



ОТЧЕТ

**о состоянии и ходе выполнения мегапроекта
«Комплекс сверхпроводящих колец
на встречных пучках тяжелых ионов»
(Комплекс NICA)**

на 01.01.2019 года



Дубна, 1 февраля 2019 года

Содержание:

Введение

1. Схема базовой конфигурации, основные характеристики и рабочие документы проекта «Комплекс NICA»
2. Статус реализации базовой конфигурации комплекса
 - 2.1 Объекты ускорительного блока
 - 2.1.1 Нуклотрон и каналы
 - 2.1.2 Бустерный синхротрон – Бустер
 - 2.1.3 Коллайдер
 - 2.2 Экспериментальные установки
 - 2.2.1 Multi Purpose Detector (MPD) – многоцелевой детектор
 - 2.2.2 Baryonic Matter at Nuclotron (BM@N) – барионная материя на Нуклотроне
 - 2.2.3 Spin Physics Detector (SPD) – детектор для изучения спиновой физики
 - 2.3. Строительная и инженерная инфраструктура
 - 2.3.1. Здание коллайдерного комплекса
 - 2.3.2. Центр NICA
 - 2.3.3. Другие основные здания комплекса
 - 2.3.4. Криогенный комплекс
 - 2.3.5. Инфраструктура энергообеспечивающих и энергосберегающих инженерных систем
 - 2.4. Инновационный блок
 - 2.4.1. Каналы и зоны для проведения инновационных и прикладных исследований
 - 2.5. Компьютерно-информационный блок
 - 2.5.1. Информационно-вычислительный комплекс
3. Кадровые вопросы, мобильность и активность участников проекта
4. Международное сотрудничество

Заключение

Введение

Проект класса мега-сайенс «Комплекс NICA» реализуется в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) в соответствии с планами развития Института и Соглашением 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 (далее – Соглашение). Работы по созданию базовой конфигурации проекта «Комплекс NICA» проводятся по всем его объектам в соответствии с Соглашением с использованием утвержденных бюджетных средств ОИЯИ, целевых средств РФ, предусмотренных Соглашением, и вкладов других участников проекта.

В представленном отчете описан прогресс в создании Комплекса NICA, достигнутый в 2018 году (отчет за 2017 г. расположен по адресу: <http://nica.jinr.ru>).

1. Схема базовой конфигурации, основные характеристики и рабочие документы проекта «Комплекс NICA»

Схема базовой конфигурации проекта «Комплекс NICA» приведена на рис. 1. Комплекс позволит ускорять и сталкивать тяжелые ионы, вплоть до ионов золота, в оптимальном диапазоне энергий, от минимальных – в зоне выведенных пучков, до максимально достижимых – $\sqrt{s_{NN}} = 11$ ГэВ (для Au^{+79} , в системе центра масс нуклон-нуклон) на коллайдере, при средней светимости $L = 10^{27} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, что позволит изучать ядерную материю в состоянии максимальной барионной плотности, недоступной для исследований в других лабораториях мира.

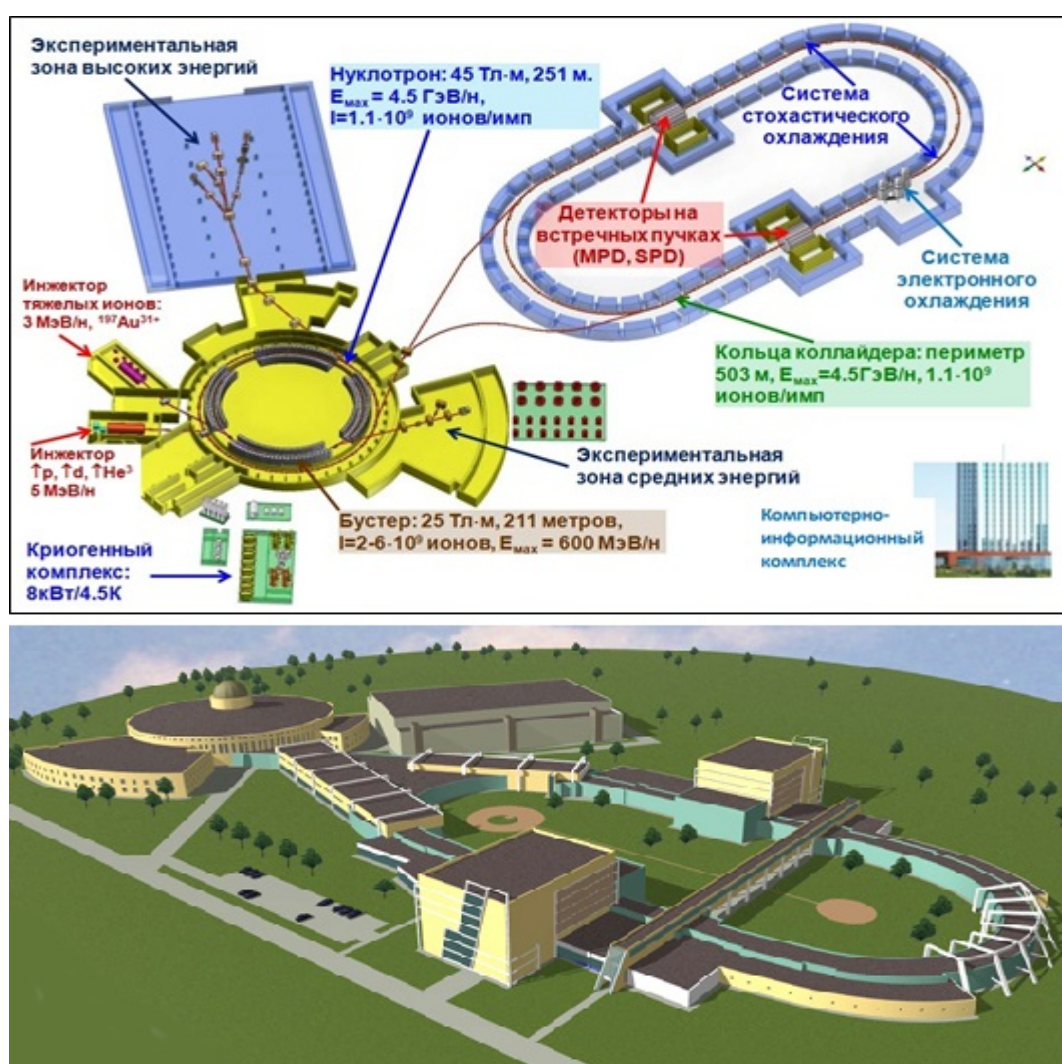


Рис. 1. Схема базовой конфигурации проекта «Комплекс NICA»: сверху – основные элементы комплекса и базовые параметры; внизу – архитектурный комплекс существующих зданий (Нуклотрона и павильона для экспериментов на выведенных пучках) и строящегося здания 17, в котором будут размещены коллайдер и две установки MPD и SPD.

В дополнение к этому на коллайдере будут ускоряться и сталкиваться протоны и дейтроны с продольной и поперечной поляризацией в диапазоне

энергий до $\sqrt{s_{NN}} = 27$ ГэВ и $\sqrt{s_{NN}} = 12,6$ ГэВ, соответственно, при светимости до 10^{32} см⁻²с⁻¹. Эти условия обеспечат приоритет в области исследований спиновой структуры нуклона и выяснения важнейших вопросов природы спина.

Обновленный паспорт проекта «Комплекс NICA» приведен на сайте http://nica.jinr.ru/docs/TDR_spec_Fin0_for_site_short.pdf. Более детальное техническое описание ускорительной части комплекса NICA размещено на сайте <http://nucloweb.jinr.ru/nica/TDR.html>. Далее приведены ссылки на научную программу проекта («Белая книга») - <http://nica.jinr.ru/files/WhitePaper.pdf>., проект детектора BM@N - http://nica.jinr.ru/files/BM@N/BMN_CDR.pdf, проект детектора MPD - http://nica.jinr.ru/files/CDR_MPD/MPD_CDR_en.pdf и предложение проекта SPD - <http://indico.jinr.ru/getFile.py/access?resId=11&materialId=3&confId=718>.

2. Статус создания базовой конфигурации комплекса

Создание базовой конфигурации проекта «Комплекс NICA» начато в конце 2013 года на этапе подготовки Соглашения к подписанию. После его подписания в июне 2016 года при реализации проекта используются средства бюджета ОИЯИ, выделенные средства РФ и других стран (ФРГ, ЮАР). В числе наиболее крупных контрактов, частично или полностью профинансированных в 2018 г., следует отметить контракт на строительство здания 17, контракт на создание основных элементов сверхпроводящего (СП) соленоидального магнита установки MPD (катушек, всей холодной массы, системы управления и его инженерной инфраструктуры), контракт на производство железного ярма и опор этого магнита, контракты на создание первой высокочастотной системы (ВЧ-1) Коллайдера, на разработку сателлитных гелиевых рефрижераторов Бустера, на каналы транспортировки пучка из Нуклотрона в Коллайдер. К числу крупных контрактов, заключенных в 2018 году, можно отнести контракт на изготовление 4-х станций ВЧ-2 Коллайдера, контракты на поставку оборудования для off-line компьютерных кластеров комплекса NICA, контракт на изготовление прецизионных источников электропитания магнитной системы ускорителя.

Параллельно с созданием объектов базовой конфигурации проекта «Комплекс NICA» идет выполнение его научной программы.

Ниже приведен статус выполненных в 2018 году работ.

2.1 Объекты ускорительного блока

2.1.1 Нуклотрон и каналы

На базовом действующем ускорителе тяжелых ионов и поляризованных частиц Комплекса NICA – Нуклотроне, в феврале-апреле 2018 года успешно проведен ускорительный сеанс с ионами $^{12}\text{C}^{6+}$, $^{40}\text{Ar}^{16+}$ и $^{78}\text{Kr}^{26+}$.

В ходе сеанса:

- стабильно и надежно отработал созданный источник многозарядных ионов Крион 6Т (рис. 2);
- впервые в России были ускорены и выведены из кольца ионы $^{78}\text{Kr}^{26+}$ с энергией 3.1 ГэВ/н и продемонстрирована возможность стабильной работы Нуклотрона с полем на уровне 18 кГц;
- впервые реализован режим бесструктурного медленного вывода ускоренного пучка из сверхпроводящего синхротрона с использованием ВЧ-шума для повышения качества и однородности пучка (рис. 3);

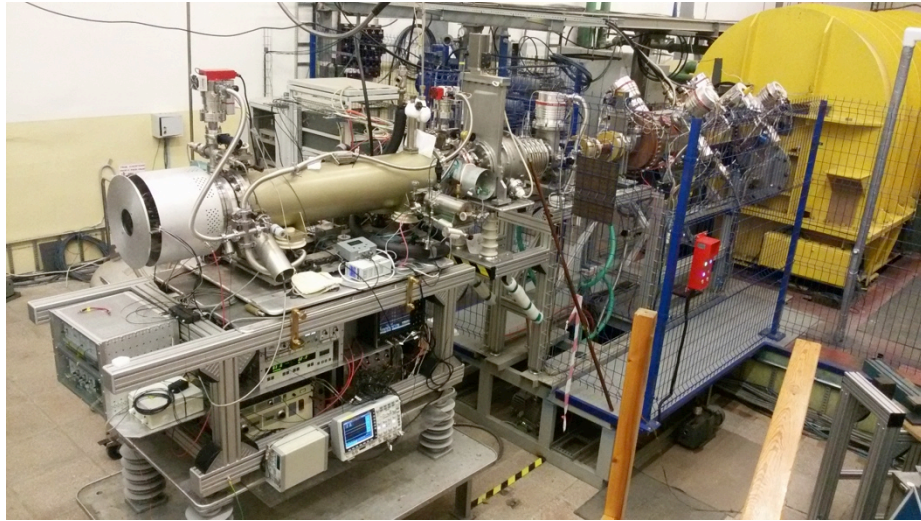


Рис. 2. Источник Крион 6Т в составе инжекционного комплекса

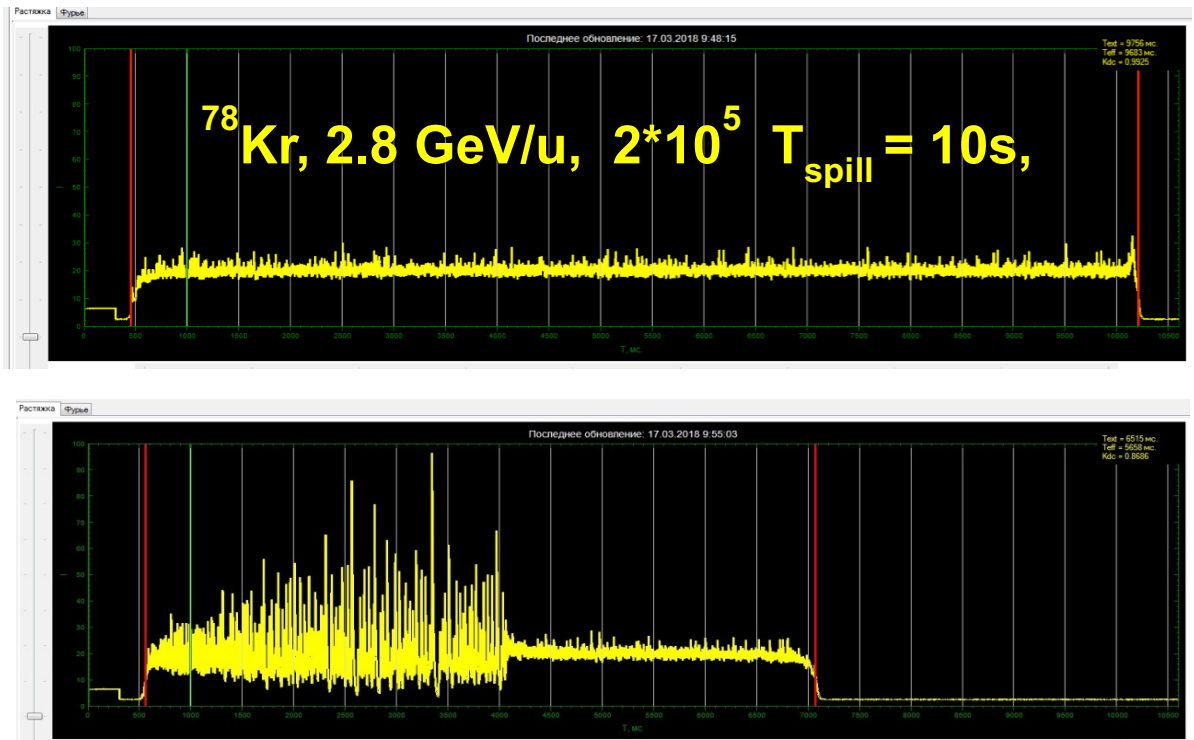


Рис. 3. Зависимость интенсивности выведенного пучка от времени.

