

В. А. Бабкин, В. М. Головатюк, М. М. Румянцев

Установка для испытания детекторов на нуклотроне «Тестовый канал MPD»

В настоящее время в Лаборатории физики высоких энергий в рамках темы 1065 осуществляется реализация двух проектов, направленных на изучение фундаментальных процессов в столкновениях тяжелых ионов.

Первый (основной) проект — многоцелевой детектор (MPD) [1] на коллайдере тяжелых ионов NICA, который находится на стадии строительства. Период времени, в течение которого будет осуществляться строительство коллайдера, планируется использовать на проведение эксперимента на выведенных из нуклотрона пучках протонов, дейтронов и различных типов ядер, вплоть до золота. Проект экспериментальной программы изучения барионной материи на пучках нуклотрона называется «Барионная материя на нуклотроне» (BM@N) [2].

Для проверки характеристик разработанных для этих проектов детекторов и электроники считывания было решено построить испытательную установку на выведенном пучке нуклотрона. Практически в каждой лаборатории мира существуют тестовые пучки. Хорошо известным примером является тестовая зона в ЦЕРН на ускорителе PS. На нуклотроне есть возможность выводить пучки различных частиц — от протонов до ядер ксенона с энергией от 0,5 до 6 ГэВ/нукл. Интенсивность пучка в районе установки варьируется в пределах 10^2 – 10^6 частиц на 1 см^2 . Длительность сброса — от менее 1 с до 10 с. Это позволяет проводить исследования нагрузочных способностей детекторов.

В 2013 г. на канале 4В в экспериментальном корпусе 205 начали монтировать помещения для тестовой зоны MPD. Впервые на выведенных пучках нуклотрона экспериментальный стенд, через который

V. A. Babkin, V. M. Golovatyuk, M. M. Romyantsev

“Test MPD” Facility for Detector Testing at the Nuclotron

At present the implementation of two heavy-ion projects aimed to study fundamental processes in heavy-ion collisions is carried out at the Laboratory of High Energy Physics in the framework of theme 1065.

The first and main project is the Multipurpose Detector (MPD) [1] of the NICA heavy-ion collider, which is under construction. During the collider construction it is proposed to start the programme of baryonic matter properties study in heavy-ion collisions with the Nuclotron beams. The fixed target experiment will use different types of beams of particles: from protons and deuterons to nuclei of Au^{+79} . The experimental programme at the Nuclotron is called Baryonic Matter at Nuclotron (BM@N) [2].

In order to test properties of designed detectors and readout electronics, it has been decided to construct a test facility at the extracted beam of the Nuclotron. Test beam area is common practice for each laboratory; the well-known example is the test beams from PS at CERN. Now the Nuclotron can provide beams of particles of different types from protons and deuterons to nuclei of xenon in the energy range 0.5–6 GeV/nucleon. The beam intensity in the test area can vary in the range 10^2 – 10^6 particles per 1 cm^2 . The length of the spill expands from less than 1 s to 10 s. This allows one to study the rate capability of particle detectors.

The beam test area construction was started in 2013 in building 205 at beam line 4V. The experimental setup

проводится пучок частиц, был помещен в специальное закрытое помещение (рис. 1). Это позволило стабилизировать температуру и влажность в помещении, что важно при изучении долговременной работы детекторов и электроники.

