitkovice.

In December 2020, the test assembly of the magnetic circuit was continued. Repeated measurements of the assembled part of the magnetic circuit were performed in the presence of a representative of the ASG company (Italy), which produced the solenoid and is responsible for the high quality of the field in the fully assembled magnet, and showed identical results.



Рис. 1. Измерения на заключительном этапе.
Fig. 1. Measurements at the final stage.

составленному 11 декабря плану монтажных работ, в котором были учтены дополнительные работы в павильоне по разгрузке поступающего криогенного оборудования.

Первоначально были установлены опорные кольца и, во время дальнейшей сборки, проведены геодезические измерения собираемого магнитопровода на этапах «15 плит в сборке», «23 плиты в сборке», «27 плит в сборке» и, финально, «28 плит в сборке» (Рис. 1). После установки каждой очередной плиты производилась установка штифтов $\varnothing 33H7/p6$, охлажденных жидким азотом. Каждый штифт имел индивидуальную маркировку и устанавливался в соответствующее отверстие между соседними плитами и между плитами и опорными кольцами. Таким образом, каждая плита занимала то же пространственное положение, что имела при контрольной сборке на заводе в Чехии 2 года назад.

25 декабря 2020 года, в соответствии с предварительным планом работ по монтажу магнитопровода, была установлена верхняя заключительная плита №28. Тем самым контрольная сборка магнитопровода была успешно завершена (Рис. 2)!

Финальные измерения геометрии магнитопровода вновь показали высокую точность изготовления плит и опорных колец и их сборки в единое целое. Несоосность опорных колец друг относительно друга составила 0,20 мм при назначенном допуске 1 мм.

В феврале-марте 2021 года планируется произвести монтаж и наладку системы перемещения МРД. В процессе монтажа и по его окончании ряд сотрудников Лаборатории из бригады

Therefore, we continued the test assembly after being thoroughly assured of high accuracy of the geometry of the magnetic circuit under assembly.

Further assembly of the magnetic circuit proceeded according to the installation work plan drawn up on December 11, which took into account additional work in the pavilion to unload the incoming cryogenic equipment.

Initially, the support rings were installed and, during further assembly, the surveying of the magnetic circuit under assembly was carried out at the stages "15 plates assembly", "23 plates assembly", "27 plates assembly" and, finally, "28 plates assembly" (Fig. 1). After the installation of each next plate, the installation of pins $\varnothing 33H7/p6$, cooled with liquid nitrogen, was carried out. Each pin was individually labeled and fitted in a corresponding hole between adjacent plates and between plates and support rings. Thus, each plate occupied the same spatial position that it had during the test assembly at the plant in the Czech Republic 2 years ago.

On December 25, 2020, according to the preliminary work plan for the installation of the magnetic circuit, the last upper plate No.28 was installed. Therefore, the test assembly of the magnetic circuit was successfully completed (Fig. 2)!

The final measurements of the geometry of the magnetic circuit again showed the high accuracy of the production of plates and support rings and their assembly into a single whole. The misalignment of the support rings relative to each other was 0.20 mm with 1 mm tolerance allowed.

In February-March 2021, it is planned to install and set the MPD displacement system. During the installation process and after its completion, a number of Laboratory employees from the installation team will be trained to work with it.



Рис. 2. Магнитопровод собран.
Fig. 2. The magnetic circuit is assembled.

монтажников будут обучены работе с ней.

Бригада монтажников из ЦОЭП ЛФВЭ получила исключительной важности опыт работ по сборке многотонных крупногабаритных объектов с высокой точностью. В дальнейшем, в основном силами этой же бригады, будет произведена разборка магнитопровода до уровня 13 плит в сборке, установлена соленоидальная обмотка магнита, привезенная из Италии, и заново полностью собран магнитопровод.

Н.Д. Топилин

N. Topilin

Новости коллаборации MPD News from the MPD Collaboration

Продолжается подготовка к исследованию фазовой диаграммы сильно взаимодействующей материи посредством изучения столкновений тяжелых и легких ионов в эксперименте MPD NICA. Ведутся интенсивные работы в павильоне эксперимента MPD, отведенном под размещение установки. В декабре 2020 года была завершена сборка ядра магнита. Все 28 плит были собраны с требуемой точностью. Таким образом завершается основной этап создания установки MPD.

