

О директоре About Director



На расширенном директорском совещании в ЛФВЭ 14 октября директор ОИЯИ Г. В. Трубников объявил о назначении исполняющим обязанности директора Лаборатории А. В. Бутенко и поблагодарил его за согласие принять на себя дополнительную большую ответственность.

Андрей Валерьевич Бутенко родился в Дубне 17 апреля 1974 года. После окончания в 1996 году Московского Государственного строительного университета с отличием он прошел путь от инженера в НТОП ЛВЭ, до главного инженера Нуклотрона, начальника Ускорительного отделения и заместителя директора ЛФВЭ. Закончив аспирантуру УНЦ ОИЯИ по специальности «Физика пучков и заряженных частиц и ускорительная техника», А. В. Бутенко в 2012 году успешно защитил кандидатскую диссертацию «Модернизация вакуумной системы Нуклотрона и ускорения низкоинтенсивных пучков Хе на ускорительном комплексе ЛФВЭ».

За время работы в Лаборатории А. В. Бутенко активно участвовал в работах по проекту Нуклотрон-М, руководил созданием и запуском нового форинжектора линейного ускорителя легких ионов ЛУ-20, Линейного ускорителя тяжелых ионов инжекционного комплекса проекта NICA, осуществлял общее руководство проектированием, сборкой и пусконаладкой Бустерного сверхпроводящего синхротрона. Является соруководителем проекта Нуклотрон-NICA по созданию ускорительно-экспериментального комплекса NICA/MPD, нацеленного на

On October 14, at an extended Director's meeting held at VBLHEP, JINR Director Grigory Trubnikov announced the appointment of Andrey Butenko as Acting Director of the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics. G. Trubnikov appreciated him agreeing to take on additional increased responsibility.

Andrey Valerievich Butenko was born on April 17, 1974 in Dubna. In 1996, he graduated with honours from the Moscow State University of Civil Engineering. After that, he has come a long way from being an engineer in LHE Beam Department to becoming Chief engineer of the Nuclotron, Head of VBLHEP Accelerator Division and VBLHEP Deputy Director. When he finished his post-graduate programme "Beam and Charged Particle Physics and Accelerator Technology" at JINR University Centre, in 2012 Andrey Butenko successfully defended his PhD thesis "Upgrade of the vacuum system of the Nuclotron and the acceleration system of low-intensity Xe beams at the VBLHEP accelerator complex".

While working at the Laboratory, Andrey Butenko actively participated in the Nuclotron-M project, supervised the construction and launch of a new fore-injector for the light ion linear accelerator LU-20, and of the Heavy Ion Linear Accelerator of the NICA Injection Complex. He supervised the design, assembly, and commissioning of the NICA Complex

Содержание Content

О директоре About Director	1
Итоги заседания Координационного комитета проекта NICA Highlights of NICA Coordination Committee meeting	2
Десятое Коллаборационное совещание эксперимента MPD X Collaboration Meeting of the MPD Experiment	5
Прогресс в создании времяпролетной системы идентификации заряженных частиц TOF для эксперимента MPD Recent advances in construction of TOF for MPD.....	8
SPD завершает подготовку технического проекта SPD to complete its TDR	10
Новости коллаборации BM@N. Статус эксперимента BM@N News from BM@N Collaboration. Status of the BM@N Experiment	12
Модернизация канала транспортировки пучков ионов ВП-1-6В от Нуклотрона до BM@N Upgrade of beam transport channel VP-1-6B from Nuclotron to BM@N	15

поиск новых явлений и исследование процессов фазовых переходов ядерной материи в столкновениях тяжелых ионов высоких энергий.

А. В. Бутенко – автор и соавтор более 130 научных трудов, его работы отмечены 5 премиями ОИЯИ, почетными грамотами и медалью Минобрнауки России. Он является признанным специалистом в области сверхпроводящих циклических и линейных ускорителей ионов, в проведении теоретических и экспериментальных исследований в области динамики пучков ионов в сверхпроводящих синхротронах.

“Главной задачей для всего коллектива Лаборатории на сегодня является воплощение основных проектных решений и запуск комплекса NICA-MPD в его базовой конфигурации. Это весьма амбициозная цель, так как сам комплекс без преувеличения является крупнейшим из когда-либо создаваемых в нашем международном институте. Только сплотившись единой командой вокруг общей задачи, мы сможем осуществить все задуманное в условиях современной непростой ситуации в мировой науке.” – с такими словами А. В. Бутенко обратился к сотрудникам ЛФВЭ.

Booster Synchrotron. He is co-leader of the Nuclotron-NICA Project on the construction of the NICA/MPD accelerator complex aimed at search for new phenomena and studying processes of phase transitions of nuclear matter in high energy heavy-ion collisions.

Andrey Butenko is the author and co-author of more than 130 scientific papers. He was awarded 5 JINR Prizes, Certificates of Honour and a medal of the Ministry of Education and Science of Russia for his papers. He is an acknowledged expert in the field of superconducting cyclic and linear ion accelerators, and in conducting theoretical and experimental research in the field of ion beam dynamics in superconducting synchrotrons.

“Today the main task for the Laboratory team is implementing the major project decisions and the launch of the NICA-MPD complex in its basic configuration. This is a very ambitious goal to achieve, since the complex itself is, without exaggeration, the largest ever constructed at our international Institute. Only by uniting as a single team around the common goal, we will be able to implement our plans in the current complex situation in world science”, – Andrey Butenko addressed these words to VBLHEP employees.

Итоги заседания Координационного комитета проекта NICA Highlights of NICA Coordination Committee meeting

16 ноября в Институте состоялось очередное заседание Координационного комитета проекта NICA. Во вступительном слове Г.В. Трубников кратко рассказал о текущей деятельности Института: все лаборатории продолжают активно реализовывать запланированное, участвовать в Российских и международных форумах и экспериментах – Институт продолжает свое развитие и непрерывную, активную работу.

А. В. Бутенко кратко сообщил текущий статус сеанса на ускорительном комплексе ЛФВЭ. В настоящий момент пучок ионов ксенона $_{124}\text{Xe}^{28+}$ ускорен в Бустере до 260 МэВ/нуклон и проинжектирован в Нуклотрон. Инжекционная цепочка, включая Бустер, дает пучок со стабильными параметрами. Заработала система коррекции орбиты Бустера в динамическом режиме – во всем рабочем диапазоне токов, что является важным результатом планового развития установки.

Идет проверка систем Нуклотрона и работа по получению режима стабильной его работы с пучком ионов ксенона. Сеанс с большой вероятностью будет продлен до середины января 2023 года; физики, персонал Ускорительного отделения и инженерные службы Лаборатории к этому готовы.

Г. В. Трубников в ходе обсуждения предложил

On November 16, the meeting of the NICA Coordination Committee was held at the Institute. In his welcome speech, G. Trubnikov briefly spoke about the current activities at the Institute: all laboratories continue to actively implement their plans, participate in Russian and international forums and experiments – the Institute continues its development and intensive work.

A. Butenko briefly reported on the current status of the run at the VBLHEP accelerator complex. At the moment, the $_{124}\text{Xe}^{28+}$ beam is accelerated in the Booster to 260 MeV/nucleon and injected into the Nuclotron. The injection chain, including the Booster, provides the beam with stable parameters. The Booster orbit correction system has been activated in a dynamic mode – in the entire operating range of current, which is a significant result for the planned development of the facility.

The Nuclotron systems are being tested and work is underway to obtain a stable mode of operation with the xenon ion beam. The run is likely to be extended until mid-January 2023, and physicists, employees of the Accelerator Department and the Laboratory engineering services are ready for it.