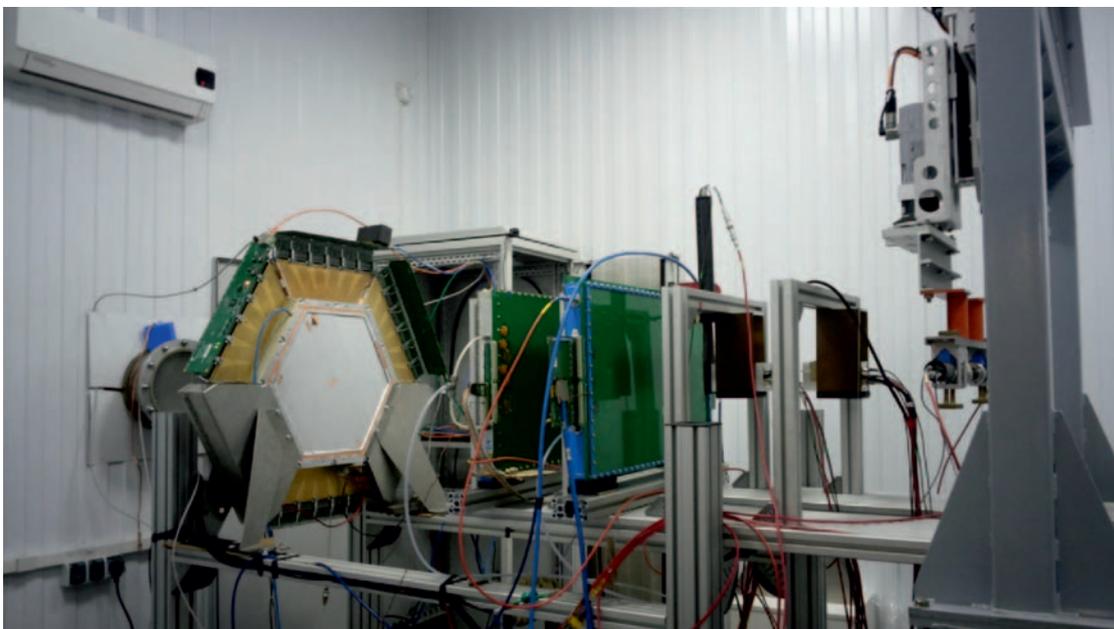
Пучок транспортируется к установке по вакуумному ионопроводу. Все вспомогательные и испытываемые детекторы фиксируются на двух платформах из алюминиевого профиля. Помимо этого на тестовом канале установлено прецизионное устройство позиционирования, позволяющее перемещать исследуемый детектор в двух направлениях в плоскости, перпенди-

кулярной пучку, с точностью не хуже 20 мкм, а также вращать его в горизонтальной плоскости. Пять быстрых сцинтилляционных счетчиков используются для генерации триггерного сигнала и для мониторинга интенсивности пучка.

Для определения профиля пучка и трекинга были разработаны, собраны, протестированы и введены в эксплуатацию три гексагональные пропорциональные камеры (на фото слева). Детекторы имеют шесть плоскостей сигнальных проволочек (по две X , U , V). В каждой плоскости шаг проволочек составляет 1,25 мм. Для подготовки рабочей газовой смеси для пропорци-

Общий вид установки во время сеанса работы с пучком.

Пучок выводится слева из ионопровода и проходит через все исследуемые детекторы



General view of the setup during detector testing. The beam is extracted from the vacuum tube at the left and passes through all the detectors under investigation along the beam

was placed in a special enclosed room (see photo) for the first time at the extracted beams. This helps to stabilize the temperature and humidity in the room, which is important in the study of long-term operation of detectors and electronics.

The beam is transported to the experimental area through the vacuum tube. All detectors are fixed on two aluminum platforms. Besides, the precision positioning device allows moving the detector under study in two directions in the plane perpendicular to the beam axis with the accuracy of 20 μm . Also it allows rotation of the detectors under study in a horizontal plane. Five fast scintillation counters are used to generate a trigger signal and to monitor the beam intensity.

Three multiwire proportional chambers used for determination of the beam profile and beam particles tracks (on the left of the photo) were constructed and assembled. The detectors have six planes of signal wires (two of X , U , V) with the wire pitch of 1.25 mm. There are two independent gas blending systems with digital control for preparation of working gas mixture for the proportional chambers and for multi-gap resistive plate chambers (MRPC) for freon and inert gases.

The beam test facility has a modern data acquisition system based on VME standard and Ethernet technology. The data acquisition system and most of the modules for digitizing signals were developed by a group from the Scientific Experimental Department of Physics Research

ональных камер и плоскопараллельных резистивных камер (MRPC) на установке имеются две независимые газосмесительные системы с цифровым контролем для фреонов и инертных газов.