Левая часть спектра на нижнем рисунке - перед включением кикера,
правая – после

- обеспечена длительная работа эксперимента BM@N с ионами Аргона с энергией 3,2 ГэВ/н;
- проведены эксперименты в области биологических исследований с пучками ускоренных ионов криптона.

Развитие инфраструктуры:

Начаты работы по монтажу канала транспортировки пучка из линейного ускорителя тяжелых ионов (ЛУТИ) в Бустер (рис. 4).

В завершающей стадии находится проектирование канала транспортировки пучка из Бустера в Нуклотрон, проводимые совместно с ИЯФ СО РАН. Начато производство оборудования.

В рамках контракта с компанией “Сигма-Фи” Франция выполнено проектирование каналов транспортировки пучков из Нуклотрона в кольца Коллайдера, начато производство оборудования.

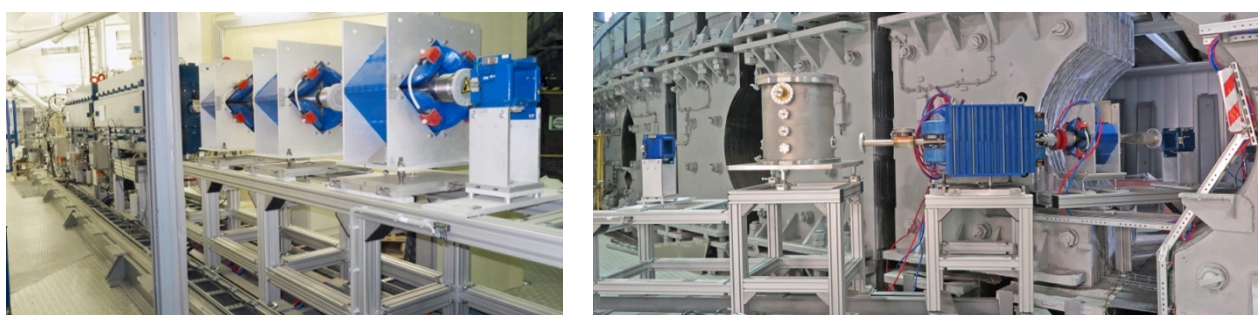


Рис. 4. *Монтаж элементов канала транспортировки пучка из ЛУТИ в Бустер.*

В 2018 году Завершен 1й этап по подготовке тоннеля для канала транспортировки пучка из Бустера в Нуклотрон (рис. 5).



Рис. 5. *Тоннель канала транспортировки пучка из Бустер в Нуклотрон.*

2.1.2 Бустерный синхротрон - Бустер

Проведена масштабная работа по производству и испытанию структурных сверхпроводящих (СП) магнитных элементов для кольца Бустера. К концу 2018

г. для Бустера изготовлены все криостаты, дипольные и квадрупольные магниты и 32 корректора; 40 дипольных магнитов и 36 квадрупольных линз успешно прошли криогенные и магнитные испытания и сертифицированы для установки в Бустер.

Завершается подготовка тоннеля и инженерных систем Бустера (рис. 6).



Рис. 6. Тоннель Бустера, подготовленный к размещению элементов магнитно-криостатной системы.

В сентябре 2018 г. Начат монтаж магнитной системы Бустера (рис. 7).



Рис. 7. Установка дипольных магнитов первого квадранта магнитной системы Бустера.

Изготовлены и проходят испытания источники питания кольца Бустера (рис. 8).

Завершено изготовление и подготовлено к монтажу и запуску оборудование основных систем Бустера: термометрии, управления циклом, ВЧ,

детектирования переходов и защиты (рис. 9) его магнитно-криостатной системы.



Рис. 8. Шкаф преобразователя источника питания Бустера (слева), транспортировка источников питания Бустера в корп. 1А.



Рис. 9. Ключ эвакуации энергии системы защиты Бустера, машинный зал корпуса 1А.

Завершение монтажа и окончательные пуско-наладочные работы на пучке планируется выполнить в конце 2019 года.

2.1.3 Коллайдер

На завершающей стадии находится изготовление двух ВЧ-станций системы, отвечающей за инъекцию пучка в Коллайдер (рис.10). Ведется подготовка к их стендовым испытаниям (рис. 11).

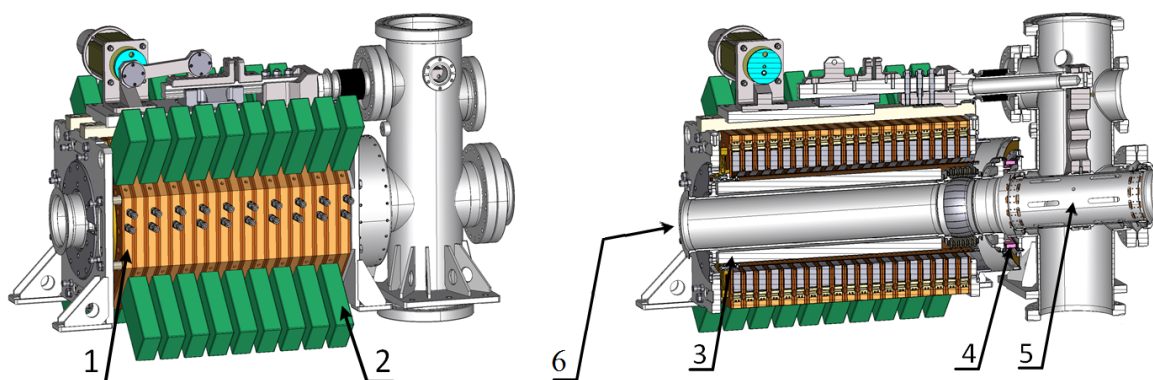


Рис. 10. Станция ВЧ1: 1 – секция с кольцом аморфного железа в медном корпусе с водяным охлаждением, 2 – формирователь импульсов, 3 – нагреватель с термоизоляцией для обезгаживающего прогрева вакуумной камеры, 4 – керамический изолятор ускоряющего зазора, 5 – короткозамыкатель ускоряющего зазора, 6 – вакуумная камера.



Рис. 11. Станция ВЧ-1 в процессе сборки и подготовки к стендовым испытаниям. На заднем плане видны стойки (шкафы) питания 2-х станций

Начато изготовление ВЧ станций системы ВЧ-2 (рис. 12) для Коллайдера. Ведется прототипирование, разработка технической документации и закупка материалов для их изготовления.

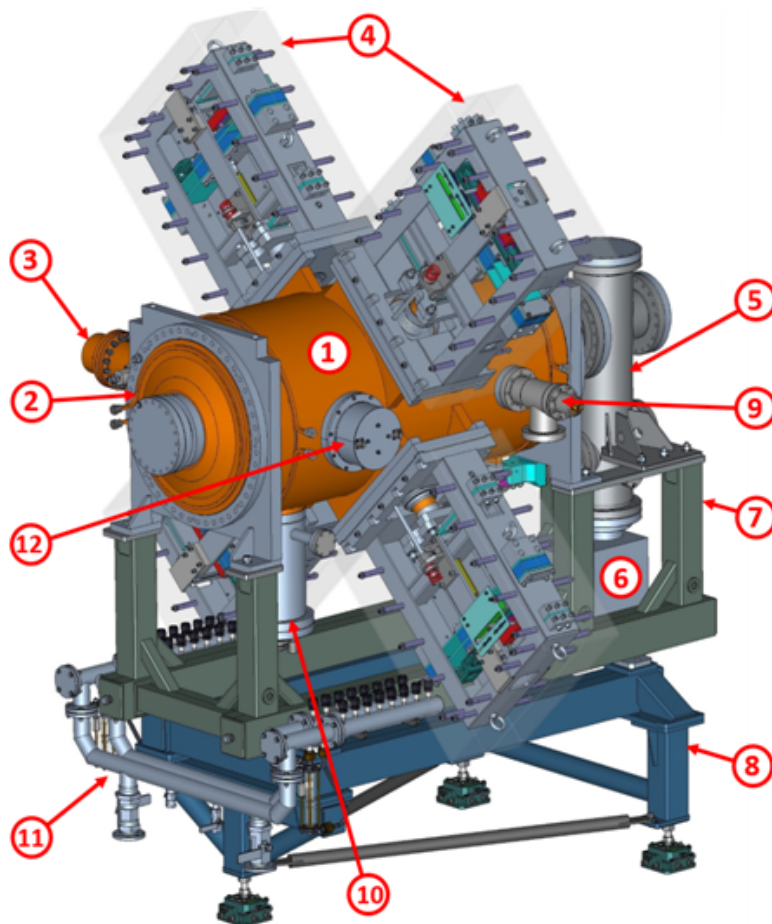


Рис. 12. 3D модель резонатора ВЧ2: 1 – обечайка, 2 – конические боковые стенки, 3 – ввод мощности, 4 – механизмы перемещения тюнеров, 5 – механизм замыкания ускоряющего зазора, 6 – комбинированный ионно-геттерный насос, 7 – нерегулируемая подставка, 8 – регулируемая подставка, 9 – угловой цельнометаллический вентиль DN63CF, 10 – сублимационный титановый насос, 11 – напорный и сливной коллекторы системы водяного охлаждения, 12 – измерительная петля резонатора.

Изготовлено и успешно испытано пять дипольных магнитов Коллайдера, изготовлено 20 ярм для его дипольных магнитов. Испытан предсерийный образец и начаты серийное производство и испытания структурных СП магнитов Коллайдера. К концу 2018 года работы по созданию магнитно-криостатной системы Коллайдера выполнены приблизительно на 45%.

Начато производство высоковакуумной пучковой камеры Коллайдера, изготовление элементов системы его стохастического охлаждения (ССО). Разработана технология и изготовлен прототип пикапа/кикера ССО на основе разрезных кольцевых структур со щелевой связью (рис. 13). Изготовлены 4 макета широкополосных усилителей ССО.

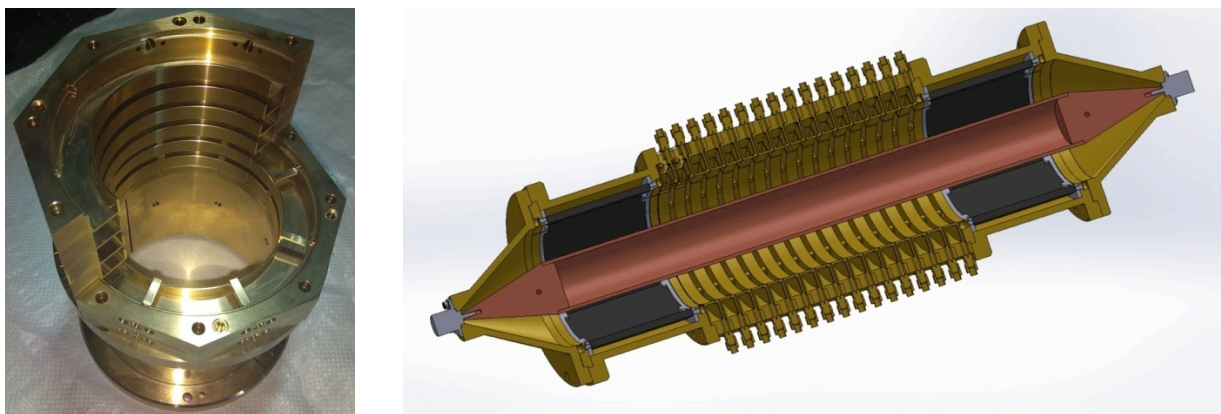


Рис. 13. Прототип пикапа/кикера ССО Коллайдера на основе разрезных кольцевых структур со щелевой связью (слева), сборка для радиотехнических испытаний (справа).

Завершено изготовление и сборка стенда для радиотехнических испытаний элементов ССО Коллайдера (рис. 14).



Рис. 14. Прототип пикапа/кикера ССО Коллайдера на испытательном стенде.

Проведены радиотехнические испытания прототипа пикапа/кикера и широкополосных усилителей ССО Коллайдера.

2.2. Экспериментальные установки

2.2.1. Multi Purpose Detector (MPD) – многоцелевой детектор

Установка MPD будет расположена в экспериментальном павильоне в первой точке столкновения пучков коллайдера. Основные детекторы установки будут размещены в большом соленоидальном сверхпроводящем магните. В базовую конфигурацию MPD входят: комплекс детекторов баррельной (цилиндрической) части установки, системы сбора данных, управления и контроля детекторов, объекты инженерной оснастки системы, тестовые и технологические зоны.

К настоящему времени выполнено больше 75% работ по созданию СП соленоида. Завершены работы по намотке кабеля и изготовлению всех трех модулей СП катушки, созданию криостата соленоида, полюсных корректирующих катушек и оборудования системы электропитания; ведется сборка холодной массы магнита (рис. 15).

Полностью изготовлены компоненты магнитопровода: 28 балок, 2 опорных кольца, 2 полюса; ложемент, две транспортные опоры полюсов, технологическое оборудование для сборки. Проведена контрольная сборка магнитопровода общим весом около 900 тонн с установкой порядка 700 штатных штифтов диаметром 33 мм в натяг (рис. 16).

Несимметричность положения опорных колец относительно общей оси магнитопровода составила 0 – 0,1 мм. Неперпендикулярность торцевых поверхностей магнитопровода составила 0,55 - 0,66 мм с отклонением на внешнюю сторону. Длина нижней части магнитопровода составила номинальное значение при точности измерения 0,5 мм. Нецилиндричность магнитопровода имеет нулевую величину при точности измерения 0,5 мм.

Проведены испытания магнитопровода на крутильную жесткость. Величина угла закручивания составила 0,00173 (3) радиан при упругих деформациях. После снятия внешнего возмущения магнитопровод принял первоначальный вид, остаточные деформации отсутствуют.

Магнитопровод разобран, восстановлено лакокрасочное покрытие на балках и кольцах, все компоненты подготовлены к отправке в ОИЯИ.



Рис. 15. Все три готовые модуля сверхпроводящей катушки соленоида (вверху слева, вверху в центре, вверху справа), криостат соленоида (внизу слева), оборудование для сборки соленоида (внизу в центре), оборудование системы электропитания в упаковке (внизу справа).

Изготовлен полный комплект подрельсовых плит. Установлены фундаментные плиты в прямке павильона МРД. Общая неплоскостность верхних поверхностей плит под перемещение детектора составила 0,4 мм на 19 м длины или 0,2 мм в зоне укладки рельс. Это в 5 - 10 раз точнее технологических требований.

Разработана и изготовлена система перемещения МРД. При разработке системы перемещения гидроцилиндры были заменены на электромеханические штоки. Данная замена удешевила конструкцию и позволила отказаться от дорогостоящей системы пожаротушения в случае применения гидравлики.



Рис. 16. Магнитопровод в сборе заводе в Витковице (Чехия).

Продолжаются работы по сборке основного трекового детектора установки – время-проекционной камеры ТРС. Конструкция ТРС показана на рис. 17.