During the discussion, G. Trubnikov proposed to consider the upgrade of the Nuclotron at the next meeting of the

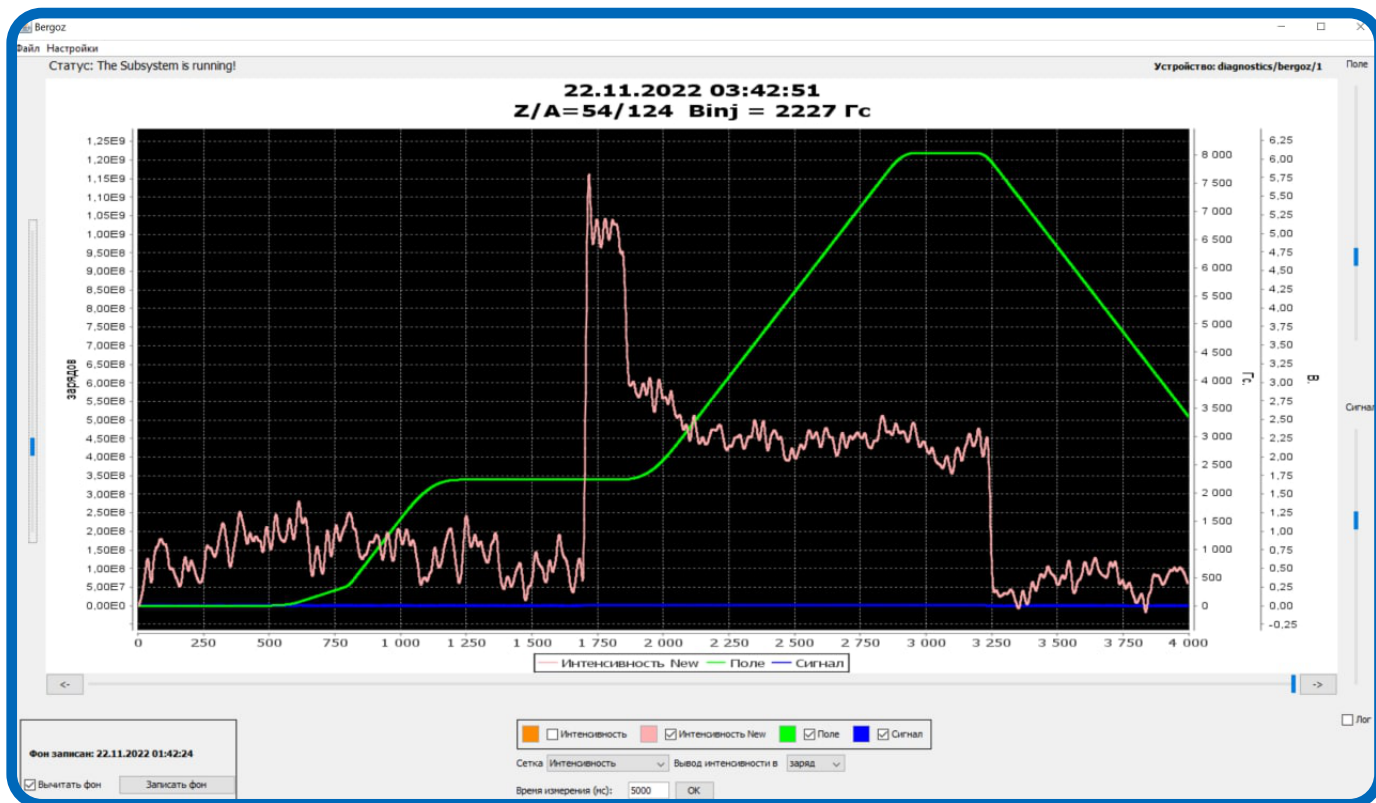


Рис. 1. Цикл магнитного поля Нуклотрона и интенсивность пучка ядер ксенона, измеренная параметрическим трансформатором тока, в процессе настройки для эксперимента BM@N.

Интенсивность ускоренного пучка примерно 10^7 частиц.

Fig. 1. The Nuclotron magnetic field cycle and xenon beam intensity measured by a parametric current transformer during tuning for the BM@N experiment. The intensity of the accelerated beam is about 10^7 particles.

подготовить и рассмотреть на следующем заседании Координационного комитета или на отдельном семинаре вопрос о модернизации Нуклотрона, так как ремонт и развитие данной установки в ближайшем будущем необходимо увязать с планами завершения сооружения всего комплекса NICA и графиком сеансов. Эта работа должна быть подготовлена и реализована на качественно высоком инженерном уровне, чтобы обеспечить стабильную работу «нового Нуклотрона» и всего комплекса на его базе на долгие годы. Координационный комитет поддержал это предложение.

М. Н. Капишин рассказал, что установка BM@N полностью протестирована и готова к приему пучка. Установка на данный момент имеет ограничение по скорости приема данных на уровне 1 кГц, увеличение которой возможно при увеличении вычислительной инфраструктуры по обработке «сырых» данных.

А. В. Дударев рассказал о статусе договора генерального подряда с компанией «Штрабаг». В настоящий момент готовится дополнительное соглашение о продолжении работ по завершению сооружению здания №17.

На строительной площадке есть задержки по выполнению работ, связанных с задержками поставок инженерного оборудования: систем вентиляции, холодоснабжения и энергообеспечения. Срок окончания

Coordination Committee or at a separate seminar. In the near future, the repair and development of this facility have to be coordinated with the plans for completing the construction of the entire NICA complex and the scheduled runs. This work has to be prepared and implemented to a high quality engineering standard in order to ensure stable operation of the "new" Nuclotron and the entire complex based on it for the years to come. The Coordination Committee supported this proposal.

M. Kapishin informed the Committee that the BM@N facility is fully tested and ready for the beam. Currently, the facility has a data taking rate limit of 1 kHz, an increase of which is possible with an increase in the computing infrastructure for raw data processing.

A. Dudarev presented the status of the general contract with the company STRABAG. At the moment, an additional agreement is being prepared to continue work on completing the construction of building 17.

There are delays in performing works at the construction site due to delays in the supply of engineering equipment: ventilation, cooling and power supply systems. The deadline for completing the main works at the facility is the end of July 2023. An additional agreement has to be signed by the end of

основных работ на объекте – конец июля 2023 года. Дополнительное соглашение должно быть заключено до конца ноября.

С. А. Костромин сделал обзор основных рисков и критических работ для монтажа Коллайдера и регистрации первых столкновений циркулирующих в нем пучков.

В. Д. Кекелидзе предложил срочно организовать встречу и переговоры с компанией «СигмаФи» по организации вывоза изготовленного оборудования канала транспортировки пучка из Нуклотрона в Коллайдер. Г. В. Трубников поручил сформировать команду для переговоров и в течение одной-двух недель организовать и провести переговоры с «СигмаФи», возможно на территории ЦЕРН или другом месте по обоюдному согласию участвующих сторон.

Ход работ по завершению сооружения здания Коллайдера ключевым образом определяет выполнение монтажных работ технологического оборудования установки. Завершение монтажа инженерных систем в здании №17 к концу июля 2023 года существенно сдвигает сроки начала и, следовательно, завершения монтажа примерно 50% оборудования Коллайдера.

В. М. Головатюк представил статус создания детектора MPD. Ключевой этап на текущий момент – захлаживание и запуск сверхпроводящего соленоида, начало работ запланировано на февраль 2023 года. Основной объем работ по сборке и испытаниям систем детектора выполняется в соответствии с общим планом работ.

В. Д. Кекелидзе сделал общий обзор хода создания комплекса NICA и необходимых для этого ресурсов. Анализ затраченных ресурсов и общего хода работ дает 86% как общий процент выполнения проекта.

А. С. Сорин сделал сообщение о ходе реализации пилотной программы целевого финансирования работ научных групп, сотрудничающих в рамках мегапроекта "Комплекс NICA", в 2022 году. Анализ результатов действия программы показал ее эффективность: она позволила стимулировать участие студентов и аспирантов в работе коллабораций BM@N и MPD, а также в задачах по ускорительной тематике. В ходе обсуждения было отмечено, что коллаборация MPD подходит к важнейшей фазе – стадии набора данных. Учитывая масштаб физической программы, реализовать ее можно только объединив усилия экспертного сообщества по всей России и используя участие иностранных коллег. В связи с этим, адресная и одновременно широко распространенная в профессиональном сообществе программа поддержки участников коллаборации сейчас очень актуальна.

Координационный комитет рекомендовал организовать аналогичную программу поддержки в 2023 году за счет

November.

S. Kostromin provided an overview of the main risks and critical work for the installation of the Collider and registration of the first collisions of beams circulating in it.

V. Kekelidze offered to urgently organize a meeting and negotiations with the European company "SigmaPhi" to deliver the equipment produced for the beam transport channel from the Nuclotron to the Collider. G. Trubnikov instructed to form a team for negotiations and within one to two weeks organize and conduct negotiations with "SigmaPhi", possibly at CERN or another place by mutual agreement of the parties involved.

Progress in completing the construction of the Collider's building considerably determines the installation of the facility's technological equipment. Completion of installation of engineering systems in building 17 by the end of July 2023 significantly shifts the timing of the start and, consequently, the finish of the installation of approximately 50% of the Collider's equipment.

V. Golovatyuk presented the status of the MPD detector construction. The key stage at the moment is cooling and launch of the superconducting solenoid. The start is scheduled for February 2023. Most of the work on the assembly and testing of detector systems is carried out according to the general work plan.

V. Kekelidze presented a brief overview of the progress in the construction of the NICA complex and the resources necessary for it. An analysis of the resources spent and the overall progress of the work amounts to 86% as the total percentage of the project's completion.