6 ноября 2020 года второй крайне важный элемент магнита MPD, сверхпроводящий соленоид (вместе с комплектом периферийного оборудования), завершил свое месячное морское путешествие от места производства, компании ASG в г. Генуя, Италия в павильон MPD. Сейчас соленоид находится в здании в своем саркофаге, готовый к процессу сборки всей системы магнита MPD.

В павильоне MPD ведутся финальные отделочные работы, а важнейшие системы обеспечения, такие как электроснабжение, пожарная безопасность, система вентиляции и теплоснабжения, находятся в процессе ввода в эксплуатацию.

На 54-м заседании Программно-консультативного комитета по физике частиц был представлен отчет о ходе реализации проекта MPD. ПКК поздравил команду с достижением важных вех в создании MPD и отметил прогресс в создании детектора и подготовке к анализу физических результатов.

Исследования эффективности анализа данных проведены во всех основных областях физики столкновений тяжелых ионов в рамках пяти рабочих групп по физике MPD. Более 40 научных докладов по этим исследованиям было сделано сотрудниками MPD на крупных международных научных конференциях осенью 2020 года, в частности, на конференции «Гранты РФФИ для NICA», организованной в ОИЯИ с участием представителей РФФИ. Обсуждения продолжились во время 6-го заседания коллаборации MPD, проведенного в удаленном режиме в октябре 2020 года. Планируется моделирование событий на вычислительных ресурсах, предоставленных Лабораторией информационных технологий, и специальном вычислительном кластере в Лаборатории физики высоких энергий. Моделирование будет сделано для пучков ионов и энергий, ожидаемых при первом запуске NICA.

А. Кицель

The team of installation personnel from the Workshop department of VBLHEP has gained experience of primary importance in assembling multi-ton large-sized objects with high accuracy. In the future, mainly by the same team, the yoke will be disassembled to the level of 13 plates in the assembly, the solenoid magnet delivered from Italy will be installed, and the magnetic system will be completely reassembled.

The preparations for studying the phase diagram of strongly interacting matter via the study of heavy and light ion collisions in the MPD experiment at NICA are underway. Intensive works in the MPD Hall, the designated place for the apparatus, are ongoing. In December 2020, the assembly of the full MPD magnet yoke was completed. All 28 beams were put in place with the required mechanical precision. This constitutes a completion of a major milestone in the MPD construction.

On November 6, the second critical component of the MPD magnet, the superconducting solenoid (together with its support systems), completed its month-long voyage from the production site of the ASG company in Genova, Italy, to the MPD Hall. It is now placed in its protective sarcophagus inside the building, ready for the assembly of the complete MPD magnet system.

Final finishing works are being carried out in the MPD Hall, and crucial support systems, such as power delivery, fire protection, ventilation, and heating are on the way to be commissioned.

At the 54-th meeting of the Programme Advisory Committee for Particle Physics, the status report of the MPD Project implementation was presented. The PAC congratulated the MPD team on reaching the important milestones in the MPD construction and noted the progress in the detector construction and preparation for physics analyses.

Performance studies for data analyses are carried out in all major areas of heavy ion collision physics within five Physics Working Groups of MPD. More than 40 scientific reports related to these studies were presented by the MPD participants at major international scientific conferences in the autumn of 2020, in particular at the conference “RFBR grants for NICA” organized at JINR with the participation of RFBR representatives. The discussions were continued during the 6-th MPD Collaboration Meeting organized in the remote-only format in October 2020. A new campaign is planned for the production of events simulated with Monte-Carlo models at the computing resources provided by LIT and dedicated computing cluster at VBLHEP. It will focus on providing predictions for the first beam types and collision energies expected after the launch of NICA.