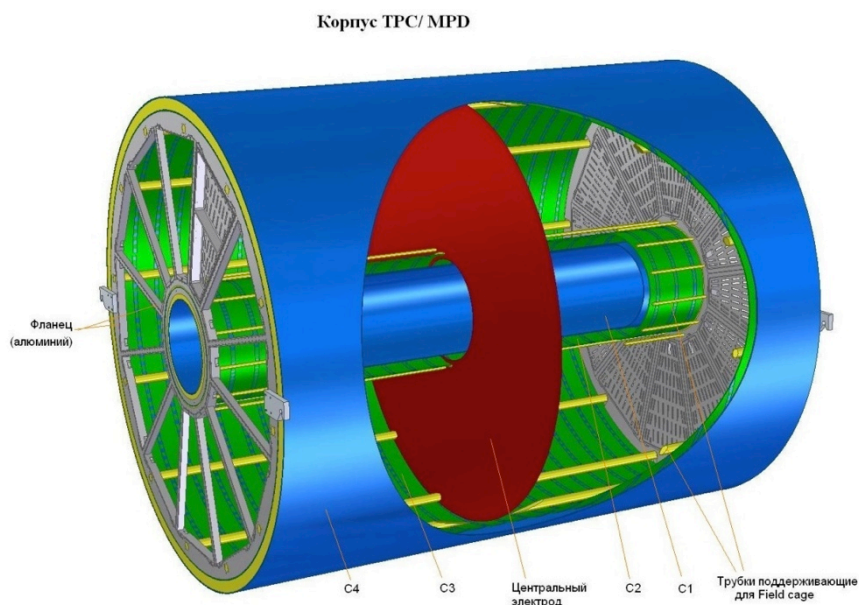


Рис. 17. Конструкция время-пролетной камеры (ТРС): центральный электрод в центре (красный) и считывающими камерами на торцах (по 12 с каждой стороны).

В 2018 году в рамках создания этой камеры были выполнены перечисленные далее работы.

1. Подготовлены чистая комната и оборудование для сборки ТРС в корпусе 217 ЛФВЭ.

2. Расширена инфраструктура для размещения газовых баллонов (рис.18, слева). Газовая система собрана совместно с ПИЯФ (г. Гатчина) в чистом помещении корпуса 217 ЛФВЭ (рис. 18, справа), и протестирована. Система находится на стадии ввода в эксплуатацию.



Рис.18. Площадка для газовых баллонов ТРС (слева) и газовая система в чистом помещении корпуса 217 ЛФВЭ (справа).

3. Изготовлены фланцы и высоковольтный HV электрод для ТРС (рис. 19).

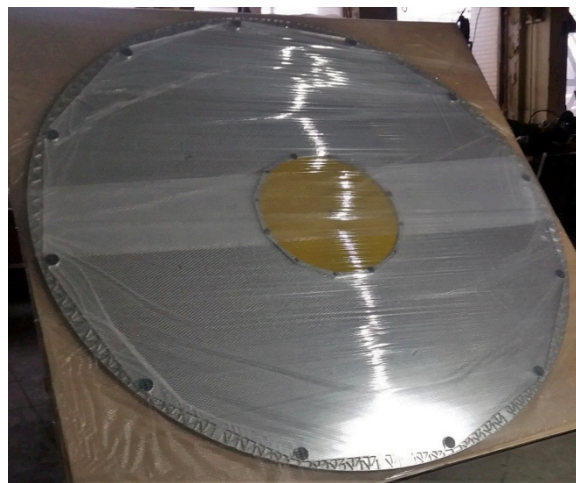


Рис. 19. Изготовленные фланцы (слева) и высоковольтный HV электрод для ТРС (справа).

4. Проверены геометрические параметры 26 алюминиевых корпуса ROC камер (рис. 19). Для 30 камер выполнена разводка высоковольтных кабелей внутри корпусов камер.

5. Протестированы считывающие электроды (pad-plane) для 6 камер.

6. Разработана, изготовлена и протестирована 64-канальная front-end карта FEC64SAM (рис. 20) на основе 32-канальной front-end карты FEC32SAM на базе ASIC SAMPA в рамках новой концепции электроники считывания (FEE).

Получены 10 карт FEC64SAM. Создан стенд для тестирования 512-канальной считывающей системы на основе карт FEC64SAM с высокоскоростным оптическим считыванием на основе протокола DDL link.

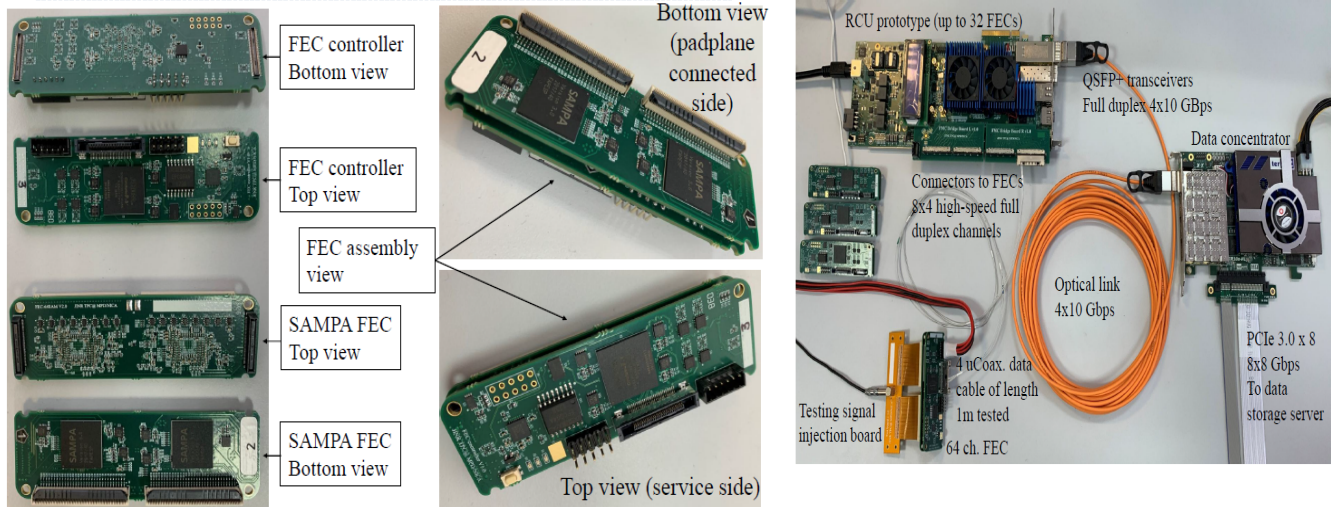


Рис. 20. *Front-end* электроника для TPC: 64-х канальная FEC64SAM (слева) и пилотная считывающая система для половины ROC камер (справа)

7. Получены программируемые микросхемы Arria 10 GX FPGA для 10 контроллерных плат (RCU). Заключено соглашение на поставку в июле 2019 года 4500 чипов ASIC SAMPA для FEC64SAM.
8. Разработана концепция интеграции FEE в TPC.
9. На основе FLUKA сделана оценка поглощённой дозы ионизирующего излучения для FEE. Ожидаемая доза составляет величину около $D=1$ кРад, поток заряженных частиц порядка $\Phi \sim 10^{11}$ частиц/см², нейтронов - $\Phi \sim 2 \cdot 10^{10}$ n/см², протонов - $\Phi \sim 5 \cdot 10^9$ p/см², ионов - $\Phi \sim 2 \cdot 10^6$ ions/см² за 10 лет эксплуатации установки MPD.
10. Продолжаются работы по изготовлению системы низковольтного питания электроники TPC. Изготовлен весь комплект (60 шт.) плат стабилизации напряжения питания. Ведутся работы по закупке тестового комплекта силового оборудования у фирм CAEN или Wiener.
11. Для системы лазерной калибровки TPC приобретены 2 ультрафиолетовых лазера мощностью по $P=110$ кJ и введены в эксплуатацию. Заказано изготовление 2-х устройств распределения лазерного луча по фланцам TPC.
12. Для системы термостабилизации TPC изготовлен прототип для отработки алгоритма управления системой и проверки ее элементов.
13. Изготовлено устройство “Манипулятор” для прецизионной установки считывающих камер во фланцы TPC. Устройство позволяет безопасно

устанавливать камеру в любой из 12 секторов на фланце. Точность манипулирования с камерой – доли мм. Платформа с устройством и операторами поднимается на высоту до 2,5 м. Изготовлена транспортная платформа для перевозки ТРС с места ее изготовления и тестирования в зал расположения установки МРД.

Завершена разработка Технического Проекта (ТП) время-пролетной системы (TOF), основанной на много-зазорных RPC камерах. Система должна измерять время пролета заряженной частицы от точки столкновения до ее детектирования системой с точностью не хуже 60 пс.

Модернизированы корпуса модулей TOF. Основные изменения в конструкции связаны с улучшением герметичности и адаптацией корпусов модулей к интеграции в МРД, то есть с установкой кареток для перемещения (рис. 21).

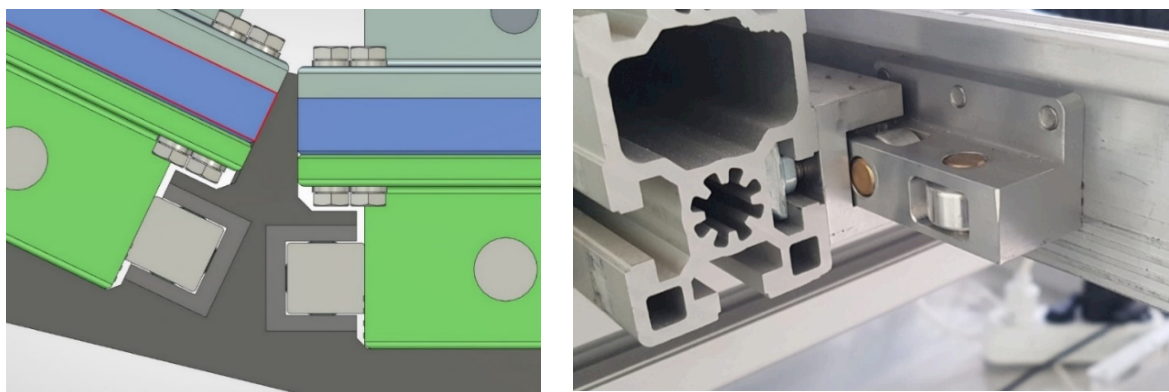


Рис. 21. Установка модуля TOF и тестирование кареток на реальном модуле

Каждый новый модуль проверяется на герметичность с помощью манометра Swagelok высокого разрешения на специально созданном технологическом участке (рис. 22). Максимально допустимая утечка при рабочем давлении составляет $0,5 \text{ см}^3 / \text{мин}$.

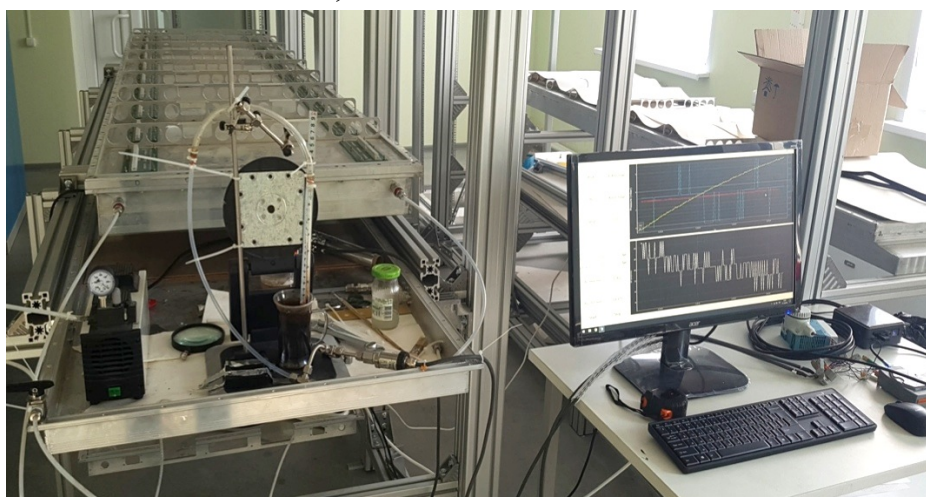


Рис. 22. Проверка газового объема модуля TOF с использованием избыточного давления с манометром высокого разрешения.

Группой из Варшавского технологического университета (Польша) в 2018 г. изготовлено большинство компонентов газовой системы с замкнутым контуром (рис. 23). Система укомплектована на 90%. Наиболее сложные узлы, такие как обратный насос, анализатор и система очистки, полностью завершены. Запуск системы в работу планируется в первой половине 2019 года.



Рис.23. Газовая система с замкнутым контуром для TOF во время сборки

В 2018 г. продолжена работа по созданию быстрого переднего детектора FFD, предназначенного для выработки стартового сигнала времяпролетной системы TOF и триггерного сигнала о произошедшем столкновении ускоренных ядер в месте столкновения пучков Коллайдера. Получены следующие основные результаты.

1. Разработана конструкция модульной сборки вокруг вакуумной трубы установки MPD и процедура инсталляции детектора в установку.

2. Доработана конструкция модулей и front-end электроники.

3. Создана высоковольтная система питания на базе крейта и модулей фирм Wiener и Iseg.

4. Разработан проект электроники FFD и триггера и начаты работы с прототипами.

5. Создан измерительный стенд для полномасштабного испытания модульных сборок FFD и всех его подсистем с космическими мюонами. Стенд включает в себя четыре сцинтилляционные плоскости триггера, электронику плоскостей и триггера, VME крейт с модулями TDC72VHL и компьютер для

считывания и записи событий, NIM крейты с CAEN оцифровщиками для системы контроля за работой FFD модулей и независимых измерений, система высоковольтного питания и крейты с электроникой FFD и триггера (в процессе создания).

6. Доработан проект лазерной системы калибровки и начаты испытания.

7. Создан проект кабельной системы, закупка планируется на 2019 г.

На рис. 24 показана конструкция модульной сборки FFD вокруг вакуумной пучковой трубы. На следующем рис. 25 показаны сборка плоскостей из пластиковых сцинтилляторов и SiPMs для триггирования космических мюонов и схема триггера стенда для испытаний FFD.