A. Sorin reported on implementing the Pilot Programme of Special-Purpose Funding for Research Teams Acting within the NICA Megascience Project in 2022. The analysis of the Programme's results showed its effectiveness. It allowed stimulating the participation of students and postgraduates in the work of the BM@N and MPD Collaborations, as well as in work on accelerator topics. During the discussion, it was noted that the MPD Collaboration is approaching the most crucial stage – the data taking. Taking into account the scale of the physics programme, it can be implemented only by combining the efforts of the expert community throughout Russia and the cooperation of foreign colleagues. In this regard, the targeted and at the same time widespread in the professional community programme to support the participants of the Collaboration is now very relevant.

The Coordination Committee recommended organising a similar support programme in 2023 at the expense of the JINR

средств бюджета ОИЯИ, включив в число ее участников, помимо студентов и аспирантов, также лидеров научных групп коллабораций BM@N, MPD, SPD, ARIADNA и работ по ускорительной тематике проекта NICA, которые выполняются в рамках соглашений с ОИЯИ.

Таким образом, грантовую программу ОИЯИ необходимо расширять на системной унифицированной основе, используя инструмент договора-подряда, при этом совмещать ее с адресной работой по привлечению высококвалифицированных кадров в ОИЯИ на полную занятость. Только обширное участие представителей научного сообщества из разных институтов является составляющей получения ярких научных результатов в крупных коллаборациях, таких как MPD.

С. А. Костромин

budget. In addition to students and postgraduates, the Committee recommended including into the programme the leaders of the scientific groups of the BM@N, MPD, SPD, ARIADNA Collaborations and work on the accelerator topics of the NICA project, which is carried out within the framework of agreements with JINR.

Therefore, the JINR Grant programme needs to be expanded on a systemically unified basis, using contracts, while combining it with targeted work to attract highly qualified personnel to JINR for full employment. Only the extensive participation of representatives of the scientific community from different institutes is basic for obtaining bright scientific results in large Collaborations, such as MPD.

S. Kostromin

Десятое Коллаборационное совещание эксперимента MPD X Collaboration Meeting of the MPD Experiment

С 8 по 10 ноября в Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ было проведено юбилейное десятое совещание коллаборации MPD на ускорителе NICA. Мероприятие было проведено в смешанном формате. Более половины из 157 зарегистрированных участников мероприятия смогли принять в нем участие в очном порядке. За три дня заседаний в конференц-зале Лаборатории было представлено более 35 докладов, охватывающих все аспекты функционирования 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 совещания был посвящен обсуждению текущего состояния экспериментальной установки и ее детекторных подсистем. Был продемонстрирован прогресс в строительстве установки за последние полгода и представлены планы дальнейших работ. В этом году основные работы в экспериментальном зале были связаны со сборкой, испытанием и подготовкой сверхпроводящего магнита к его охлаждению по временной схеме. В первой половине следующего года необходимо будет охладить магнит до температуры жидкого гелия и провести прецизионные измерения магнитного поля при различных значениях тока как в центральном сверхпроводящем магните, так и в тепловых корректирующих катушках. После проведения данных измерений должна начаться установка центральной углепластиковой фермы и детекторных подсистем. В первые годы работы установка будет включать в себя большую времяпроекционную

On November 8-10, the 10th anniversary Collaboration Meeting of the MPD Experiment at the NICA Facility took place at the Laboratory of High Energy Physics. The meeting was held in a mixed format. More than half of the 157 registered participants attended the event in person. During the three days of sessions in the VBLHEP conference hall, more than 35 reports covering all aspects of the Collaboration work were presented, and a session of the Institutional Board was held. In addition, participants were given a tour to the MPD hall and into the tunnel of the NICA collider.

The first day of the meeting was devoted to discussing the current status of the experimental facility and its detector subsystems. The advancement of the construction of the facility over the past six months was presented, as well as plans for further work. This year, the main work in the MPD hall was focused on assembling, testing and preparing the superconducting magnet to its cooling according to a temporary scheme. In the first half of next year, we have to cool the magnet to the temperature of liquid helium and to carry out precision measurements of the magnetic field at various current values both of the central superconducting magnet and the warm correction coils. When these measurements are completed, we will start installing the central carbon fiber structure frame and detector subsystems. In the first years of operation, the facility will include a large time projection chamber (TPC), a time-of-flight system (TOF), an electromagnetic calorimeter with



Рис. 2. Участники X Коллаборационного совещания эксперимента MPD на установке NICA.
 Fig. 2. Participants of the X Collaboration Meeting of the MPD Experiment at the NICA Facility.

камеру (TPC), времяпролетную систему (TOF), электромагнитный калориметр с проекционной геометрией (ECAL) и систему форвардных детекторов (FFD и FHCAL) для отбора событий, измерения вершины и времени столкновения ядер, а также центральности ядерных столкновений и плоскости события. Амбициозный план работ направлен на подготовку детектора MPD к началу набора экспериментальных данных в 2024 году.

Во второй день совещания обсуждалось состояние и планы развития компьютерной и программной инфраструктуры коллаборации, методы калибровки детекторных подсистем и анализа экспериментальных данных. Был отмечен высокий уровень и профессионализм администраторов компьютерных ресурсов в ЛИТ, позволяющих производить и обрабатывать большие объёмы смоделированных данных, сравнимые или даже превышающие по размеру реальные данные, ожидаемые с первыми пучками в коллайдере. Создание больших выборок данных и их обработка на NICA кластере позволяет протестировать имеющуюся компьютерную и программную инфраструктуру, а также механизмы взаимодействия между физиками, разработчиками кодов и администраторами компьютерных кластеров.

Последний день совещания был посвящен представлению и обсуждению результатов физических анализов, проводимых членами коллаборации в пяти различных физических группах. На основе представленных результатов формируется физическая программа MPD

projective geometry (ECAL), a fast forward detector (FFD) and a forward hadron calorimeter (FHCAL) for selecting events, measuring vertices and time of the collision of nuclei, as well as the centrality of the nuclear collision and its reaction plane. The ambitious plan is aimed at preparing the MPD detector for the first data taking run in 2024.

On the second day of the meeting, we discussed the status and plans for the development of the computer and software infrastructure of the Collaboration, methods of calibration of detector subsystems and analysis of experimental data. The high professionalism of the administrators of JINR LIT computer resources was greatly appreciated. Thanks to them, we can produce and process large amounts of simulated data comparable or even larger than the real data expected with the first beams in the collider. The production of large data samples and their processing on the NICA cluster allows testing the existing computer and software infrastructure, as well as the means of interaction between physicists, code developers and administrators of computer clusters.

The last day of the meeting was focused on presenting and discussing the results of physics analyses conducted by members of five different MPD Physics Working Groups. According to the results presented, we form the physics agenda of the MPD experiment and define its contribution to studying

эксперимента и определяется ее вклад в изучение физики столкновений тяжелых ионов в мире. По результатам ранее проведенных работ была опубликована первая совместная коллаборационная статья «Статус и исследование физических характеристик в начале работы эксперимента MPD на NICA» в журнале European Physical Journal A (EPJ A), которая описывает экспериментальную установку и представляет избранные результаты физических анализов с целью демонстрации возможностей экспериментальной установки MPD. Состоялось обсуждение плана работ, необходимых для обработки больших сгенерированных выборок данных в срок до следующего коллаборационного митинга.

На заседании Совета Институтов в состав коллаборации MPD в качестве нового члена был принят Российский Экономический Университет (РЭУ) им. Г. В. Плеханова, специалисты которого уже принимают участие в разработке алгоритмов для быстрого восстановления треков в детекторе TPC. На настоящий момент в состав коллаборации входит около 500 специалистов из 34 институтов из 10 стран мира, включая ОИЯИ. Коллаборационный митинг прошел в деловой и конструктивной обстановке.

В. Г. Рябов

the physics of heavy ion collisions in the world. Based on the results of previous work, the first collaborative paper "Status and initial physics performance studies of the MPD experiment at NICA" has been published in the European Physical Journal A (EPJ A). The paper describes the experimental facility and presents selected results of physics analyses in order to demonstrate the capabilities of the MPD experimental facility. The plan of work to be performed in order to process large generated data samples in time for the next Collaboration meeting was discussed.

At its meeting, the Institutional Board welcomed a new member of the MPD Collaboration – the Plekhanov Russian University of Economics (PRUE). Its specialists are already taking part in the development of algorithms for the fast reconstruction of tracks in the TPC detector. At present, the Collaboration is made up of about 500 participants from 34 institutes of 10 countries, including JINR. The Collaboration meeting was held in a formal and constructive atmosphere.