A. Kisiel

Новости коллаборации BM@N

News from the BM@N Collaboration

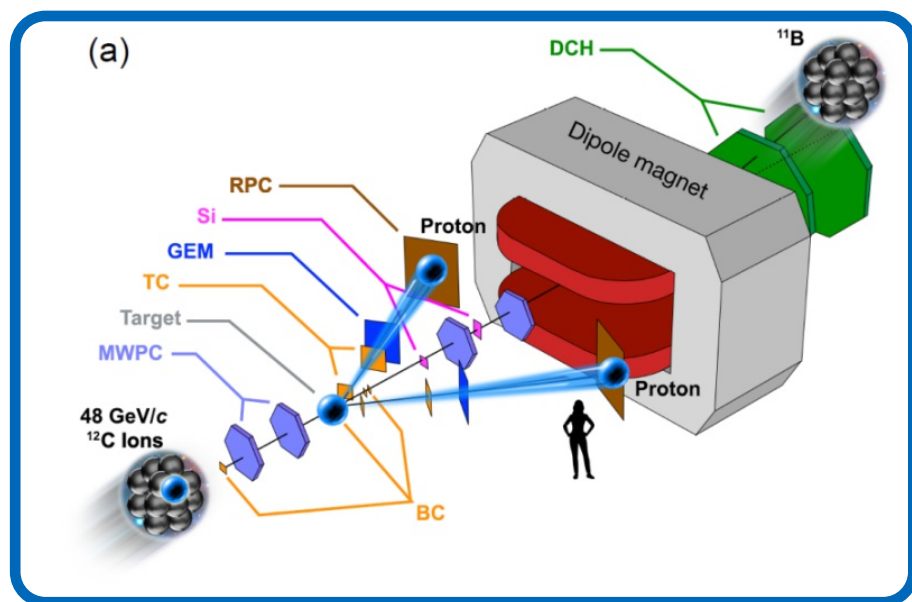


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования корреляций нуклонов на коротких расстояниях в ядрах.
Fig. 1. Experimental facility for studying short-range nucleon correlations in nuclei.

Эксперимент BM@N (Baryonic Matter at Nuclotron) нацелен на изучение свойств плотной барионной материи и ее фазовых переходов, в том числе на исследование множественного образования странных кварков и гиперядер в ядро-ядерных взаимодействиях. В настоящее время ведется подготовка детекторов к реализации физической программы в пучках тяжелых ионов на фиксированных мишенях. Это, в первую очередь, центральная трековая система на основе кремниевых микро-стриповых детекторов и детекторов на основе газовых электронных умножителей (GEM) большого размера. Модернизированная установка BM@N будет включать внешнюю трековую систему на основе катодных стриповых камер, уже созданную систему идентификации на основе детекторов времени пролета, адронный и электромагнитный калориметры, трековые детекторы пучка, триггерные детекторы, а также интегральную систему приема данных. Все детекторы должны быть готовы и запущены в эксплуатацию к сеансу облучения установки BM@N в пучках средних ионов от криптона до ксенона весной 2022 года. Для успешной реализации сеанса также должен быть введен в эксплуатацию вакуумный канал транспортировки пучка от Нуклотрона к BM@N. Статус создания детекторов и планы по модернизации установки BM@N обсуждались на 6-ом рабочем совещании коллаборации BM@N 26-27 октября 2020 года, а также

The BM@N (Baryonic Matter at Nuclotron) experiment is aimed at studying the properties of dense baryonic matter and its phase transitions, including the study of the multiple production of strange quarks and hypernuclei in the nucleus-nucleus interactions. At present, the detectors are being prepared for the implementation of the physics programme on heavy ion beams at fixed targets. This is primarily the central tracking system based on silicon microstrip detectors and large-size GEM detectors. The upgraded BM@N facility will include the external tracking system based on cathode strip chambers, the existing identification system based on TOF detectors, hadron and electromagnetic calorimeters, beam tracking detectors, trigger detectors, and

the DAQ system. All detectors should be ready and put into operation for the run at BM@N with ion beams from krypton to xenon in the spring of 2022. For the successful implementation of the run, the vacuum beam transport channel from the Nuclotron to BM@N should also be commissioned. The status of the construction of detectors and plans to upgrade the BM@N facility were discussed at the 6th meeting of the BM@N Collaboration on October 26-27, 2020, and were also critically reviewed at the meeting of the BM@N Detector Advisory Committee on January 19, 2021.