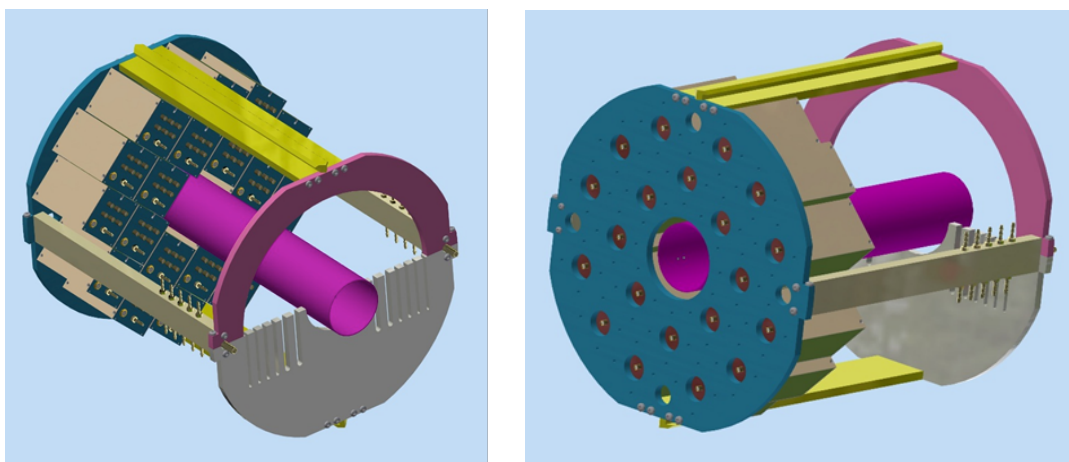


Рис. 24. Конструкция модульной сборки FFD.

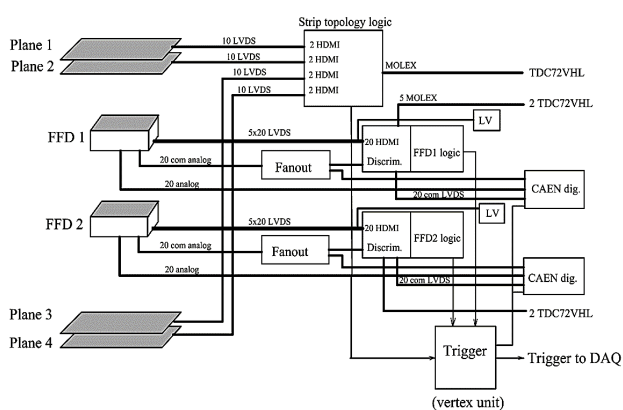


Рис. 25. Сборка плоскостей из пластиковых сцинтилляторов и SiPMs для триггирования космических мюонов и схема триггера стенда для испытаний FFD.

Продолжались работы по созданию передних адронных калориметров FNCal, предназначенных для измерения центральности столкновений тяжелых ионов. Измерения энергетических и пространственных распределений невзаимодействующих нуклонов налетающих ядер (спектаторов) в калориметрах позволяют определять центральность ядро-ядерных столкновений, плоскость реакции, а также выделять чувствительные к свойствам горячей области столкновений импульсов отдачи спектаторов. Два FNCal, по 44 модуля каждый, будут расположены в торцевых частях MPD. Модули калориметра представляют собой многослойные структуры с перемежающимися слоями поглотителя адронного ливня (сурьмяно-свинцовый сплав) и пластин органического сцинтиллятора, измеряющих энергию частиц в ливне. Разработка, создание и тестирование модулей ведутся в ИЯИ РАН. К настоящему времени около 80% модулей собраны и протестированы (рис. 26). Основное внимание уделяется тестированию изготовленных модулей калориметра с помощью космических мюонов. Оно имеет двойную задачу. Во-первых, позволяет контролировать качество собранных модулей калориметра. Во-вторых, позволяет разработать методику калибровки секций его модулей.

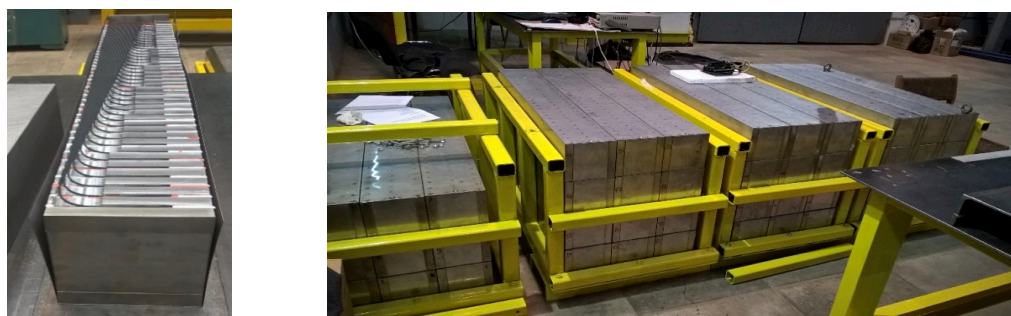


Рис. 26. Слева - фото модуля калориметра в процессе сборки.
Справа – фото группы собранных модулей адронного калориметра.

На рис. 27 представлены распределения усредненного светового выхода в продольных секциях модулей калориметра, измеренные с помощью космических мюонов. Как видно, световой выход в секциях модулей составляет около 45 фотоэлектронов, что позволяет надежно выделить сигнал от мюонов на фоне электронных шумов. Структура распределения на рис. 27 отражает ослабление света в переизлучающих волокнах. Чем больше номер секции, тем короче длина волокна и тем меньше ослабление света во время прохождения до фотодетекторов.

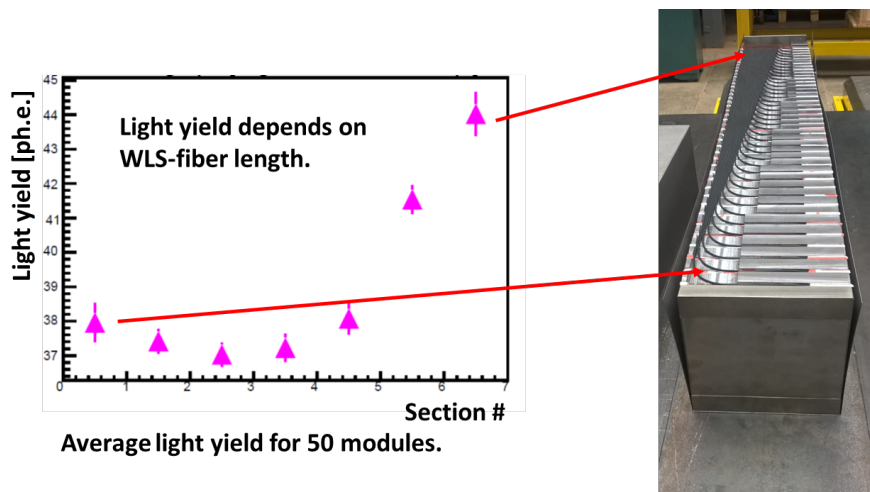


Рис. 27. Усредненный по 50 модулям калориметра световой выход в продольных секциях, измеренный с помощью космических мюонов. Структура распределения световых выходов отражает ослабление света в переизлучающих волокнах вдоль длины модуля.

Было также проведено исследование модулей на пучках протонов с энергиями от 1 ГэВ до 10 ГэВ которое подтвердило требуемое, практически полное поглощение адронного ливня в данном диапазоне энергий несмотря на компактные размеры FHCAL (4 ядерных длины).

Полученное разрешение при тестировании модулей калориметра $\sigma(E)/E = 56\% \frac{a}{\sqrt{E}}$ (рис. 28) удовлетворяет проектным требованиям.

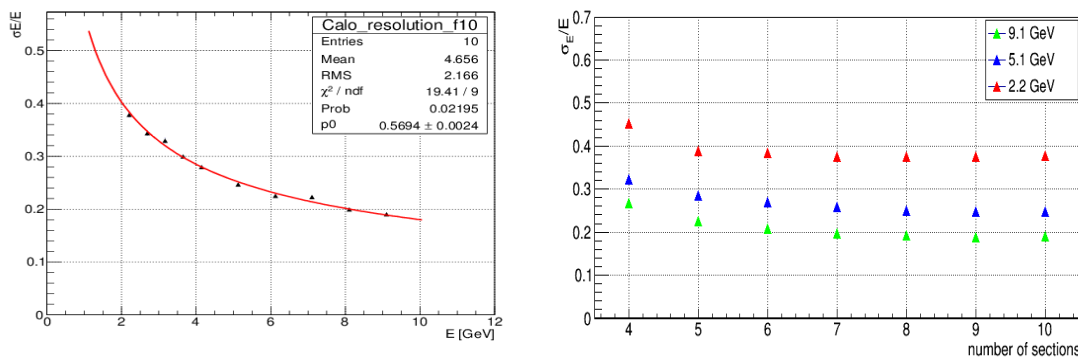


Рис. 28. Зависимость разрешения калориметра от энергии протонов – слева и от длины модулей калориметра (количества продольных секций) - справа.

Параллельно с изготовлением модулей калориметров разрабатывается схема съема сигналов и система управления параметрами калориметров. Изготовлены опытные образцы аналоговой электроники и системы контроля (рис. 29), которые включают в себя платы с фотодетекторами (кремниевыми фотоумножителями) и аналоговыми усилителями, формирователями, управляемыми блоками питания и системой мониторинга. В настоящее время ведется подготовка к производству необходимого количества электронных плат для всех модулей адронного калориметра. Комплексный подход в разработке

всех элементов детектора позволит легко интегрировать адронные калориметры в глобальные системы сбора данных эксперимента.

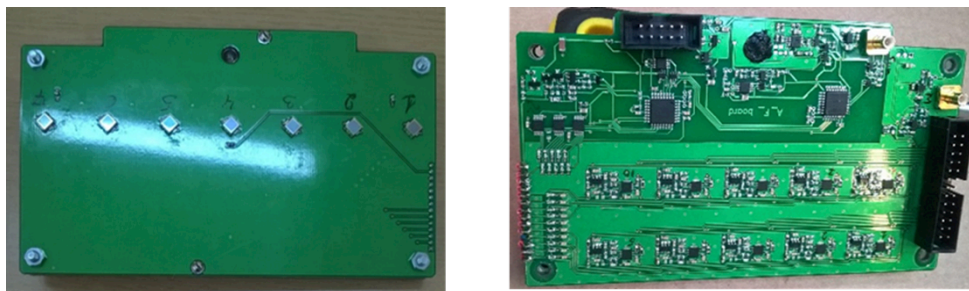


Рис. 29. Электронные платы с фотодетекторами (кремниевыми фотоумножителями), аналоговыми усилителями, формирователями, управляемыми блоками питания и системой мониторинга.

Продолжались работы по созданию электромагнитного калориметра ECal предназначенного для регистрации фотонов, электронов и позитронов. Разработана уникальная не имеющая аналогов конфигурация баррельной части. Для сбора данных используются WLS-фибры и кремниевые фотоумножители MAPD. Толщина модуля – около 35 см (около 14 радиационных длин), сегментация – $4 \times 4 \text{ см}^2$, разрешение – лучше 5% при энергии 1 ГэВ, временное разрешение порядка 500 пс. Для баррельной части ECal (диаметром 374 см и длиной 590 см) необходимо изготовить около 43 000 модулей.

Ниже перечислены основные работы по ECal, выполненные в 2018 году.

1. Налажено производство всех компонент электромагнитного калориметра, в т.ч. 10 млн. сцинтилляционных пластин, из которых на двух предприятиях уже произведено около 50% (рис. 30), 30 тыс. опорных пластин, из которых уже произведено 50% пластин всех номиналов; на двух предприятиях размещаются заказы на 10 млн. свинцовых пластин.

Планируется закончить производство всех элементов до конца 2019 г.

2. Организованы два участка сборки модулей калориметра (в ИФВЭ и на Тензоре). Производство начнется в 1-ом квартале 2019. Квота ОИЯИ - 25%, может быть произведена в 2019 г.

В Пекине организован участок по сборке модулей. Квота Китая - 75%.

3. Испытаны образцы модулей, произведенные в ОИЯИ, Пекине и ИФВЭ (рис. 31).

4. Продолжаются работы по проектированию силовой конструкции MPD (Хотьково, рис. 32).

5. Показана возможность выделения π^0 мезонов с использованием предложенных алгоритмов поиска кластеров. (рис. 33).

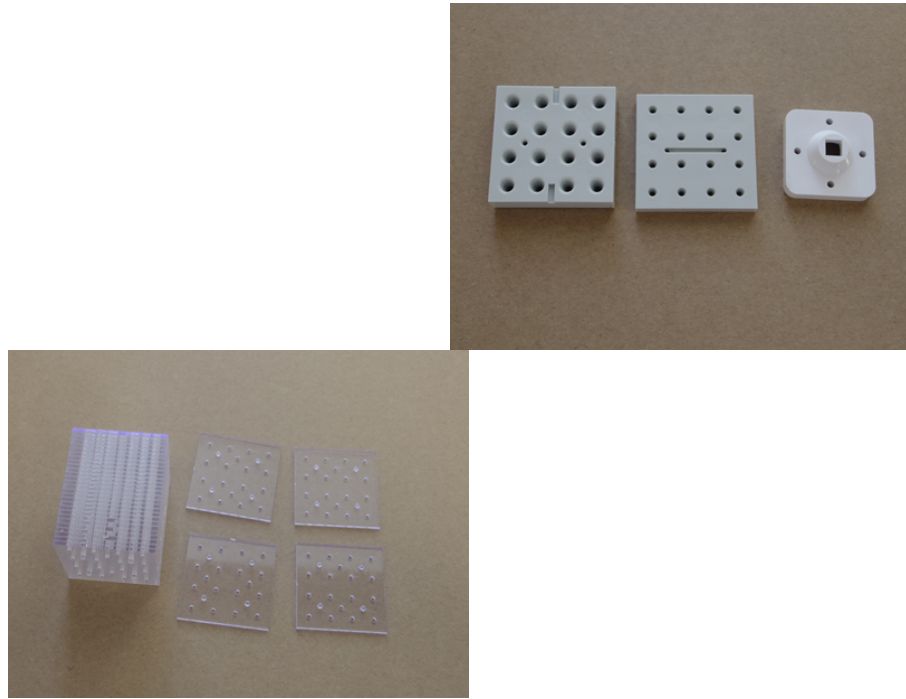
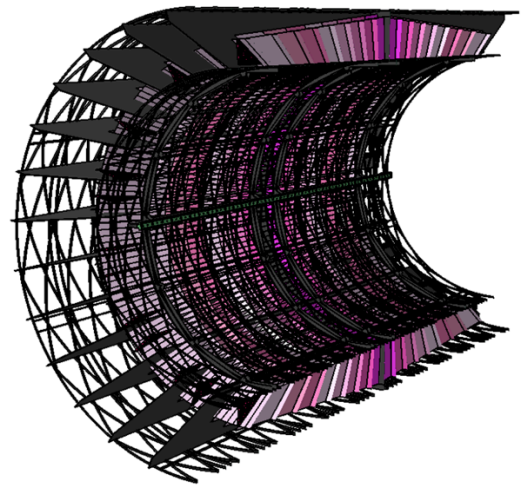
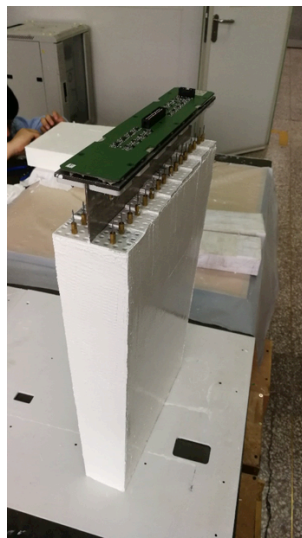
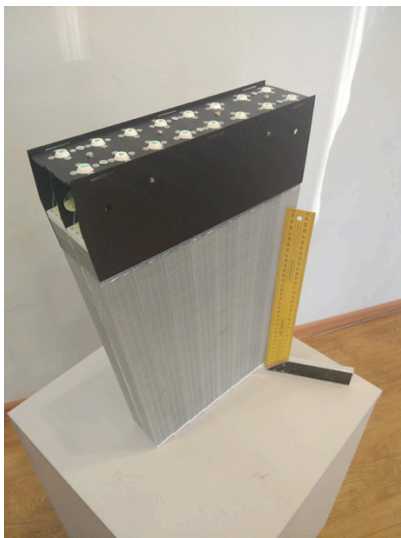


Рис. 30. Основные элементы калориметра: сцинтилляционные (слева) и опорные (справа) пластины.