V. Riabov

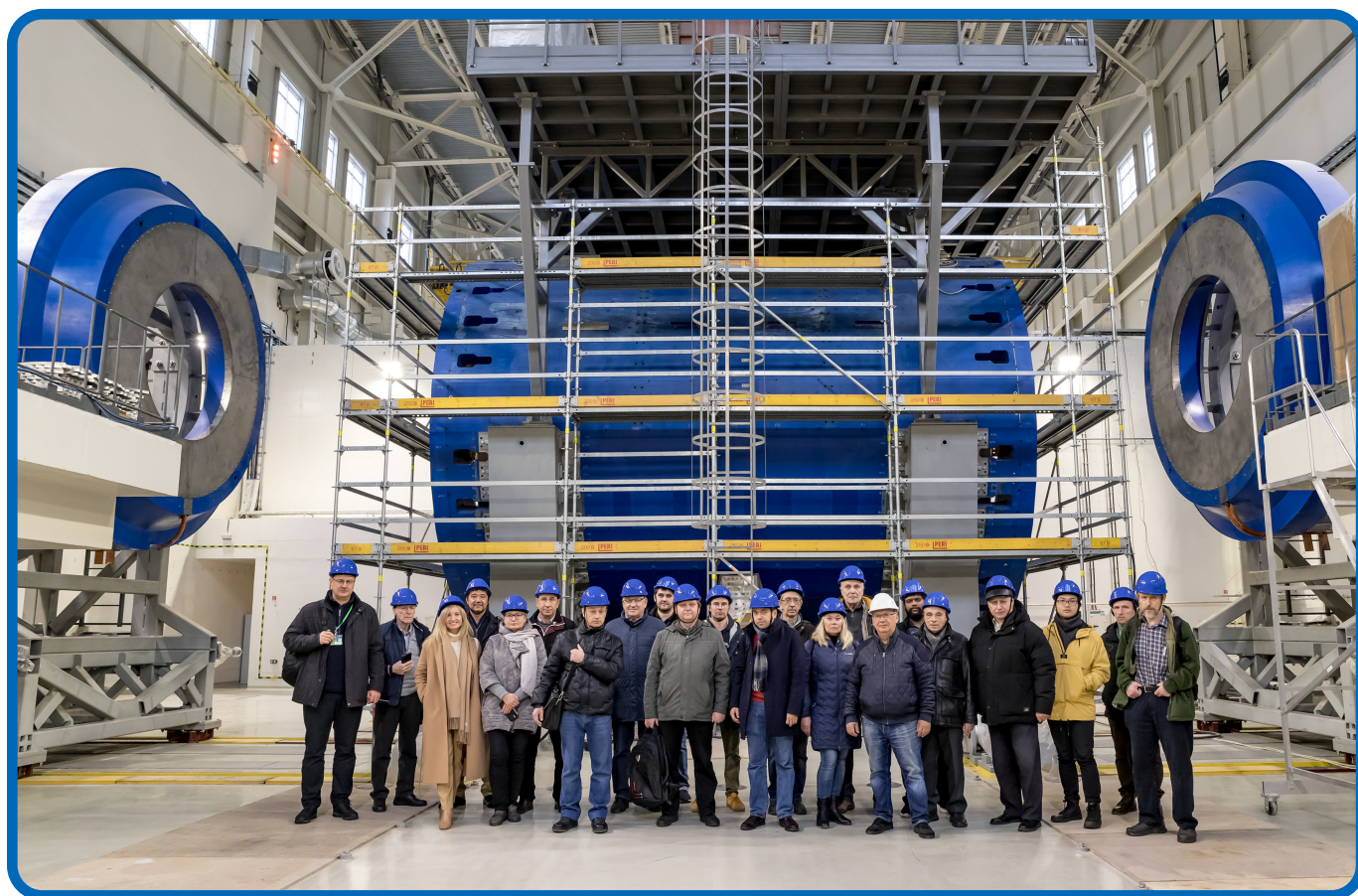


Рис. 3. Члены коллаборации MPD на фоне строящейся экспериментальной установки MPD.

Fig. 3. Members of the MPD Collaboration in front of the MPD detector under construction.

Прогресс в создании времяпролетной системы идентификации заряженных частиц TOF для эксперимента MPD

Recent advances in construction of TOF for MPD

Одной из основных подсистем в базовой стартовой конфигурации детектора MPD на ускорительном комплексе NICA является времяпролетная система TOF. Задача подсистемы TOF состоит в разделении по сортам (массам) вторичных частиц, образующихся в результате столкновений ионов в коллайдере NICA. Главное требование, предъявляемое к детектору TOF – временное разрешение порядка 100 пс, позволяющее идентифицировать каоны и пионы с импульсами до 2 ГэВ/с. Такое временное разрешение можно получить, используя технологию многозачерных резистивных плоскопараллельных камер (МРПК), которая была разработана в 90-х годах. Благодаря невысокой стоимости производства и возможности изготовления детектора с активной областью до 1 м², МРПК получили широкое распространение при создании детектирующих систем большой площади. Например, времяпролетная система эксперимента ALICE на БАК в ЦЕРН, созданная на основе МРПК, имеет общую площадь 141 м². Поэтому для времяпролетной системы идентификации MPD была выбрана именно эта технология.

Так как в ОИЯИ не было опыта создания МРПК, то с 2009 года в ЛФВЭ начали проводиться методические работы по разработке детектора специально для экспериментов на ускорительном комплексе NICA. Первые собранные детекторы имели «пэдовое» считывание и размеры активной области 140×70 мм. При этом, их временное разрешение достигало 80-100 пс, что было близко к первоначальным требованиям идентификации частиц в MPD. После достижения таких результатов на небольших прототипах началась разработка полноразмерного детектора для эксперимента MPD. В течение шести лет конструкция МРПК дорабатывалась и многократно исследовалась как на космическом излучении, так и на пучках частиц.

One of the main subsystems of the MPD basic configuration at the NICA accelerator complex is the Time of Flight System (TOF). TOF discriminates secondary particles according to their type (mass), which are produced in ion collisions at the NICA collider. The most important requirement for the TOF detector to meet is a time resolution of 100 ps that allows the identification of kaons and pions with momenta up to about 2 GeV/c. Such a time resolution can be obtained with Multigap Resistive Plate Chambers (MRPCs) technology developed in the 1990s. MRPCs have become widely used in the construction of large-area detectors due to their low cost of production and the possibility of constructing a detector with an active area of up to 1 m². For instance, the TOF system of the ALICE experiment at CERN LHC based on MRPCs has a total area of 141 m². Therefore, we have chosen this particular technology for the MPD TOF system.

Due to the fact that JINR has never produced MRPCs, methodological work had been carried out at VBLHEP since 2009 on the development of a detector specifically for experiments at the NICA accelerator complex. The first assembled prototypes included pad readout and 140×70 mm active area. At the same time, their time resolution was 80-100 ps, which was close to the initial requirements of the particle identification at MPD. After achieving such results with small prototypes, the development of a full-size detector for the MPD experiment began. For six years, the design of MRPCs had been refined and repeatedly tested with both cosmic rays and particle beams.

In 2014, the MPD test channel, a new major setup at the Nuclotron extracted beams, was commissioned for the detailed study of characteristics of produced MRPCs. As a result, the



Рис. 4. Слева: Лаборант Анастасия Тимофеева в чистой комнате собирает МРПК для TOF MPD. Справа: Инженер Иван Маликов при сборке модуля TOF MPD устанавливает на него электронику.
Fig. 4. Left: A technician Anastasia Timofeeva assembles MRPCs for MPD TOF in a clean room. Right: An engineer Ivan Malikov installs electronics on the MPD TOF module when assembling it.

Специально для детального исследования характеристик разрабатываемых МРПК в 2014 году была введена в эксплуатацию новая базовая установка на выведенных пучках Нуклотрона «Тестовый канал MPD». Благодаря этому процесс оптимизации конструкции МРПК для TOF MPD значительно ускорился. В 2015 году на выведенном пучке дейтронов Нуклотрона была испытана МРПК новой трехсекционной конструкции. В результате испытаний было получено рекордное временное разрешение 40 пс при эффективности, близкой к 100%. Таким образом была определена конструкция МРПК для времяпролетной системы MPD.

В 2019 году в ЛФВЭ было организовано и введено в эксплуатацию массовое производство детекторов и модулей для TOF MPD. Необходимо было изготовить и протестировать 280 детекторов и 28 модулей TOF. В группу для массового производства были приглашены молодые сотрудники-лаборанты, которые быстро обучились достаточно сложному и требующего предельной аккуратности процессу сборки МРПК. Помимо молодых техников, группа сборки TOF была усилена опытными инженерами, оптимизирующими процесс производства. Благодаря слаженности созданной команды в сентябре 2022 года производство 280 детекторов МРПК было завершено. Хочется отметить работу лаборантов – Анастасию и Сергея Тимофеевых, которые принимали участие в сборке самых первых детекторов. Их профессионализм в процессе производства достиг совершенства, что подтверждается практически 100% приемкой производимых ими в последний год детекторов.