According to the programme for studying nucleon short-range correlations in nuclei (SRC), a physical analysis of the

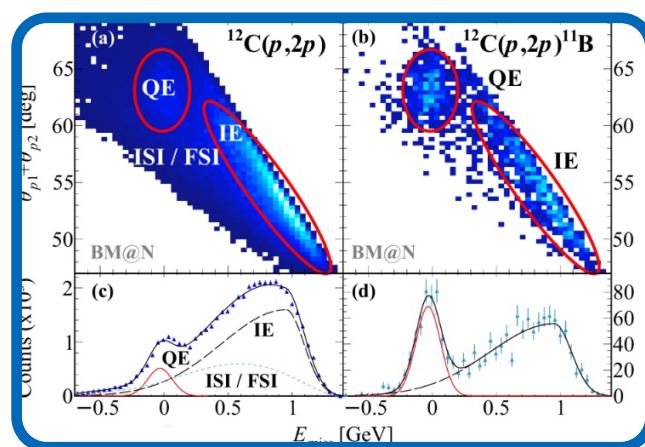


Рис. 2. Результаты выделения процесса выбивания протона из ядра углерода в квази-упругой реакции $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{11}\text{B}$.
Fig. 2. The results of selection of the knockout process of a proton from a carbon nucleus in the quasi-elastic reaction $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{11}\text{B}$.

критически рассмотрены на заседании BM@N Detector Advisory Committee 19 января 2021 года.

По программе изучения короткодействующих корреляций нуклонов в ядрах (SRC) был выполнен физический анализ данных, зарегистрированных в 2018 году во взаимодействиях пучка ионов углерода с жидководородной мишенью. Полученные результаты были оформлены в виде научной статьи «The Transparent Nucleus: unperturbed inverse kinematics nucleon knockout measurements with a 48 GeV/c carbon beam», принятой к публикации в журнале Nature Physics. Конфигурация установки BM@N для исследования процессов SRC приведена на Рис. 1.

На Рис. 2 приводятся результаты выделения процесса выбивания протона из ядра углерода в квази-упругой реакции $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{11}\text{B}$ (QE) с подавлением неупругих взаимодействий (IE) и взаимодействий в начальном и конечном состоянии реакции (ISI, FSI).

На Рис. 3 показаны спектры по недостающему импульсу реакции, импульсу фрагментов ^{11}B и углу между фрагментом ^{11}B и вектором недостающего импульса, которые подтверждают выделение квази-упругой реакции $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{11}\text{B}$.

data recorded in 2018 in the interactions of a carbon beam with a liquid hydrogen target has been performed. The obtained results were presented in a scientific paper "The Transparent Nucleus: unperturbed inverse kinematics nucleon knockout measurements with a 48 GeV/c carbon beam", which was accepted for publication in Nature Physics. The configuration of the BM@N facility for studying SRC processes is shown in Fig. 1.

Fig. 2 shows the results of selection of the knockout process of a proton from a carbon nucleus in the quasi-elastic reaction $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{11}\text{B}$ (QE) with suppression of inelastic interactions (IE) and Initial (ISI) and Final State Interactions (FSI).

Fig. 3 shows the spectra for the missing momentum of the reaction, the momentum of fragments ^{11}B and the angle between the fragment ^{11}B and the missing momentum vector, which confirm the selection of the quasi-elastic reaction $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{11}\text{B}$.

Fig. 4 shows the angular distributions of the reaction products $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{10}\text{B} + n$ with the selection of the correlated pair (p, n) . A total of about 25 events were observed with the production of correlated nucleon pairs.

The next run of the BM@N experiment to record significantly more statistics of correlated nucleon pairs is planned in the autumn of 2021.