изцы модулей, произведенные в (слева) и в ИФВЭ (справа)

Рис. 32.Силовая конструкция MPD

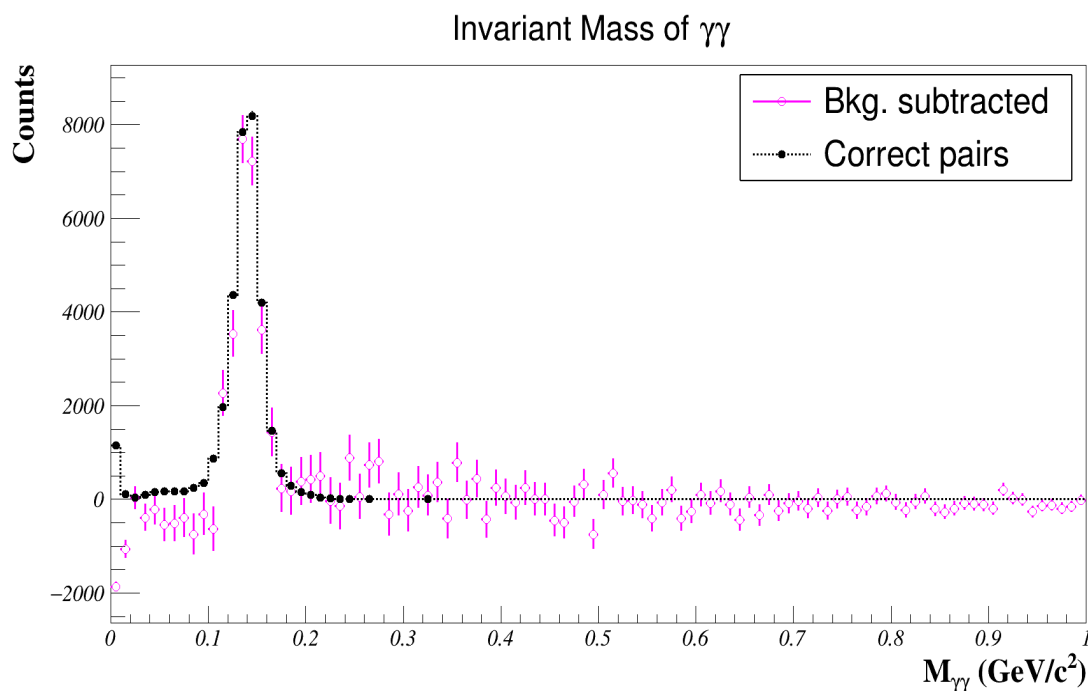


Рис. 33. Спектр инвариантных масс, показано выделение π^0 мезонов с использованием предложенных алгоритмов поиска кластеров.

Подготовлен проект многоэтапной интеграции соленоидального магнита и детекторов MPD в состав установки.

Создан ряд технологических помещений для разработки детекторов MPD. Кроме уже упомянутых выше технологических зон для сборки TPC (рис. 18) и TOF (рис. 22) созданы чистые комнаты и технологические участки для производства кремниевых микростриповых и микропиксельных детекторов для внутреннего трекера MPD - IT. При создании последних использованы средства ОИЯИ, РФ и Германии.

Подготовлен проект и идут работы по созданию участка сборки ECal – чистые помещения для сборки модулей калориметра в сектора и тестирование их на космических частицах.

Созданы мастерские для изготовления и ламинирования сверхлегких несущих опорных ферм вершинного кремниевого детектора. В настоящее время идет сдача этих участков.

В рамках проекта создания внутренней трековой системы MPD-ITS проведено эскизное проектирование позиционирования трекера в опции для ионопроводов MPD диаметра 38 мм (вариант «Оптимальный», см. рис. 34) и 64 мм (вариант «Проектный»). Предложен и согласован сценарий установки тонкостенного бериллиевого ионопровода и сопутствующих устройств в зоне TPC для изготовления всей необходимой оснастки для макетирования прописанных процедур в 2019 г.

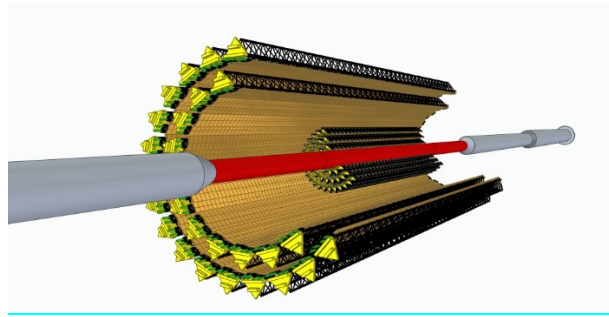


Рис. 34. 3D-изображения пятислойного трекера для MPD в варианте «Оптимальный»

В рамках создания Технического проекта MPD-ITS, для варианта трекера «Оптимальный», продолжают работы по компьютерной симуляции разрешающей способности трекера, используемого для идентификации случаев распада тяжелых гиперонов и мезонов с открытым очарованием. В качестве иллюстрации полученных предварительных результатов ниже (рис. 35 и 36) приводятся спектры инвариантной массы частиц от распада D^0 мезона, идентифицируемого стандартным методом «катов» для выделения сигнала на фоне большого комбинаторного фона, а также при использовании более современного TMVA-метода в приближении BDTD [А. Hoecker et.al. TMVA - Toolkit for Multivariate Data Analysis, arXiv:physics/0703039].

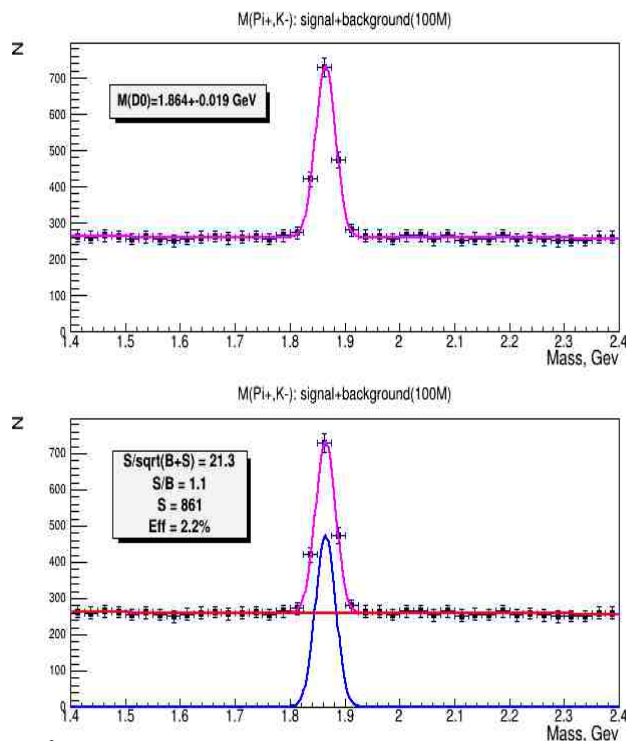


Рис. 35. Сигнал D^0 -мезонов в спектре по инвариантной массе, выделенный в 100M центральных Au+Au столкновений при энергии $\sqrt{s}\sqrt{s} = 9$ ГэВ при условии, что multiplicity (D^0) = 0,01 и $BR(D^0 \rightarrow K^- + \pi^+) = 3,9\%$.

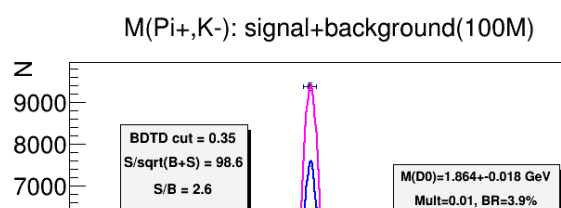


Рис. 36. Сигнал D^0 -мезонов в спектре по инвариантной массе, выделенный в 100 М центральных Au+Au столкновений при энергии $\sqrt{s} = 9$ ГэВ при условии, что $BDTD_response=0$.

Завершена разработка и запущено массовое производство электронных модулей синхронизации и считывания данных с детекторов TOF и FFD.

Расширена сетевая и вычислительная мощность компьютерного кластера DAQ MPD для функционирования создаваемых стендов испытаний детекторов установки.

2.2.2. Baryonic Matter at Nuclotron (BM@N) – барионная материя на Нуклотроне

Продолжалось плановое развитие установки BM@N с последовательным тестированием различных конфигурацией детекторов в ее составе на выведенных из Нуклотрона пучках ионов.

В рамках реализации научной программы проекта «Комплекс NICA» и в соответствии с намеченным контрольным сроком Соглашения в декабре 2017 года установка BM@N в стартовой конфигурации была полностью готова к началу первого эксперимента по этой программе.

Эксперимент был начат в марте 2018 году с пучками ионов аргона и криптона на различных мишенях (C, Al, Cu, Sn, Pb), а также с пучком ионов углерода на жидководородной мишени по программе изучения меж-нуклонных корреляций на малых расстояниях. Зарегистрировано 130 М взаимодействий в пучке аргона с энергией 3,2 ГэВ/н, 50 М взаимодействий в пучке ионов криптона с энергиями 2,4 и 3,0 ГэВ/н, а также 10 М взаимодействий в пучке углерода с энергией 3,14 ГэВ/н.

Иллюстрация реконструированных сигналов лямбда-гиперонов, зарегистрированных в эксперименте BM@N приведена на рис. 37. Во взаимодействиях пучка аргона с мишенями по данным с центральных трековых

детекторов и времяпролетной системы идентифицированы заряженные пионы, каоны, протоны и легкие ядерные фрагменты (${}^3\text{He}$, $d/{}^4\text{He}$, t), исследуются зависимости выхода данных частиц от кинематических переменных (рис. 38). По программе меж-нуклонных корреляций идентифицированы ядерные фрагменты в реакциях углерода на водороде (рис. 39).

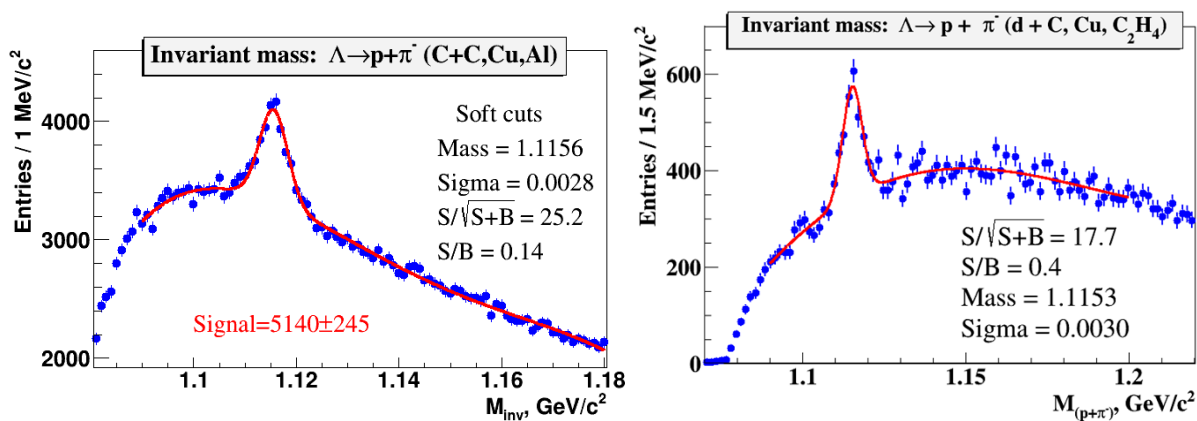


Рис. 37. Сигнал Λ -гиперона в спектре инвариантных масс (p, π^-) , реконструированный во взаимодействиях пучков углерода и дейтронов с мишенями.

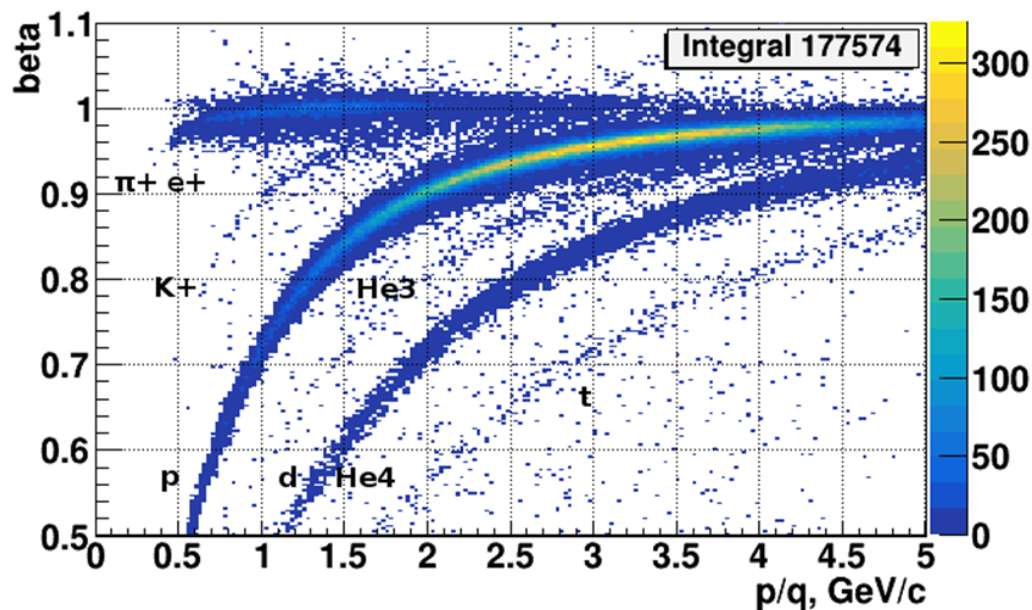


Рис. 38. Распределение скорости положительно заряженных частиц ($\beta=v/c$) в зависимости от импульса. Идентифицированы π^+ , K^+ , протоны и легкие ядерные фрагменты (He , d / He^4 , t) во взаимодействиях пучка аргона с мишенями.