В настоящее время продолжают работы по сборке модулей TOF. Процедура сборки модуля – это очень сложная и ответственная работа, занимающая около месяца на один модуль. Отвечает за сборку опытный инженер Иван Маликов. Только благодаря ему удалось практически полностью устранить газовые утечки модулей и достичь соответствия всем требованиям к качеству собираемых модулей. На ноябрь 2022 года закончена сборка 24 модулей из 28, необходимых для системы TOF MPD. Согласно графику производства, все модули TOF MPD будут произведены к апрелю 2023 года.

Для ввода в эксплуатацию времяпролетной системы необходимо не только собрать все модули, но и подготовить все сервисные подсистемы, такие как: система низковольтного и высоковольтного электропитания, система сбора данных, система медленного контроля, а также система газоснабжения. Газовую систему TOF MPD начинали разрабатывать инженеры Варшавского политехнического университета Марек Пэрыт и Даниэль Домбровски. Очень сложная система с рециркуляцией газовой смеси в замкнутом контуре была проработана до деталей. В качестве первого прототипа была собрана подобная система для стенда тестирования модулей TOF на космическом излучении. В сентябре 2022 года под руководством инженера НЭОМД Дениса Щеголева, совместно с Юрием Федотовым и Юрием Филипповым была



Рис. 5. Готовые к установке модули TOF MPD хранятся в специальных стеллажах.

Fig. 5. Ready-to-install MPD TOF modules are stored in special racks.

process of optimising MRPCs designed for MPD TOF had significantly accelerated. In 2015, a new triple-stack MRPC design was tested with the Nuclotron extracted deuteron beams. In these tests, we obtained a record time resolution of 40 ps with the efficiency close to 100%. Thus, the design of MRPCs for the MPD TOF system was determined.

In 2019, mass production of MPD TOF detectors and modules was organised and launched at VBLHEP. 280 detectors and 28 modules for TOF had to be produced and tested. A group for mass production was made up of young technicians who quickly learned a rather complex and demanding the utmost accuracy of the MRPC assembly process. In addition to them, the group included experienced engineers optimising the production. Due to the well-coordinated teamwork, the production of 280 MRPCs detectors was completed in September 2022. The work of Anastasia and Sergey Timofeev was especially appreciated. They took part in the assembly of the very first detectors. Their performance during the production has reached the highest level of professionalism, which is confirmed by almost 100% acceptance of the detectors produced by them for the last year.

Work on assembling TOF modules is ongoing. The assemble procedure is very challenging and demanding. It takes one month to assemble one module. Ivan Malikov, an experienced engineer, is responsible for the assembly process. Only thanks to him it became possible to almost completely prevent gas leaks in the modules and meet all quality requirements for the assembled modules. By November 2022, 24 out of 28 modules for the MPD TOF system have been assembled. According to the schedule, all MPD TOF modules will be produced by April 2023.

To put the TOF system into operation, we need not only to assemble the modules but also to prepare all service subsystems: low- and high-voltage systems, DAQ, SCS, and a gas system. The MPD TOF gas system has been developed by engineers of the Warsaw University of Technology Marek Peryt and Daniel Dombrowski. A very complex system with recirculation of the gas mixture in a closed loop was worked out

начата сборка основной системы газоснабжения TOF MPD в экспериментальном зале MPD. Планируется, что сборка газовой системы будет завершена летом 2023 года.

Большой прогресс за 2021-2022 годы был достигнут в процессе создания программного обеспечения для моделирования и обработки данных времяпролетной системы TOF MPD. Руководством работ в этом направлении с самого начала занимался старший научный сотрудник НЭОМД ЛФВЭ Сергей Лобастов. Под его контролем были разработаны все алгоритмы для моделирования характеристик времяпролетной системы в MPD, а также начата разработка программного обеспечения для декодирования и анализа экспериментальных данных, которые будут получены в столкновениях ионов в коллайдере.

Хотелось бы отметить, что в создании всего программного обеспечения активное участие принимают молодые студенты и аспиранты нескольких университетов. В первую очередь, это учащиеся инженерно-физического факультета НИУ «БелГУ» Виталий Дроник, Артем Пятигор и Екатерина Киданова. Студент физического факультета МГУ Виктор Барышников разработал алгоритм восстановления времени столкновения при помощи детекторов времяпролетной системы, который должен улучшить качество идентификации частиц. В свою очередь, студент Государственного университета «Дубна» Сергей Ромахов при помощи оригинальных разработок улучшает качество калибровок электроники сбора данных TOF MPD.

Сборка времяпролетной системы TOF MPD осуществляется в полном соответствии с графиком сборки и ввода в эксплуатацию Многоцелевого детектора. Установка модулей должна начаться осенью 2023 года с последующим вводом системы TOF в эксплуатацию.

V. A. Babkin

down to the last detail. As a first prototype, a similar system was assembled for a cosmic stand for testing the modules. In September 2022, the assembly of the main MPD TOF gas system was started in the MPD hall, supervised by an engineer of MPD Department Denis Shchegolev, together with Yuri Fedotov and Yuri Filippov. The assembly of the gas system is planned to be completed in the summer of 2023.

Considerable progress was made in 2021-2022 in the development of software for simulation and processing of MPD TOF data. Sergey Lobastov, a senior researcher at VBLHEP MPD Department, supervised this work from the very beginning. Under his supervision, all algorithms for simulation of MPD TOF characteristics were developed, and the development of software for decoding and analysing experimental data that would be obtained in ion collisions at the collider began.

It is worth mentioning that young students and post-graduates of several universities take an active part in the development of all software. First of all, these are students of Engineering Physics Faculty of NRU Belgorod State University Vitaly Dronik, Artem Pyatigor and Ekaterina Kidanova. Viktor Baryshnikov, a student of the Faculty of Physics at Moscow State University, has developed an algorithm for reconstructing the time of collisions using TOF detectors. This algorithm is supposed to improve the quality of particle identification. Sergey Romakhov, a student of Dubna State University, enhances the quality of calibration of MPD TOF data taking electronics with original developments.

The process of assembling MPD TOF is being performed according to the schedule. The installation of the modules will start in the autumn of 2023, followed by commissioning of TOF.

V. Babkin

SPD завершает подготовку технического проекта SPD to complete its TDR

В январе на заседании Программно-консультативного комитета по физике частиц профессором А. Брессаном (Университет Триеста, Италия) от имени Международного консультативного комитета SPD был представлен доклад по итогам всесторонней экспертизы концептуального проекта эксперимента. Итогом доклада стало одобрение концептуального проекта эксперимента и рекомендация к коллаборации сосредоточиться на подготовке технического проекта.

Технический проект эксперимента, подготовка которого завершается в этом году, основан на наработках, полученных при создании и изучении свойств прототипов элементов детекторов и подсистем SPD. Работы эти велись не только на различных стендах на площадках ОИЯИ, но и за его пределами. Так, например, применимость различных типов электроники для газовых детекторов SPD изучалась

At a January meeting of the JINR Programme Advisory Committee for Particle Physics, Professor Andrea Bressan (University of Trieste, Italy) on behalf of the International Advisory Committee of the SPD Detector presented the results of a comprehensive examination of the SPD conceptual project. Based on the report results, the Programme Advisory Committee approved the SPD CDR and recommended the Collaboration to focus on the technical design of the experiment.

The technical design of the SPD experiment is being completed this year. It is based on the best practice obtained while producing and studying the properties of prototypes of SPD detector elements and subsystems. This work was carried out not only at various test benches at JINR sites but also outside of JINR. For instance, the ways of applying various types of

в сеансах на ускорителе в ЦЕРН. Наиболее значимым изменением в конструкции установки SPD по сравнению с концептуальным проектом является отказ от магнитной системы в виде шести соленоидальных катушек Гельмгольца во внутренней области детектора и переход к классическому для детекторов такого типа размещению соленоидального магнита. Предполагается, что создание установки SPD пройдет в два этапа: на первом этапе будет создана базовая конфигурация для проведения измерений с поляризованными пучками протонов и дейтронов при низких энергиях столкновений и светимости значительно ниже номинальной ($10^{32} \text{ см}^{-1} \text{ с}^{-1}$). Установку составят мюонная система, трекер на основе строу-трубок, центральный детектор на основе камер Micromegas, калориметры нулевого угла и детекторы пучковых столкновений (BBC). Полная конфигурация, необходимая для выполнения основной задачи SPD – изучения поляризованной глюонной структуры нуклонов, будет создана ко второй фазе проекта и будет включать кремниевый вершинный детектор, времяпролетную систему, электромагнитный калориметр и детектор на основе аэрогеля. Ожидается, что технический проект SPD будет представлен на зимней сессии обновленного Программно-консультативного комитета по физике частиц в январе 2023 года.