На установке используется современная система сбора данных, построенная на основе стандарта VME и технологии Ethernet. Система сбора данных и многие модули оцифровки сигналов разработаны группой электроники НЭОАФИ. К тестовой зоне подведен оптический канал сети Интернет. Во время вывода пучка персонал располагается в специальном домике, куда поступает вся информация с ускорителя и установки. Домик персонала оборудован всем необходимым для удобной и продуктивной работы.

Установка введена в строй в декабре 2013 г. Сначала усилия были направлены в основном на оптимизацию работы времяпролетной системы, которая планируется для обоих детекторов: MPD и BM@N. Основными элементами времяпролетной системы являются резистивные плоские камеры MRPC [3] и быстрые детекторы черенковского излучения (FFD). Последние используются для организации старта времяпролетной системы и триггера нулевого уровня.

Резистивная плоская камера представляет собой детектор, состоящий из слоев тонкого стекла, разде-

Automation. There is a fast optical channel of the Internet in the test area. The staff works in a special house during beam extraction. They receive there all the information from the accelerator and the test setup. This staff room is equipped with everything necessary for a comfortable and productive work.

The facility was put into operation in December 2013. First studies were mainly focused on the optimization of the time-of-flight system, which is planned for the two detectors: MPD and BM@N. The main elements of the time-of-flight systems are resistive plate chambers (MRPC) [3] and fast forward detectors of Cherenkov radiation (FFD). The latter are used for the organization of the start signal for the time-of-flight system and zero level trigger.

A resistive plate chamber is a detector consisting of thin glass layers separated by a gas gap of 200–300 μm . These gaps are filled with a special gas mixture. A particle passes through the detector and produces ionization in the gaps. An avalanche arises in the gas gap under the influence of the strong electric field. It induces a signal to the readout electrodes. Small gas gap allows small fluctuations of formation of the avalanche, but does not provide the required efficiency. To increase the efficiency of particle detec-

Рис. 1. Временное разрешение и эффективность MRPC для времяпролетных систем

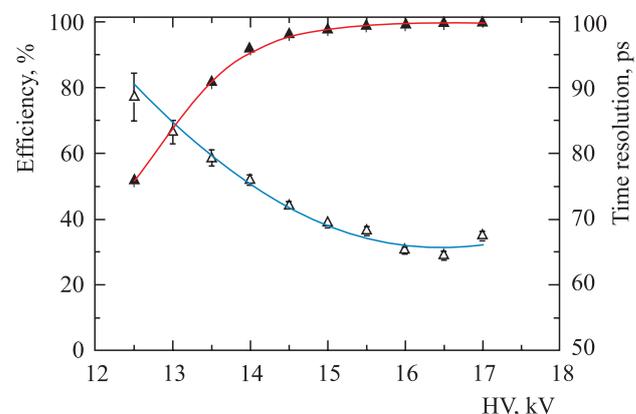


Fig. 1. Time resolution and efficiency of the strip MRPC for the time-of-flight system

Рис. 2. Временное распределение между двумя идентичными прототипами детекторов FFD

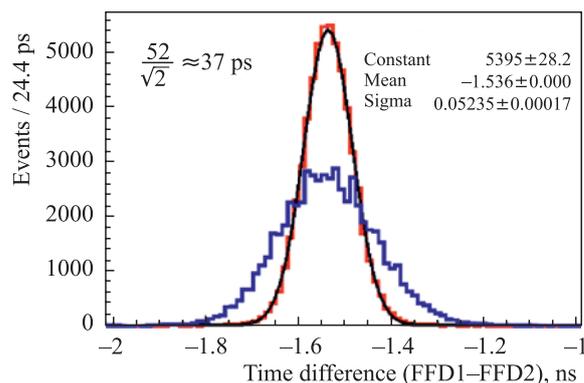


Fig. 2. Time distribution between two identical prototypes of FFD

tion, several gaps are usually used: from 4 to 12. In our case, the detectors were tested with 12 gas gaps. As a result, the time resolution of 65 ps was achieved (including the resolution of electronics) with the efficiency of 99.8% (see Fig. 1).