M. Kapishin

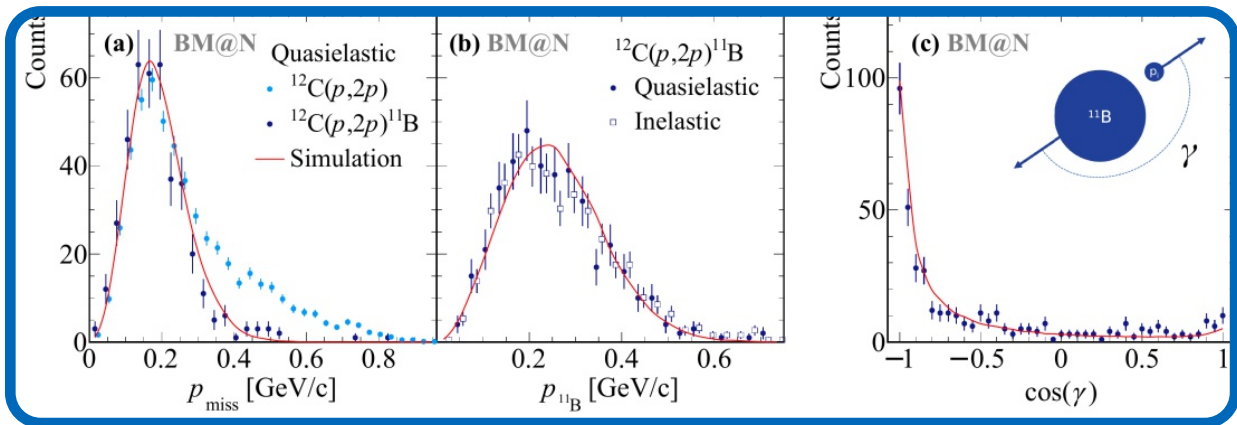


Рис. 3. Спектры, подтверждающие выделение квази-упругой реакции $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{11}\text{B}$.

Fig. 3. The spectra confirmed the selection of the quasi-elastic reaction $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{11}\text{B}$.

На Рис. 4 приведены угловые распределения продуктов реакции $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{10}\text{B} + n$ с выделением коррелированной пары (p, n) . Всего наблюдалось порядка 25 событий с образованием коррелированных пар нуклонов.

Следующий сеанс эксперимента BM@N для регистрации значительно большей статистики коррелированных пар нуклонов планируется осенью 2021 года.

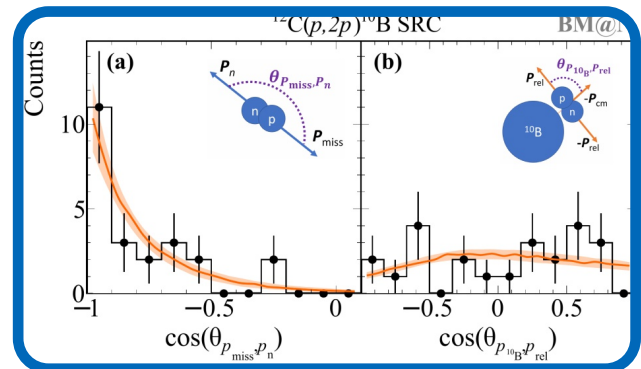


Рис. 4. Угловые распределения продуктов реакции $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{10}\text{B} + n$ с выделением коррелированной пары (p, n) .

Fig. 4. The angular distributions of the reaction products $^{12}\text{C} + p \rightarrow 2p + ^{10}\text{B} + n$ with the selection of the correlated pair (p, n) .

M.H. Капишин

Представлен концептуальный проект установки SPD

Conceptual Design Report of the SPD facility is presented

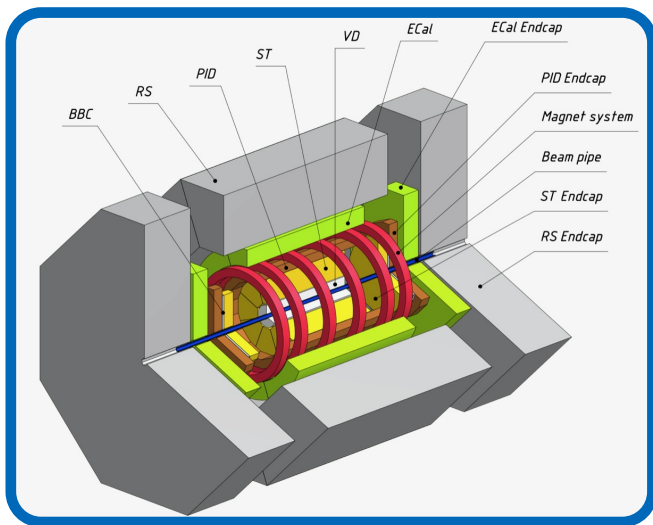


Рис. 1. Общий вид установки SPD.
Fig. 1. General view of the SPD facility.