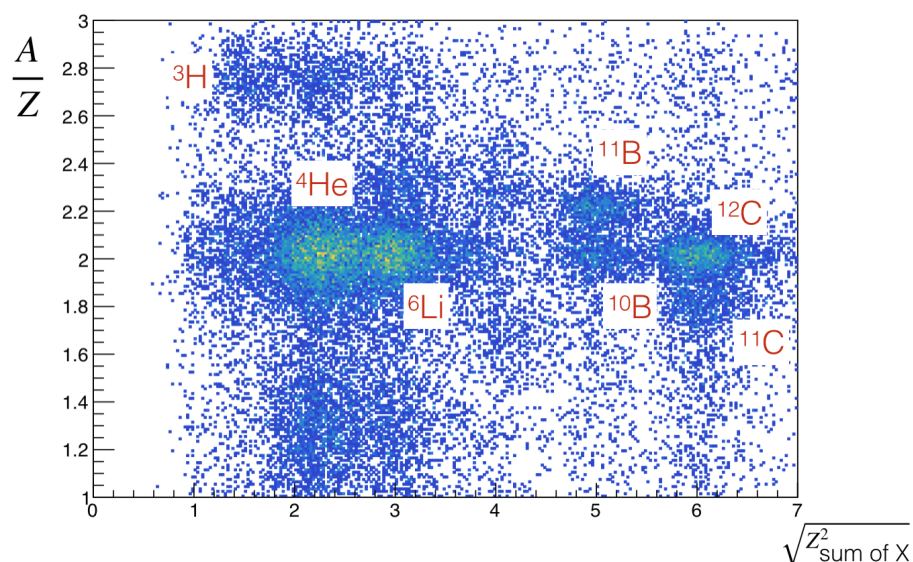


Рис. 39. Идентифицированные ядерные фрагменты в распределении заряда и отношения атомного номера к заряду. Экспериментальные данные по измерению корреляций нуклонов на малых расстояниях.

Конфигурация детекторов ВМ@N за спектрометрическим магнитом в сеансах облучения установки в 2018 г. показана на рис. 40. Расположение детекторов ВМ@N до спектрометрического магнита в сеансе по измерению межнуклонных корреляций иллюстрируется на рис. 41.

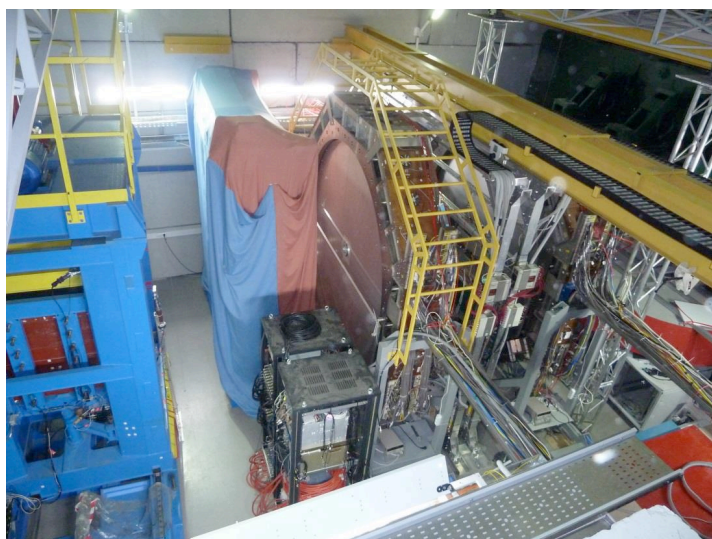


Рис. 40. Конфигурация детекторов ВМ@N за спектрометрическим магнитом в сеансах облучения установки в 2018 г.

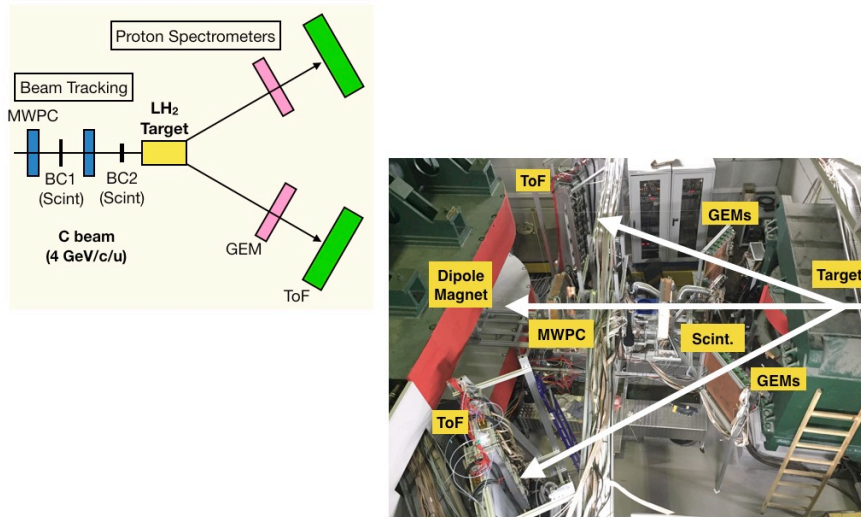


Рис. 41. Конфигурация детекторов *BM@N* перед спектрометрическим магнитом в сеансе по измерения меж-нуклонных корреляций.

В состав установки *BM@N* в 2018 г. введены новые детекторы и системы. В последних экспериментах 2018 г. установка включала 7 координатных детекторов GEM размером $163 \times 45 \text{ см}^2$ (половина площади от конечной конфигурации). Детекторы перекрывают апертуру установки выше пучка (рис. 42). Остальные 7 детекторов GEM размером $163 \times 39 \text{ см}^2$ в настоящее время изготавливаются в лаборатории ЦЕРН с активным участием инженеров ЛФВЭ (рис. 43).



Рис. 42. Координатные детекторы *GEM* внутри спектрометрического магнита установки *BM@N*.

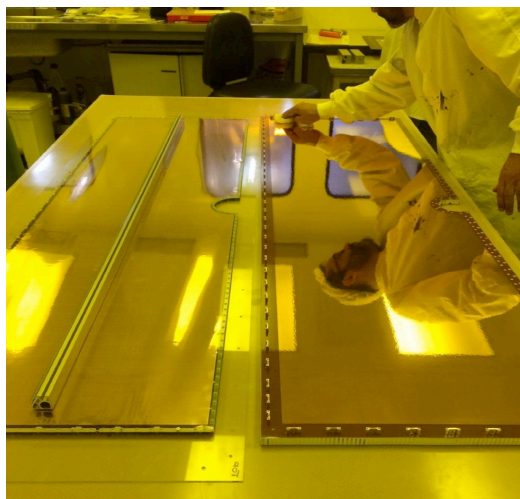


Рис. 43. Изготовление детектора GEM размером $163 \times 39 \text{ см}^2$ в ЦЕРН.

Разработаны и применялись в сеансе 2018 г. 3 передних кремниевых микростриповых координатных детектора, установленные перед детекторами GEM в спектрометрическом магните установки VM@N (рис. 44). Апертура передних кремниевых детекторов будет расширена для экспериментов с пучками тяжелых ионов.

Разработаны, изготовлены и применялись в сеансе 2018 г. время-пролетные детекторы ToF-400 и ToF-700 в полных конфигурациях, а также катодно-стриповая камера CSC в качестве внешнего трекового детектора (см. рис. 45). В сумме 6 координатных детекторов такого типа должны быть изготовлены для экспериментов VM@N в пучках тяжелых ионов, планируемых с 2020 г.





Рис. 44. Передние кремниевые микростриповые координатные детекторы в установке BM@N в сеансе 2018 г.

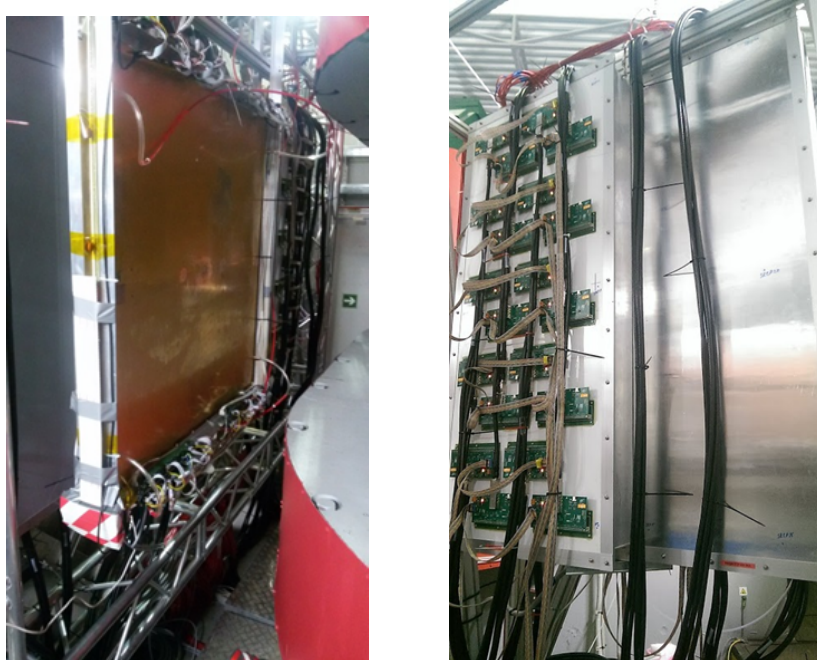


Рис. 45. Катодно-стриповая камера CSC и времяпролетные детекторы ToF-700 в сеансе установки BM@N в марте 2018 г.

В сеансе 2018 г. реализована полная конфигурация адронного калориметра ZDC, введены в эксплуатацию половина электромагнитного калориметра ECAL, полные конфигурации пучковых детекторов, триггера и системы приема данных для взаимодействий пучков легких и средних ядер. В эксперименте реализована базовая версия системы on-line мониторинга качества данных (50% конечной конфигурации, пока без трековой информации), система медленного контроля параметров установки.

Для реконструкции событий был развит пакет программ реконструкции, анализа и симуляции данных BMNROOT.

В рамках развития установки BM@N для экспериментов в пучках тяжелых ионов разработана конструкция вакуумной мишенной зоны (рис. 46),

ведется разработка изогнутой вакуумной пучковой трубы из углепластика внутри магнита установки BM@N.

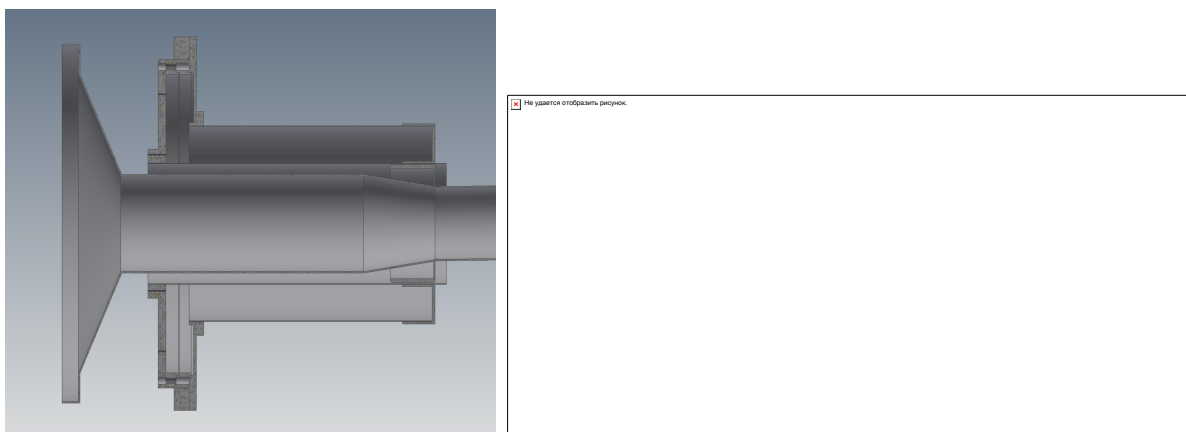


Рис. 46. Конструкция вакуумной мишенной зоны BM@N для экспериментов в пучках тяжелых ионов.

2.2.3. Spin Physics Detector (SPD) – детектор для изучения спиновой физики

Детектор SPD будет расположен в экспериментальном павильоне на второй (южной) точке встречи пучков коллайдера.

В 2018 году в рамках программы по спиновой физике на коллайдере NICA были организованы творческие группы и была продолжена разработка физической программы и предварительного дизайна экспериментальной установки. Также была продолжена работа по созданию международной коллаборации.

Временный комитет управляющих, утвержденный приказом по ОИЯИ № 927 от 28 декабря 2017 года, организовал работу по проекту, которая привела к подготовке проекта «Разработка концептуального и технического проектов для установки SPD на Коллайдере NICA». Проект основывается на физической программе, представленной в письме о намерениях 2014 года (arXiv.org:1408.3959), и развитых там концепциях детектора. Установку SPD планируется расположить на южной точке столкновения пучков Коллайдера NICA. Основные требования к детектору следующие:

- геометрия - близка к 4π для вторичных частиц;
- высокоточный ($\approx 50\mu\text{m}$) и быстрый вершинный детектор;
- высокоточная ($\approx 100\mu\text{m}$) и быстрая трековая система;
- точное измерение импульсов вторичных частиц;
- хорошая идентификация типов частиц (e^\pm , π^\pm , K^\pm , μ^\pm , p и т. д.);
- эффективная мюонная система;

- высокоточный и быстрый электромагнитный калориметр с низким порогом регистрации;
- небольшое количество вещества по треку частицы;
- триггерная система и система сбора данных, которые способны работать при светимости до $10^{32} \text{ см}^{-2}\text{сек}^{-1}$;
- модульность и легкий доступ к элементам детектора для усовершенствования и дальнейшей модернизации установки.

SPD - универсальный детектор (рис. 47), который может быть относительно легко изменен и/или модернизирован для измерений физических процессов, обсуждаемых в письме о намерениях и при подготовке технического проекта (ТП) установки.

Концептуально установка состоит из трех модулей: двух торцевых и баррельного. Каждый модуль имеет индивидуальную магнитную систему: торцевые - соленоидальные катушки, баррельный - тороидальную магнитную систему. Главные системы установки: высокоточный вершинный детектор (IT), центральный трекер (TR), электромагнитных калориметр (ECal), система для идентификации частиц (PID) и мюонная система (RS). Приблизительный вес установки – около 1800 тонн. Предложенная трехмодульная конструкция позволяет модернизировать и модифицировать каждую из основных подсистем детектора, а также выполнять измерения для различных конфигураций детекторов.