В марте завершились первые выборы руководства коллаборации SPD. Соруководителями стали Алексей Гуськов (ОИЯИ) и Виктор Ким (ПИЯФ). Такая схема управления, когда во главе коллаборации стоит не один, а сразу два лидера, является довольно популярной в



Рис. 6. Тестирование модуля мюонной системы на космических мюонах.

Fig. 6. Testing of the muon system module on cosmic muons.



Рис. 7. В. Ким (ПИЯФ), Э. Томази-Густафссон, председатель совета коллаборации SPD (Сакле), А. Гуськов (ОИЯИ) и Е. Кузнецова (ПИЯФ) у стенда тестирования электроники для строу-детекторов в тестовой зоне SHIP (ЦЕРН).
Fig. 7. V. Kim (PNPI), E. Tomasi-Gustafsson, Chairman of the SPD Collaboration Council (Saclay), A. Guskov (JINR) and E. Kuznetsova (PNPI) at the test bench for electronics for straw detectors in the SHIP test zone (CERN).

electronics for SPD gas detectors were studied in runs at the CERN accelerator. The most significant changes in the design of the SPD facility compared to the CDR are the refusal to use the magnet system in the form of six Helmholtz solenoid coils inside the detector and the classical installation of the solenoid magnet for detectors of this type. The construction of the SPD facility is supposed to be performed in two stages. The first one will be devoted to the production of the basic configuration for conducting measurements with polarized proton and deuteron beams at low collision energies and luminosity far below the nominal ($10^{32} \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$). The facility will be made up of the muon system, the straw-tube based tracking system, the central detector based on Micromegas, zero-degree calorimeters (ZDC) and beam-beam counters (BBC). The full configuration required to fulfill the main task of SPD – the study of the polarized gluon content of the nucleon, will be completed by the second stage of the project. It will include the silicon vertex detector, the time-of-flight system, the electromagnetic calorimeter and the aerogel-based Cherenkov detector. We expect to present the SPD TDR at the winter session of the reformed Programme Advisory Committee for Particle Physics in January 2023.

Heads of the SPD Collaboration were elected in March this year. They are Alexey Guskov (JINR) and Victor Kim (PNPI). Such a scheme of governing a Collaboration – two leaders at the helm – is quite popular among scientists working in the field of spin physics. Here we can see a reference to the tradition of the Roman Republic, which was governed by two consuls.

Currently, the signing procedure of the Memorandum of

сообществе ученых, работающих в области спиновой физики. Здесь можно увидеть отсылку к традиции Римской республики, во главе которой традиционно стояли два консула.

В настоящее время активно продолжается начатый весной процесс подписания Меморандума о взаимопонимании с институтами участниками коллаборации SPD. Документ уже подписали 6 институтов: ПИЯФ (Санкт-Петербург), ЕрФИ (Ереван), СамГУ (Самара), ФИАН (Москва), НИИЯФ МГУ (Москва), ИЯИ (Троицк). Подписание документа также уже согласовано с СПбГУ (Санкт-Петербург) и БелГУ (Белгород). А в сентябре к коллаборации присоединилась новая группа из МИФИ, став 32-м участником проекта. Эта группа заинтересована в участии в создании детектора BBC, а также в физическом анализе данных, полученных на первом этапе эксперимента.

В октябре в ОИЯИ в гибридном формате прошло совещание коллаборации SPD. Это совещание стало для SPD третьим, но впервые у членов коллаборации из разных институтов появилась возможность встретиться вживую. В мероприятии приняли участие около 140 человек, из них более 70 человек – очно. В Дубну съехались ученые из 12 научных центров России, Армении и Белоруссии. Удаленно в совещании участвовали коллеги из Италии, Франции, Сербии, Чехии и Китая.

С одной стороны, совещание стало своего рода подведением итогов работе по подготовке технического проекта эксперимента. С другой, оно стало демонстрацией готовности коллаборации сделать следующий шаг – приступить к созданию детектора для первой фазы эксперимента. И хочется верить, что никакие внешние обстоятельства этому не помешают.

A. В. Гуськов

Understanding with the institutes participating in the SPD Collaboration is ongoing. It was started in March 2022. For now, these documents have been signed with 6 institutes: PNPI (St. Petersburg), YerPHI (Yerevan), Samara State University (Samara), LPI (Moscow), SINP MSU (Moscow), INR RAS (Troitsk). The procedure of signing the document has also been agreed with St. Petersburg State University (St. Petersburg) and Belgorod State University (Belgorod). And in September, Moscow Engineering Physics Institute became the thirty-second participant of the project. This institute got interested in the construction of BBC, as well as in the physics analysis of data taken at the first stage of the experiment.

In October, a meeting of the SPD Collaboration was held in JINR in a hybrid format. This meeting was the third for SPD, but for the first time Collaboration members from different countries got an opportunity to meet in person. About 140 members took part in the event, and more than 70 of them gathered in person. Scientists from 12 scientific centres of Russia, Armenia and Belarus met in Dubna. Colleagues from Italy, France, Serbia, the Czech Republic and China participated remotely.

On the one hand, the meeting summarized the work on the TDR of the experiment. On the other hand, it demonstrated the readiness of the Collaboration to take the next step – to start constructing the detector for the first stage of the experiment. And we want to believe that no external obstacles will prevent it.

A. Guskov

Новости коллаборации BM@N. Статус эксперимента BM@N News from BM@N Collaboration. Status of the BM@N Experiment

В эксперименте по исследованию барионной материи на Нуклотроне (Baryonic Matter at Nuclotron, BM@N) завершается подготовка к сеансу по набору событий взаимодействий ядер мишени *CsI* с пучком ионов ксенона, ускоренных на комплексе Бустер – Нуклотрон. Это будет первый физический сеанс с полной конфигурацией трековой системы установки BM@N.

Готовность детекторов BM@N к сеансу представлена на фотографиях ниже (Рис. 8, 9, 11).

13-16 сентября 2022 года в ЛФВЭ состоялось 9-ое совещание коллаборации BM@N. В совещании приняли участие около 130 участников коллаборации из 10 институтов из 3-х стран: России, Болгарии и Израиля. При этом более 100 сотрудников участвовали в совещании очно.

В программу совещания входили доклады о статусе

The team of the BM@N (Baryonic Matter at Nuclotron) experiment is completing preparations for the run aimed at data taking on the interactions of the Xe ion beams accelerated at the Booster-Nuclotron complex with *CsI* target. This will be the first physics run performed with full configuration of the BM@N tracking system.

The readiness of the BM@N detectors for the experimental run is shown in the photos below (Fig. 8, 9, 11).

On September 13-16, 2022, VBLHEP hosted the 9th meeting of the BM@N Collaboration. More than 130 participants from 10 institutes from Russia, Bulgaria and Israel attended the meeting. And more than 100 of them participated in person.

The programme of the meeting included reports on the status of the BM@N experiment, on preparing the facility and

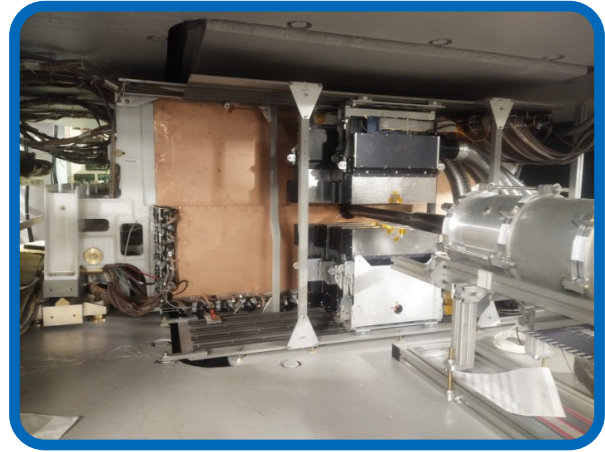
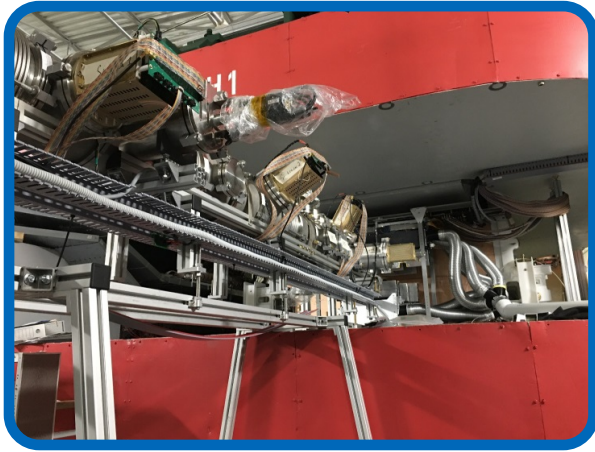


Рис. 8. Слева: Вакуумный ионопровод перед мишенью BM@N с смонтированными кремниевыми стриповыми детекторами для измерения траектории пучка. Справа: Вакуумная мишенная зона и передние кремниевые трековые детекторы внутри спектрометрического магнита BM@N. Кремниевые детекторы разработаны в ЛФВЭ в группе Н.