Several prototypes of FFD (fast forward detector) were tested. A prototype of FFD [4] is a detector of Cherenkov radiation with a multichannel microchannel photomultiplier PHOTONIS XP85012/A1-Q specially created for this system and used as the main sensitive element of FFD. Various characteristics of these detectors were investigated during the experiment and different types of data acquisition were also tested. The main working characteristic of the FFD system is its time resolution. This detector is supposed to generate “start” signal for the time-of-flight system; therefore, it must satisfy special requirements. The time resolu-

ленных газовыми промежутками длиной 200–300 микрон. Эти промежутки заполнены специальной газовой смесью, в которой пролетающая через детектор частица производит ионизацию. Под действием сильного электрического поля в газовом промежутке возникает лавина, которая индуцирует сигнал на считывающие электроды. Малый газовый зазор обеспечивает небольшие флуктуации при образовании лавины, однако не обеспечивает необходимую эффективность. Для повышения эффективности регистрации частиц чаще всего используют несколько зазоров — от 4 до 12. В нашем случае испытывались детекторы с 12 газовыми зазорами. В результате было достигнуто временное разрешение 65 пс (включая разрешение электроники) при эффективности 99,8 % (рис. 1).

Было протестировано несколько прототипов системы FFD (fast forward detector). Прототип FFD [4] — это детектор черенковского излучения, основным регистрирующим элементом которого является специально созданный для этой системы микроканальный многоканальный фотоэлектронный умножитель PHOTONIS XR85012/A1-Q. В эксперименте исследовались различные характеристики этих детекторов, а также были испытаны разные типы сбора данных. Основной рабочей характеристикой системы FFD является ее временное

разрешение. Так как данный детектор будет стартовым для системы идентификации, то к нему предъявляются особые требования. В последних экспериментах необходимо было получить временное разрешение около 37 пс (рис. 2) для одного детектора с использованием стандартных TDC32VL [5] стандарта VME. При использовании диджитайзера DRS4 временное разрешение достигает 21 пс.

В марте 2014 г. на тестовом канале впервые был испытан прототип трекового детектора для установки BM@N на базе газового электронного умножителя (GEM). Этот тип детекторов в последнее время получил очень большое распространение благодаря высокой нагрузочной способности.

В ближайшем будущем планируется изучение совместной работы прототипов времяпролетной системы и электромагнитного калориметра. Полученные результаты будут использованы при построении детекторов BM@N и MPD.

Появление тестового канала на нуклотроне вызвало интерес не только у групп, работающих в ОИЯИ. В частности, в работе на пучке заинтересованы физики из Университета Цинхуа (Пекин). В настоящее время инфраструктура установки улучшается и совершенствуется для дальнейшей плодотворной работы.

Список литературы / References

1. *Abraamyan Kh. U. et al.* // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A. 2011. V. 628, No. 4. P. 99.
2. BM@N Conceptual Design Report. http://nica.jinr.ru/files/BM@N/BMN_CDR.pdf.
3. *Akindinov A. et al.* // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A. 2000. V. 456. P. 16.
4. *Yurevich V.I. et al.* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2013. V. 10, No. 3. P. 414.
5. <http://afi.jinr.ru/TDC32VL>.

tion of about 37 ps was obtained (Fig. 2) in the latest experiments for a single detector using a standard VME module TDC32VL [5], while using DRS4 digitizer gave the time resolution of 21 ps.

In March 2014 a prototype of tracking detector for BM@N was tested for the first time at the test beam based on a gas electron multiplier (GEM). This type of detectors has a very large distribution due to its high rate capability.

In the near future it is planned to study simultaneous use of the prototypes of the time-of-flight system and electromagnetic calorimeter. The obtained results will be applied in the development of the BM@N and MPD detectors.

The development of the test facility at the Nuclotron has aroused interest not only among groups working at JINR. In particular, physicists from Tsinghua University (Beijing) are interested in beam tests of their detectors. The infrastructure of the MPD test facility is currently being improved for further successful operation.