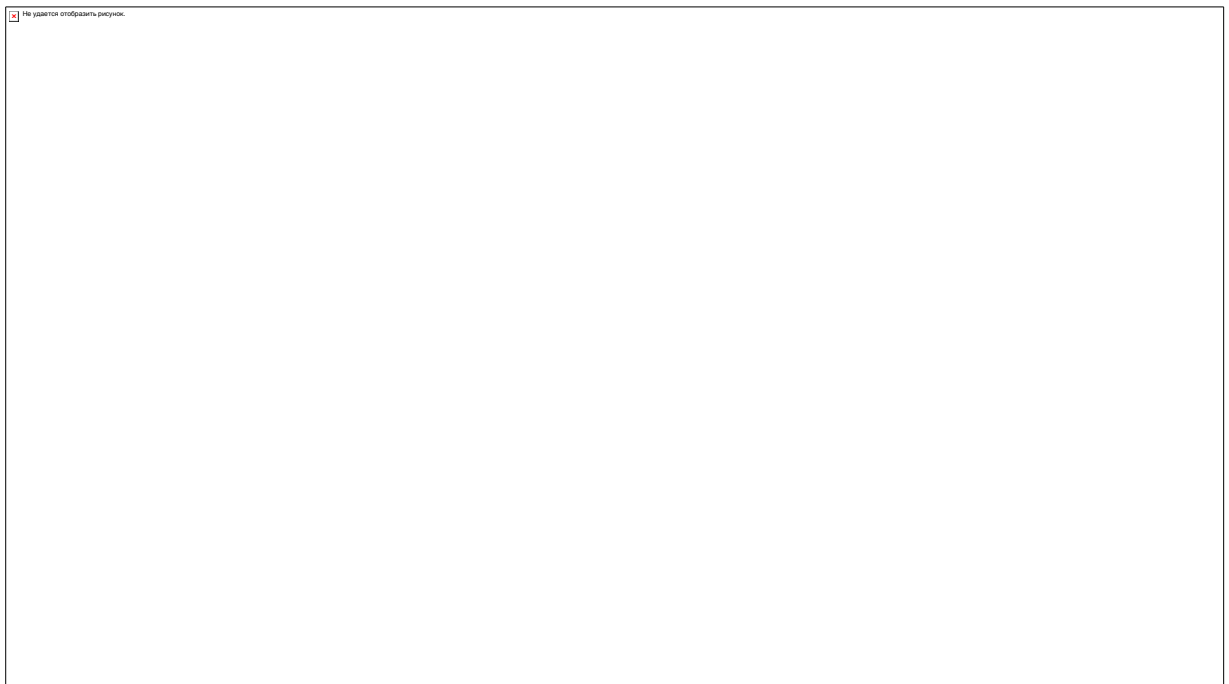


Рис. 47. Предварительный вид установки SPD и некоторые базовые ее размеры.

Проведено предварительное Монте-Карло моделирование основных процессов, для того чтобы оценить возможности такой системы для выполнения предусмотренных измерений и получены обнадеживающие результаты. Примеры приведены на рис. 48, рис. 49 и рис. 50.

На рис. 48 представлены модельные расчеты ожидаемых результатов измерения асимметрии Бора-Мулдерса в рождении Дрелл-Яновских пар при взаимодействии поляризованных протонов при энергии NICA, $\sqrt{s} = 20$ GeV. Данная асимметрия связана с распределением поперечно поляризованных кварков в нуклоне по их поперечному импульсу.

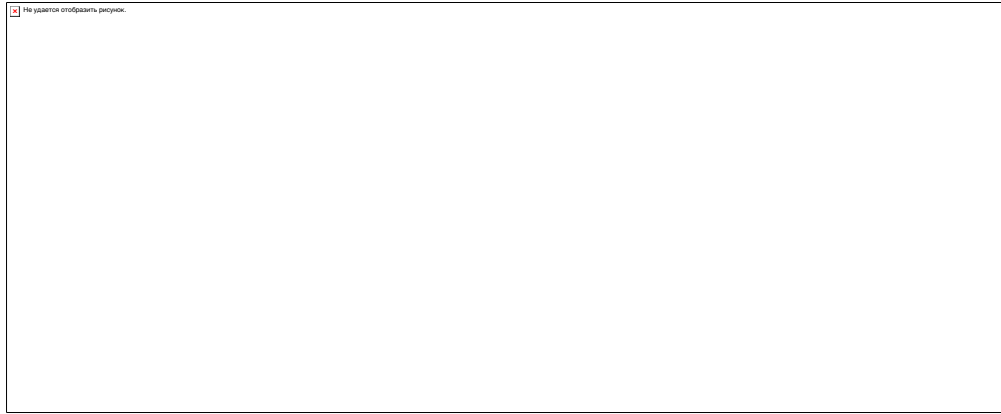


Рис. 48. Модельные расчеты результатов измерения на SPD асимметрии Бьора-Мулдера в рождении Дрелл-Яновских пар при взаимодействии поляризованных протонов при энергии NICA, $s = 400 \text{ GeV}^2$ в указанных интервалах фотонной виртуальности Q^2 . Кривая – результат теоретических расчетов.

На рис. 49 представлены модельные расчеты ожидаемых результатов измерения асимметрии).

Рис. 50 иллюстрирует ожидаемые неопределенности в измерениях азимутальной асимметрии рождения прямых фотонов на SPD при взаимодействии поперечно поляризованных протонов как функция Фейнмановской переменной x_F . Они сравниваются с результатами единственного пока измерения данной величины на эксперименте E704 в Фермилабе в гораздо более ограниченном кинематическом диапазоне и с теоретическими предсказаниями. Из данной асимметрии можно извлечь глюонную функцию распределения Сиверса, которая пока неизвестна.



Рис. 49. Модельные расчеты результатов измерения на SPD асимметрии Сиверса в рождении Дрелл-Яновских пар при взаимодействии поляризованных протонов при энергии NICA, $s = 400 \text{ GeV}^2$ в указанных интервалах фотонной виртуальности Q^2 . Кривая – результат теоретических расчетов.

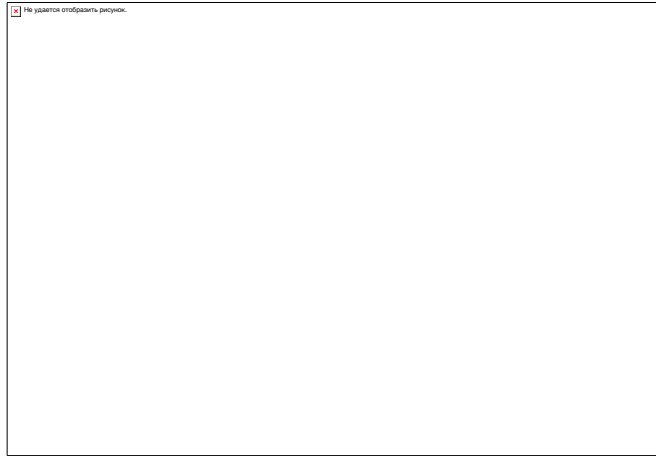


Рис. 50. Ожидаемые неопределенности в измерениях азимутальной Расимметрии рождения прямых фотонов на SPD при взаимодействии поляризованных протонов при энергии NICA как функция Фейнмановской переменной x_F . Показаны результаты единственного пока измерения данной величины в гораздо более ограниченном кинематическом диапазоне $-0,15 < x_F < 0,15$; $2,5 \text{ GeV}/c < p_T < 3,1 \text{ GeV}/c$ а также и теоретические предсказания.

Видно, что в предложенной концепции детектор SPD способен измерять ожидаемые асимметрии в рождении Дрелл-Яновских пар и прямых фотонов с неопределённостью лучше нескольких процентов. Это позволит внести существенный вклад в прояснение спиновой структуры нуклона, что является одной из основных задач программы изучения спиновых явлений на Коллайдере NICA.

Для подготовки ТП SPD на одном из каналов выведенных пучков Нуклотрона планируется проектирование и создание тестовой зоны для испытаний прототипов детекторов в пучках различных типов частиц при различных импульсах в интересующем энергетическом диапазоне.

В июле 2018 года организовано и проведено международное совещание «International Workshop on Spin Physics at NICA (SPIN-PRAHA-2018)» (г. Прага, Чехия, <http://spd.jinr.ru/spin-praha-2018>) с целью обсуждения текущего состояния дел по спиновой физике на Коллайдере NICA и вопросов создания международной коллаборации SPD. В работах по вышеуказанному проекту пока выразили заинтересованность группы физиков из 18 институтов и университетов. Подписан ряд протоколов о сотрудничестве, где в общем виде определяется вклад этих групп в проект.

Полномасштабное сооружение установки SPD и ее запуск планируется реализовать на следующем этапе выполнения проекта «Комплекс NICA» в 2022 - 2025 годах.

2.4. Строительная и инженерная инфраструктура

2.4.1. Здание коллайдерного комплекса

В 2015 году завершен проект (стадия «П») и начато строительство здания №17 коллайдерного комплекса. В качестве проектировщика была выбрана компания ОАО «КОМЕТА» (Россия), в качестве генподрядчика в результате проведения международного конкурса – австрийская компания ЗАО Штрабаг.

В 2018 году продолжалось строительство здания № 17. За отчетный период выполнено сооружение железобетонных конструкций в следующих объемах:

- полукольцо W – 362,1 м³ (выполнение 98% от полного объема);
- полукольцо E – 5894,6 м³ (выполнение 65% от полного объема);
- каналы транспортировки пучка – 670 м³;
- павильон MPD – 733 м³ (выполнение - 100%);
- павильон SPD – 530 м³ (выполнение 80%).

Продолжается монтаж металлоконструкций обстройки полукольца W, закончен монтаж металлоконструкций стен павильона MPD осуществляется монтаж верхней (кровельной) части. Всего смонтировано около 500 тонн металлоконструкций.

В части инженерных коммуникаций практически закончено устройство внутреннего дренажа (готовность 90%). Выполнено устройство функционального заземления павильонов MPD, SPD. Проложены сети наружной хозяйственно-бытовой и ливневой канализации.

В настоящее время проводятся работы по обустройству железобетонных конструкций полукольца E, а также каналов транспортировки пучка, продолжается монтаж металлоконструкций обстроек, осуществляется монтаж кровли на здании системы электронного охлаждения. Проводятся работы по устройству дренажа между корпусами № 17 и № 205. Проводятся строительные мероприятия по усилению кабельной эстакады.

Общий вид строительной площадки показан на рис. 51. Отдельные элементы строительной инфраструктуры показаны на фотографиях из ежемесячного отчета ЗАО Штрабаг о выполнении работ на рис. 52.



Рис. 51. *Общий вид строительной площадки (декабрь 2018 г.)*

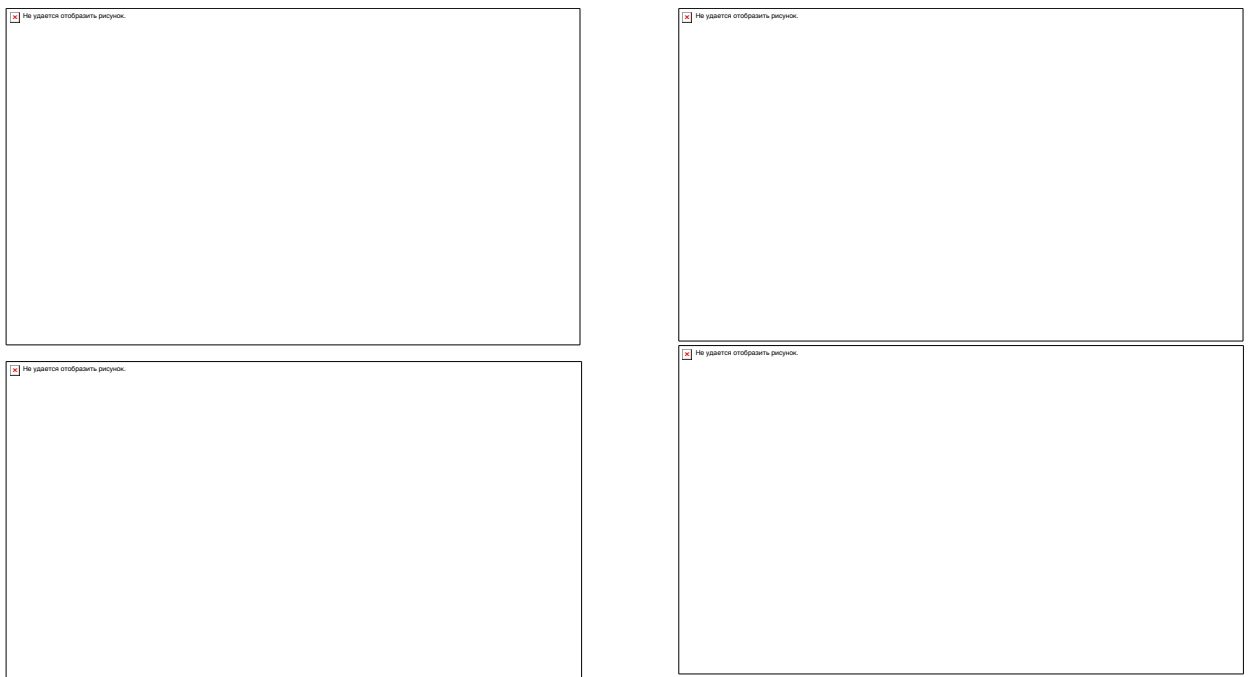


Рис. 52. *Текущая ситуация по отдельным элементам комплекса и видам работ.*

Темпы работ по строительству являются наиболее критичными для выполнения общего объема намеченных работ по базовой конфигурации проекта «Комплекс NICA».

2.4.2. Центр NICA

Продолжаются работы по проектированию многофункционального здания инновационных разработок «Центр NICA» (см. эскиз здания на рис. 53). Разработку проекта осуществляет проектный институт «АРЕНА». В рамках реализации проекта сформированы техническое и технологическое задания, произведены необходимые экологические, геодезические и геологические изыскания, согласованы архитектурный облик и внутренняя планировка здания. Приняты решения по выбору материалов и технологий для реализации внутренних и внешних инженерных систем. Осуществлена посадка здания на местности. В данный момент происходит проектирование и согласование наружных инженерных систем: хозяйственной и ливневой канализации, питьевого и пожарного водопровода, слаботочных кабельных трасс, силовых кабельных линий. В стадии согласования находятся вопросы систем внутреннего пожаротушения, системы контроля доступа, систем отопления, кондиционирования, вентиляции. В скором времени службам института будет представлена проектная документация стадия «П» с целью подачи документов в Главную государственную экспертизу.