И. Замятина.

Fig. 8. Left: Vacuum ion beam pipe in front of the BM@N target with built-in Silicon strip detectors for measuring the beam trajectory. Right: Vacuum target zone and Forward Silicon Tracking detectors inside the BM@N spectrometric magnet. Silicon detectors were developed at



Рис. 9. Слева: Трековые детекторы на основе газовых электронных умножителей (GEM), смонтированные в спектрометрическом магните с помощью точной системы позиционирования. Монтаж произведен главным инженером установки BM@N Семеном Пиядиным и его командой. Вакуумный ионопровод из углепластика проходит детекторы GEM через отверстия для пучка и повторяет траекторию ионов в магнитном поле.

Справа: Катодные стриповые камеры на выходе магнита BM@N для экстраполяции треков заряженных частиц во время-пролетную систему BM@N. Камеры спроектированы и собраны Александром Вишневым и его коллегами.

Fig. 9. Left: Tracking detectors based on Gas Electron Multipliers (GEM) installed in the spectrometric magnet using a precise positioning system. The installation is performed by BM@N Chief Engineer Semen Piyadin and his team. The carbon fiber vacuum ion beam pipe passes the GEM detectors through the beam holes and follows the trajectory of ions in the magnetic field. Right: Cathode strip chambers at the back of the BM@N magnet for extrapolating tracks of charged particles into the BM@N TOF system. The chambers are designed and constructed by Alexander Vishnevsky and his colleagues.

эксперимента BM@N, о подготовке всей установки и отдельных детекторов к предстоящему сеансу по изучению взаимодействий ядер мишени CsI с пучком ионов ксенона. На совещании также обсуждалась программа физических исследований в предстоящем сеансе, готовность алгоритмов восстановления взаимодействий и программного обеспечения эксперимента к приему и мониторингу большого объема данных.

Отдельная сессия совещания была посвящена результатам анализа ранее зарегистрированных взаимодействий пучков ядер углерода и аргона с мишенями с целью получения экспериментальных данных по выходу заряженных пионов, Λ гиперонов и легких ядерных

the detectors for the upcoming BM@N run aimed at studying the interactions of the Xe ion beams with CsI target. Participants also discussed the programme of physics research in the upcoming run, the readiness of the event reconstruction algorithms and software of the experiment for recording and monitoring a large amount of data.

A separate session of the meeting was devoted to the results of the analysis of previously recorded experimental data on the interactions of carbon and argon beams with different targets in order to obtain experimental data on the yields of charged pions, Λ hyperons and light nuclear fragments. A detailed report was



Рис. 10. Участники X Коллаборационного совещания эксперимента MPD на установке NICA.
 Fig. 10. Participants of the X Collaboration Meeting of the MPD Experiment at the NICA Facility.

фрагментов. Был сделан детальный доклад по материалам подготовленной статьи по определению выходов заряженных π^+ и K^+ мезонов в аргон-ядерных взаимодействиях. На совещании было заслушано около 40 докладов по тематике эксперимента BM@N.

Во время совещания также было проведено заседание совета институтов-участников коллаборации BM@N, на котором были выбраны новый председатель совета институтов и новый технический координатор эксперимента BM@N. Ими стали М. М. Меркин из НИИЯФ МГУ и С. М. Пиядин из ЛФВЭ, соответственно.

М. Н. Капишин

presented based on the prepared paper on determining the yields of charged π^+ and K^+ mesons in argon-nucleus interactions. Participants heard about 40 reports on the subject of the BM@N experiment.

During the Collaboration meeting, a session of the Institutional Board of the BM@N Collaboration was also held. A new chairman of the Institutional Board and a new technical coordinator of the BM@N experiment were elected. They are Mikhail Merkin from SINP MSU and Semen Piyadin from VBLHEP, respectively.

M. Kapishin

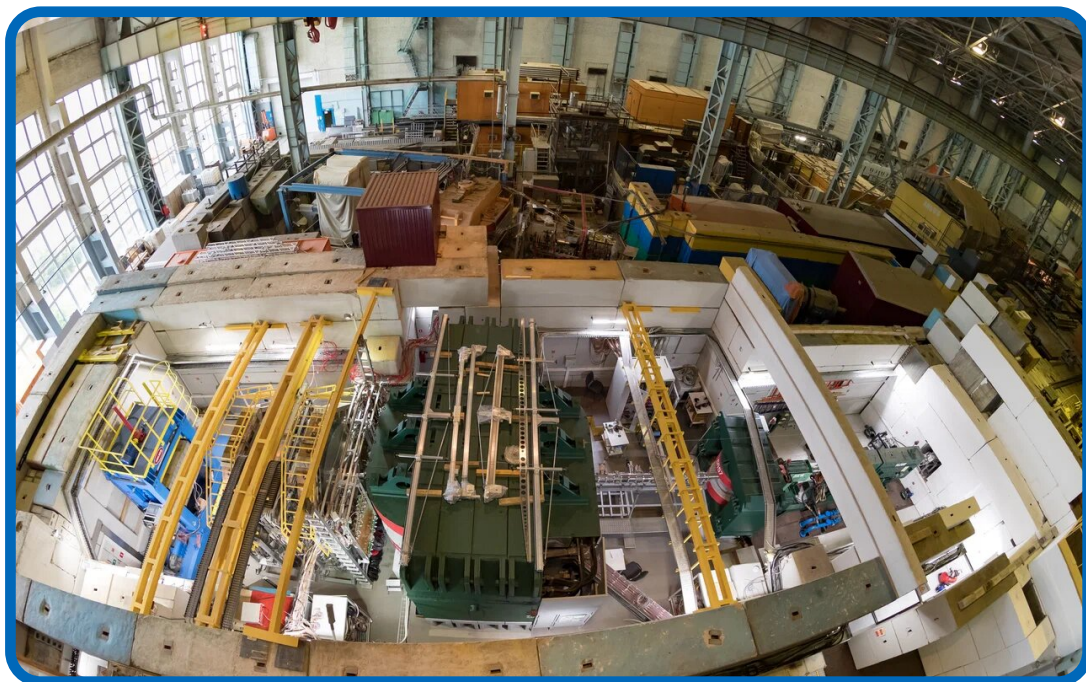


Рис. 11. Общий вид экспериментальной зоны установки BM@N.
 Fig. 11. General view of the BM@N experimental zone.

Модернизация канала транспортировки пучков ионов ВП-1-6В от Нуклотрона до ВМ@N

Upgrade of beam transport channel VP-1-6B from Nuclotron to ВМ@N

В настоящее время в ЛФВЭ ОИЯИ проводится ряд международных экспериментов и создается инфраструктура для размещения научно-прикладных станций. На сегодняшний день в планы развития данной инфраструктуры заложены следующие площадки: эксперимент ВМ@N, тестовая зона эксперимента SPD, станции прикладных исследований СОДИТ, СОДИБ и СИЯЭТ. Большая часть планирующихся работ требует наличия сплошного вакуумного канала от точки вывода пучков ионов из Нуклотрона до самих установок, наиболее отдаленной из которых является установка эксперимента ВМ@N.

На основе перечисленных особенностей была поставлена задача создания нового современного вакуумного канала, включая средства диагностики, проходящего через корпус 1, старый измерительный павильон и корпус 205. Модернизация осуществлялась с учетом мнения сотрудников ЛФВЭ, отвечающих за различные эксперименты и прикладные станции, для чего были организованы многочисленные специальные рабочие совещания.

В результате работ, проделанных в 2021 году, были разработаны, изготовлены и смонтированы элементы модернизируемого ионопровода общей длиной 122,5 м, что составляет 77% длины всего рассматриваемого ионопровода, в их числе:

- 9 вакуумных боксов с профилометрами для измерения формы поперечного сечения и положения пучка ионов в вакуумном канале (апертуры профилометров: 192×192 мм – 4 шт; 128×128 мм – 4 шт; 80×80 мм – 1 шт);

- 3 вакуумных бокса поворотных магнитов 2СП-40-ВП1 (размер напольников 1000×1500×40 мм, вес бокса 1115 кг), 5СП-12А-ВП1 (размер напольников 500×3000×50 мм, вес бокса 1600 кг), 3СП-12-ВП1 (размер напольников 500×3000×50 мм, вес бокса 1600 кг);

- 7 вакуумных каналов дуплетов квадрупольных линз;

- 3 вакуумных поста откачки и 15 портов для подключения дополнительных вакуумных насосов;

- установлены 14 шибберных затворов, разграничивающие вакуумные объемы существующих и планирующихся станций для экспериментальных и прикладных исследований.