Концептуальный проект установки Spin Physics Detector, подготовленный активно формирующейся коллаборацией SPD, включающей в себя почти 300 ученых из 24 институтов 11 стран, был представлен на январском заседании Программно-консультативного комитета по физике частиц. Экспериментальная установка SPD, которую планируется разместить в одной из двух точек пересечения пучков коллайдера NICA, предназначена для всестороннего изучения спиновой структуры протона и дейтрона. Основное внимание будет уделено изучению поляризованной и неполяризованной глюонной компоненты в реакциях инклюзивного рождения чармониев, открытого чарма и прямых фотонов, а также прочих спин-зависимых явлений в столкновениях поляризованных пучков протонов и дейтронов с энергией в системе центра масс до 27 ГэВ и светимостью до $10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Посредством измерения соответствующих спиновых асимметрий в эксперименте будут получены данные по корреляциям между направлением спина и импульса протона (дейтрона), а также направлением спина, продольным и поперечным импульсом глюонов внутри протона (дейтрона). Функции, описывающие подобные корреляции, являются такими же фундаментальными величинами для адронов, как их масса, заряд, магнитный момент, формфактор и т. д. Новые данные о спиновой структуре протона и дейтрона, которые будут получены на установке SPD, приблизят нас к пониманию из первых принципов динамики кварков и глюонов внутри адронов, что в настоящее время является одной из главных нерешённых проблем квантовой хромодинамики. На первом этапе работы установки, до достижения проектных светимости и энергии столкновения, основное внимание планируется уделить изучению спиновых эффектов в упругом p-p и d-d рассеянии, поиску мультипартонных корреляций и связанных состояний, исследованию рождения чарма у порога, изучению поляризации гиперонов и т. д.

Физическая программа эксперимента SPD для поляризованных p-p столкновений заполнит кинематический промежуток между измерениями на низких энергиях на ANKE-COSY и SATURNE и измерениями на высоких энергиях на RHIC и планируемых на LHC

The Conceptual Design Report of the Spin Physics Detector, prepared by the actively forming SPD collaboration, which consists of about 300 members from 24 institutes in 11 countries, was presented at the January meeting of the JINR Programme Advisory Committee for Particle Physics. The SPD experimental facility is planned to be installed at one of the two interaction points of the NICA collider. It will be used for a comprehensive study of the proton and deuteron spin structure. Special attention will be paid to the study of the polarized and unpolarized gluonic component in inclusive reactions of charmonia, open charm and prompt photon production, and other spin-related phenomena in polarized collisions of proton and deuteron beams at the center-of-mass energy up to 27 GeV and luminosity up to $10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. The measurement of corresponding spin asymmetries will provide data on the correlations between the spin direction and momentum of the proton (deuteron), as well as the spin direction, the longitudinal and transverse momentum of a gluon inside the proton (deuteron). The functions describing such correlations are also the fundamental properties of hadrons, like their mass, charge, magnetic moment, form factor, etc. New data on the spin structure of the proton and deuteron, which are expected to be obtained at SPD, should bring us to better understanding of the dynamics of its quarks and gluons based on the first principles, which is nowadays one of the main unsolved problems of QCD. Other polarized and unpolarized physics, such as spin effects in elastic and inelastic p-p and d-d collisions, multiparton correlations and bounded states, charm production near the threshold, hyperon polarization, etc., is possible, especially at the first stage of the NICA operation with reduced luminosity and collision energy of proton and ion beams.

The SPD physics programme will fill the kinematic gap between low-energy measurements at ANKE-COSY and SATURNE and high-energy measurements at RHIC, as well as planned fixed-target experiments at the LHC. The possibility for NICA to operate with polarized deuteron beams at such energies is unique.

The SPD experimental facility (Fig. 1) is being designed as a universal 4π detector with advanced tracking and particle identification capabilities based on modern technologies. The silicon vertex detector (VD) will provide resolution for the vertex position at the level of $<100 \mu\text{m}$, which is necessary for reconstruction of secondary vertices of D-meson decays. The straw tube-based tracking system (ST) placed within a solenoidal magnetic field of up to 1 T should provide the transverse momentum resolution of up to 2%. The time-of-flight system (PID) with a time resolution of about 60 ps will provide π/K and K/p separation in a wide kinematic range. The possible use of aerogel-based Cherenkov detectors will extend this range. The detection of photons will be provided by the sampling electromagnetic calorimeter (ECal). To minimize the effects of multiple scattering and photon conversion, the detector material will be minimized throughout the internal part of the detector. The muon (range) system (RS) is planned for muon identification. It can also act as a rough hadron calorimeter. A pair of beam-beam counters (BBC) and zero-degree calorimeters

экспериментах с неподвижной мишенью. Возможность работать с поляризованными пучками дейтронов в данном диапазоне энергий является уникальной.