Изготовленное оборудование было смонтировано и протестировано на вакуумную герметичность и скорость достижения рабочего вакуума. Во время предыдущего сеанса пуско-наладочных работ на Нуклотроне, проходившего с

At present, a number of international experiments are being carried out at JINR VBLHEP and an infrastructure is being constructed for applied research stations. For now, the following sites are included in plans for the development of the infrastructure: the ВМ@N experiment, the SPD test zone, and such stations for applied research as IS CRA, SIMBO and SHINE. Most of the planned work requires a single vacuum system from the ion beam extraction from the Nuclotron to the facilities themselves, the farthest of which is ВМ@N.

Based on the mentioned aspects, we were tasked with constructing a new modern vacuum channel, including diagnostic equipment, which would pass through building 1, the old measurement pavilion, and building 205. Numerous workshops were held to upgrade the channel taking into account the ideas of VBLHEP employees responsible for various experiments and applied stations.

The work carried out in 2021 has resulted in the development, production and installation of the elements of the ion beam pipe under upgrade with a total length of 122.5 m. This makes up 77% of the length of the entire ion beam pipe under consideration. These elements are:

- 9 vacuum boxes with profilometers for measuring the shape of the cross section and the position of the ion beam in the vacuum channel (profilometer apertures: 192×192 mm – 4 pcs; 128×128 mm – 4 pcs; 80×80 mm – 1 pc);

- 3 vacuum boxes of rotary magnets 2SP-40-VP1 (the size of the vacuum chambers is 1000×1500×40 mm, the weight of the box is 1115 kg), 5SP-12A-VP1 (the size of the vacuum chambers is 500×3000×50 mm, the weight of the box is 1600 kg), 3SP-12-VP1 (the size of the vacuum chambers is 500×3000×50 mm, the weight of the box is 1600 kg);

- 7 vacuum channels of quadrupole duplet lenses;

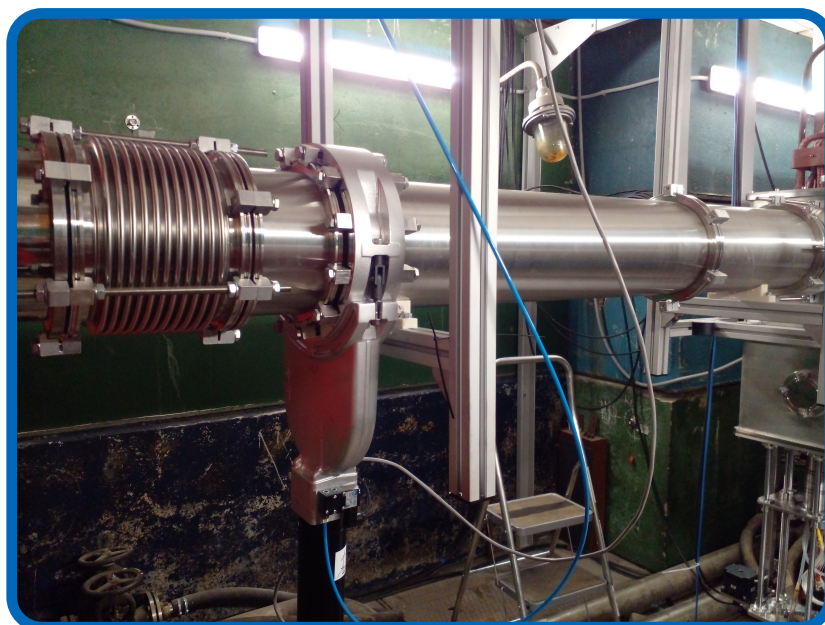


Рис. 12. Участок ионопровода в районе фокуса F6.
Fig. 12. The section of the ion beam pipe in the area of F6 focus.

декабря 2021 года по апрель 2022 года, было выполнено тестирование изготовленных профилометров в рабочем режиме на пучках ускоренных ионов углерода. Тестирование проводилось в воздушных промежутках канала, вне вакуумных боксов. Все перечисленные тесты показали соответствие изготовленного оборудования поставленным задачам. Наиболее важным достигнутым результатом стала успешная проводка пучка через основные элементы изготовленного вакуумного канала к экспериментальной установке SRC, располагавшейся на площадке эксперимента BM@N.

Отдельно необходимо отметить, что изготовленный вакуумный канал имеет высокую степень герметичности с уровнем течей не более 10^{-8} мбар/(л с) и чистоту внутренней поверхности с шероховатостью не более Ra 3.2. Указанные особенности позволили достичь предельный вакуум порядка 10^{-6} торр, что на три порядка лучше в сравнении с требованиями технического задания (величина 10^{-6} торр достигнута на участке ионпровода в экспериментальном зале установки BM@N). Высокий уровень полученных результатов позволяет рассчитывать на расширение спектра задач и повышение качества проводимых экспериментов на создающихся экспериментальных установках и прикладных станциях.

В 2022 году проводились работы по монтажу вакуумных боксов и систем перемещения профилометров в них, автоматизации средств откачки, созданию дистанционной системы управления каналом, созданию новой газовой системы для профилометров.

В текущем сеансе пуско-наладочных работ на Нуклотроне планируется провести полное тестирование всех элементов и систем канала, включая профилометры в вакууме.

В планах на 2023 год стоит окончание модернизации вакуумного канала, состоящей в изготовлении и монтаже новых элементов наклонного участка вакуумного канала между точкой вывода пучка ионов из Нуклотрона до магнита 4СП-12А-Н, установленного в старом измерительном павильоне, создании актуальных средств диагностики, завершении работ по созданию системы автоматизации канала.

Исполнителем работ является ООО "Вакуумные системы и технологии", под руководством доктора физ.-мат. наук А. С. Кубанкина, при неограниченном участии сотрудников ЛФВЭ ОИЯИ: А. А. Агапова, А. В. Бутенко, Е. М. Сыресина, С. М. Пиядина, С. А. Бесфамильного, А. Р. Галимова, П. А. Рукояткина, М. Ю. Мешенкова, Н. В. Цветкова, Н. В. Федюрко, А. А. Попова, А. В. Тихонова коллектива ЦОЭП и многих других. Координацию работ осуществлял заместитель главного инженера ЛФВЭ С. Ю. Анисимов.

С. Ю. Анисимов

- 3 vacuum pumping stations and 15 ports for connecting additional vacuum pumps;

- 14 dampers have been installed, delimiting the vacuum volumes of existing and planned stations for experimental and applied research.

The produced equipment was installed and tested for vacuum tightness and how fast operating vacuum can be achieved. During the previous commissioning run at the Nuclotron, which took place from December 2021 to April 2022, we tested the produced profilometers in operating mode with beams of accelerated carbon ions. The test was carried out in the air gaps of the channel, outside the vacuum boxes. All the mentioned tests have shown that the produced equipment meets the requirements of the objectives set. The result of crucial importance was the successful transportation of the beam through the major elements of the produced vacuum channel to the SRC experimental setup, located at the BM@N site.

It also should be emphasized that the produced vacuum channel has a high level of leak tightness (the leak rate is no more than 10^{-8} mbar/(l s)) and the surface roughness of no more than Ra 3.2. These characteristics allowed us to achieve the highest vacuum of 10^{-6} torr, which is three orders of magnitude better compared to the specification requirements (10^{-6} torr was achieved in the ion beam pipe in the BM@N experimental hall). A high level of the results obtained make it possible to count on expanding the range of tasks and improving the quality of the experiments performed at the experimental facilities and applied stations under construction.

In 2022, we installed vacuum boxes and systems for moving profilometers inside them, automated pumping equipment, developed a remote channel control system, and a new gas system for profilometers.

During the current commissioning run at the Nuclotron, we plan to conduct full testing of all elements and systems of the channel, including profilometers in vacuum.

As for 2023, we intend to complete the upgrade of the vacuum channel. It includes the production and installation of new elements of the inclined section of the vacuum channel between the ion beam extraction from the Nuclotron to the magnet 4SP-12A-N, installed in the old measurement pavilion, as well as the development of up-to-date diagnostic equipment, and the completion of the channel automation system.

This work is performed by ООО Vacuum Systems and Technologies, supervised by Doctor of Physical and Mathematical Sciences A. Kubankin. In addition, JINR VBLHEP employees have also made a significant contribution to this work: A. Agapov, A. Butenko, E. Syresin, S. Piyadin, S. Besfamilny, A. Galimov, P. Rukoyatkin, M. Meshenkov, N. Tsvetkov, N. Fedyurko, A. Popov, A. Tikhonov, the team of the VBLHEP Experimental Production Workshop and many other specialists. The work was coordinated by VBLHEP Deputy Chief Engineer S. Anisimov.

S. Anisimov