Экспериментальная установка SPD (Рис. 1) будет иметь геометрический аксептанс, близкий к 4π , продвинутую систему восстановления треков и вершин, а также широкие возможности по идентификации частиц, основанные на современных технологиях. Кремниевый вершинный детектор (VD) обеспечит координатное разрешение при реконструкции вершины лучше $100\ \mu\text{m}$, что необходимо для реконструкции вторичных вершин распада D-мезонов. Трековая система, основанная на строу-трубках (ST), размещённая в соленоидальном магнитном поле до $1\ \text{T}$, позволит реконструировать поперечные импульсы вторичных частиц с точностью до 2% . Времяпролётная система (PID) с временным разрешением $60\ \text{ps}$ обеспечит разделение π/K и K/p в широком кинематическом диапазоне. Возможное использование черенковских детекторов на основе аэрогеля позволит расширить этот диапазон. За регистрацию фотонов будет отвечать электромагнитный калориметр типа «шашлык» (ECal). Для минимизации эффектов многократного рассеяния и конверсии фотонов минимизировано количество вещества во внутренней части установки. Мюонная (пробегная) система (RS) предназначена для идентификации мюонов. Она также может служить в качестве грубого адронного калориметра. Пара пучковых счетчиков (BBC) и калориметров нулевого угла (ZDC) будут отвечать за локальную поляриметрию и контроль светимости. Для минимизации возможных систематических эффектов SPD будет оснащен бестриггерной системой сбора данных. Высокая частота столкновений (до $4\ \text{MHz}$) и большое количество каналов электроники определяют высокие требования к системе сбора данных, онлайн-мониторингу, компьютерной системе последующей обработки данных и программному обеспечению для реконструкции и анализа данных. Следует отдельно отметить, что детектор SPD по своей функциональности значительно отличается от детектора MPD. Каждая из этих установок оптимизирована для решения своего круга научных задач, и они не могут в полной мере заменить друг друга.

Следующий шаг в реализации проекта SPD – независимая международная экспертиза представленной концепции детектора и физической программы, а также подготовка технического проекта экспериментальной установки. На это имеется хороший задел: для большинства подсистем предполагаемой установки созданы и проходят испытания прототипы, которые наглядно демонстрируют возможность достижения требуемых параметров. Часть прототипов детекторов и подсистем объединена в тестовый стенд miniSPD (Рис. 2), где изучаются их параметры, а также оптимизируется их взаимодействие между собой. В рамках подготовки технического проекта испытания элементов будущей установки будут продолжены на выведенных пучках Нуклотрона в создаваемой специально для этого тестовой зоне SPD.

A.B. Гуськов



*Рис. 2. Тестовый стенд miniSPD.
Fig. 2. MiniSPD testing facility.*

(ZDC) will be responsible for local polarimetry and luminosity control. To minimize possible systematic effects, SPD will be equipped with a triggerless DAQ system. The high collision rate (up to $4\ \text{MHz}$) and a large number of detector channels pose a significant challenge to the DAQ, online monitoring, offline computing system, and data processing software. It should be noted that the SPD and MPD detectors are not fully interchangeable. Their functionalities are quite different: each of the two facilities is optimized for a specific range of scientific problems.

The next step in the implementation of the SPD project is an independent international examination of the presented detector concept and physics programme, as well as preparation of a technical design report. There is a good base for that: prototypes for most subsystems are constructed and are being actively tested, demonstrating the possibility to achieve the required parameters. Some of the prototypes are combined into a miniSPD (Fig. 2) testing facility to study and optimize their performance and compatibility. These studies will be continued in the dedicated SPD test zone on the beams extracted from the Nuclotron, which is under construction now.

A. Guskov

Следующий номер NICA Bulletin выйдет в июне 2021 года
The next NICA Bulletin will be released in June 2021



Published by: Joint Institute for Nuclear Research
Joliot-Curie 6, Dubna, Moscow Region, 141980 RUSSIA
Printed by: JINR Publishing Department
Contact e-mail: main-lhep@jinr.ru