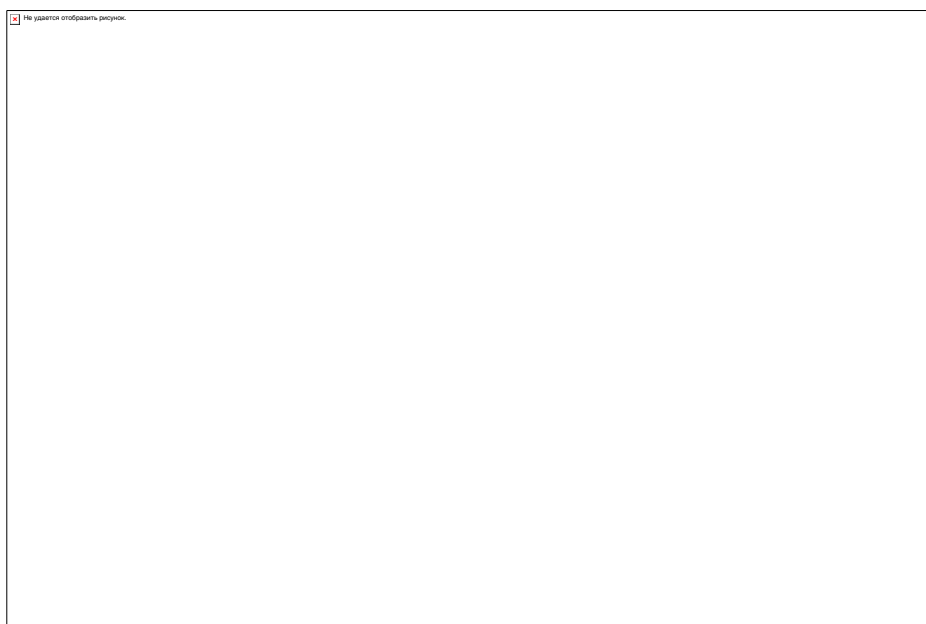


Рис. 53. Один из эскизов здания Центра NICA.

2.4.3. Другие основные здания комплекса

Корпус №1. Проведены работы по обустройству проема в бетонном перекрытии с целью монтажа оборудования по выводу пучка из Бустера в Нуклотрон. Начаты работы по замене светоотражающих витражных конструкций по периметру корпуса, произведен демонтаж пристройки корпуса

для возможности соединения корпуса №1 со строящимся корпусом №17, осуществлен ремонт и обустройство входных групп, офисных помещений, находится в процессе реконструкции инженерные сети корпуса, в результате тендерных процедур выбрана организация для производства проекта по реконструкции кровли. Ведутся работы по подготовке зон размещения оборудования системы электропитания систем Бустера в цокольном этаже и на ярме Синхрофазотрона.

Корпус №1А. Закончено обследование несущих конструкций и инженерных систем корпуса. В результате тендерных процедур выбрана компания ЗАО «Оргстройпроект» для разработки проекта реконструкции корпуса включая зал управления системами питания базовых установок ускорительного комплекса и пультовой МРД. Закончено проектирование и начат ремонт помещения распределительного щита РЩ 380/220В. Закончен ремонт офисных помещений и коридоров правого крыла корпуса с реконструкцией системы вентиляции.

Корпус №1Б. Заключен контракт с проектной организацией ООО «КСП-Монтаж» на производство проектной документации по реконструкции вентиляционной камеры корпуса. В процессе производства проектные работы по расстановке и компоновке промышленного оборудования и связующих систем. Спроектирован обновленный переливной стенд. Проведен ремонт, подготовлены помещения и начато размещение силового оборудования системы питания канала вывода пучка из Нуклотрона. Подготовлено помещение для размещения высоковольтной подстанции ПС-К 8 кВт.

Корпус №4. Закончено обследование несущих конструкций и инженерных систем корпуса. Ведутся работы по проектированию левого крыла с целью создания участка мойки тепловых экранов. Произведен ремонт кровли на данном участке с заменой кровельного пирога. Частично восстановлены фасады корпуса, оборудован фундамент под гибочный станок, Выполнен ремонт офисных помещений и слесарной мастерской, с заменой инженерных коммуникаций.

Корпус №14. Закончено проектирование здания. Ведется подготовка разрешительной документации, необходимой для начала реконструкции и проведения тендерной процедуры по выбору подрядной организации.

Корпус №32. На стадии завершения находятся работы по созданию экспресс участка ЦОЭП с установкой станков с ЧПУ и модернизацией кран-балки под нужды физико-технологического оборудования создаваемого комплекса НИСА. В рамках реконструкции проведены работы по замене

инженерных сетей, общестроительные работы по модернизации подкрановых путей и других необходимых технологических конструкций. Проведено обследование инженерных сетей и несущих конструкций офисной части здания, по результатам обследования выбрана компания для проектирования с целью перепланировки и ремонта технологических и офисных помещений. Начаты работы по замене светоотражающих конструкций, восстановлению фасадов, замене кровельного пирога, обустройство входных групп.

Корпус №42. Завершена модернизация цеха массового производства ТОФ в корпусе 42. Основные изменения: новая крыша, новая система вентиляции (рис. 54) с современной системой очистки воздуха (класс ISO 6), новые складские помещения и модернизированное устройство для технологического процесса покраски для нанесения проводящего слоя на стекло. Такое обновление позволяет создавать требуемые детекторы с более низкими темновыми токами и более высокой стабильностью работы.

Выполнена реконструкция кровли и ремонт внутренних помещений одноэтажной части. Проведено благоустройство вокруг корпуса. Силами компании ООО «Сфера» продолжаются работы по проектированию двухэтажной части корпуса включая большой зал для установки производственного оборудования. Заключен договор с компанией ООО «Грузоподъем» на изготовление кран – балки.

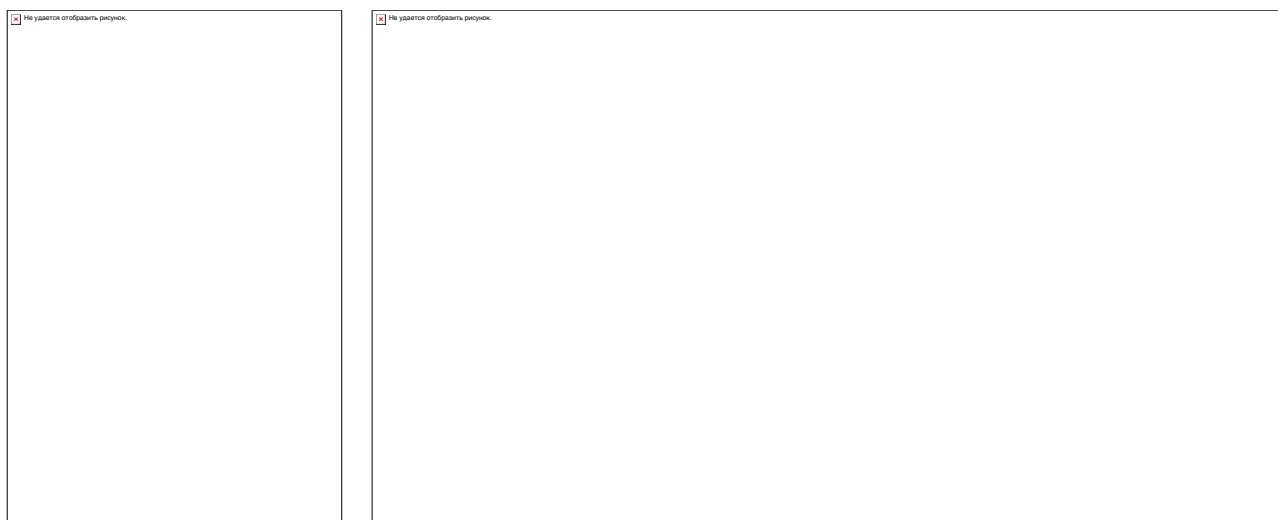


Рис. 54. Станция нагрева и очистки воздуха (слева) и диффузоры над столами в чистой комнате (справа).

Корпус № 203А. Проведено обследование инженерных систем и несущих конструкций здания, подготовлено техническое задание на проектирование комплекса подготовки деталей ускорителя к финишной сборке, состоящего из ультразвуковой мойки, вакуумной печи прогрева и помещения «чистой

комнаты». Проводятся согласовательные процедуры по выбору исполнителя проектных работ.

Корпус №205. Проводятся масштабные работы по обследованию и мониторингу несущих конструкций и инженерных систем корпуса, находящегося в непосредственной близости к строительной площадке. Организованы общестроительные работы по ремонту технологических и офисных помещений, а также кровельного пирога. Подготовлено техническое задание и в соответствии с ним выполняются проектные работы по компоновке силового оборудования - источников электропитания установок, расположенных в корпусе. Разработан технический проект подстанции №15 и питающих ее кабельных линий, который находится на согласовании в Ростехнадзоре. Ведутся работы по замене двух грузоподъемных лифтов силами компании ООО «Вертикаль».

Корпус №216. В 2018 году проведены работы по созданию помещения «чистая комната» № 114. Заменены витражные светоотражающие конструкции, произведены общестроительные работы по укреплению полов и созданию фундаментов под устанавливаемое оборудование, а также ремонту коридоров и офисных помещений на третьем этаже. Создан пост по изготовлению сверхпроводящих обмоток для магнитов, с устройством системы промышленной приточно-вытяжной вентиляции, заменой витражных светоотражающих конструкций. Проведены ремонтные работы по восстановлению кровли. Проводится мониторинг несущих конструкций здания с целью реконструкции входных групп и обустройства дополнительных навесов для защиты технологического оборудования.

2.4.4. Криогенный комплекс

В рамках запланированных работ по реализации проекта «Комплекс NICA» создается крупнейшая в России криогенная система для производства холода при температуре жидкого гелия (4,5 К), а также система для получения жидкого азота общей производительностью 2300 кг/час (см. схему на рис. 55).

Действующая часть криогенной системы, обеспечивающая работу Нуклотрона, включает две гелиевых установки КГУ-1600/4,5 суммарной холодопроизводительностью 4000 Вт при температуре 4,5К с компрессорной станцией, имеющей установленную мощность двигателей 4,4 МВт. В ходе модернизации этой системы для нужд проекта «Комплекс NICA» холодопроизводительность будет увеличена до 10000 Вт.

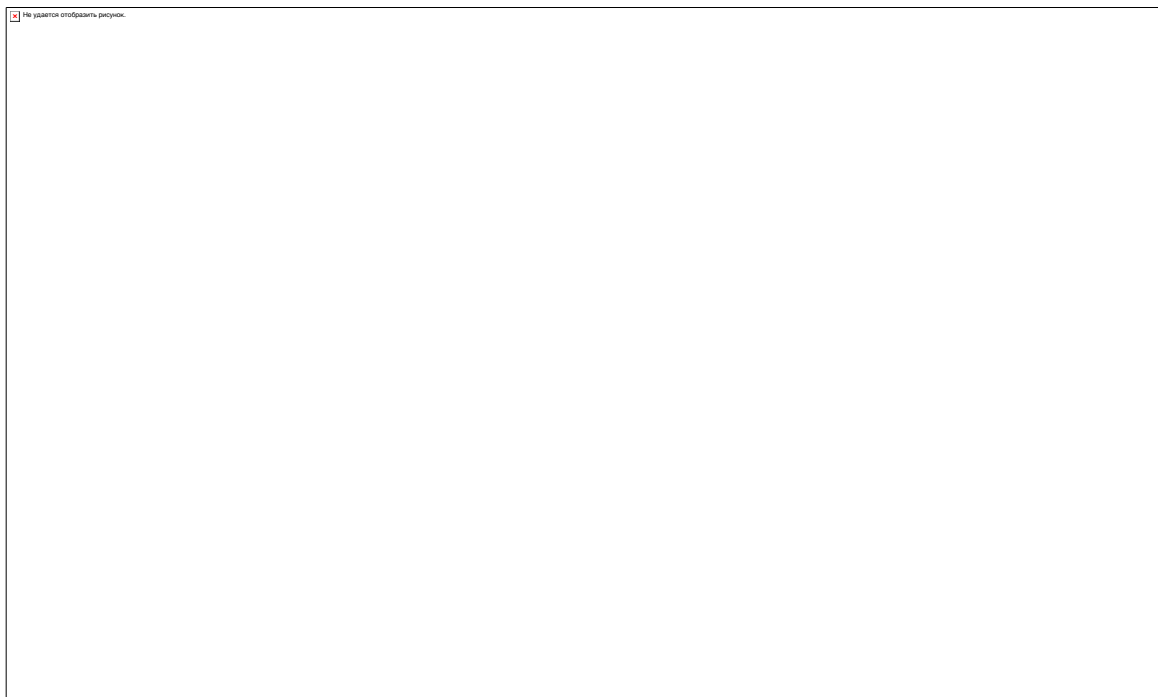


Рис. 55. Новые элементы криогенной системы. Зеленый цвет – доставлены на площадку ЛФВЭ или готовы к транспортировке на заводе изготовителе. Красный – готовность в 2019 г.

К концу 2018 года доставлено в ОИЯИ, или находится на ответственном хранении на заводе-изготовителе, следующее оборудование:

- гелиевый ожижитель производительностью 1000 л/ч;
- транспортный сосуд жидкого гелия емкостью 40м³;
- гелиевые винтовые компрессоры «Каскад-110/30» (2 шт.);
- азотные турбокомпрессоры «Samsung SM-5000» (2 шт.);
- азотный турбокомпрессор «Аэроком 179/18»;
- ожижитель азота ОА-1,3;
- реконденсаторы паров азота (2 шт.)
- емкости для хранения жидкого азота объемом 30 м³ (3 шт.);
- сателлитный рефрижератор для бустера производительностью 2000 Вт.

Изготовление двух сателлитных рефрижераторов для коллайдера планируется завершить в 2019 году.

По рекомендации экспертного комитета МАС проект криогенного комплекса будет дополнен двумя новыми элементами - газгольдерами постоянного объема – для гелиевой и азотной систем. Две такие емкости по 1000 м³ каждая будут изготовлены в 2019 году.

Ввод в эксплуатацию криогенного комплекса в полной конфигурации запланирован на середину 2020 года.

2.4.5. Инфраструктура энергообеспечивающих и энергосберегающих инженерных систем

Выполнен большой объем работ по энергообеспечению всех объектов создаваемой научно-исследовательской инфраструктуры. Рост потребности в электроэнергии привел к необходимости реконструкции главной понизительной подстанции ГПП-1 (110/6 кВ). В ходе реконструкции ее мощность возрастет до 40,8 МВт.

Необходимая мощность ГПП-1 будет обеспечена двумя новыми трансформаторами производства ООО «Сименс Трансформерс», г. Воронеж. В 2018 г. это оборудование произведено и находится на ответственном хранении на предприятии-изготовителе. Проектные работы (стадия «П») по реконструкции ГПП-1 провела организация ООО «Элпром». Проектная документация прошла приемку и согласование в ОИЯИ, а также экспертизу специализированной организации. Реконструкцию ГПП-1 предполагается начать в 2019 году после завершения рабочей документации.

По состоянию на конец 2018 года после получения актов Ростехнадзора введены в эксплуатацию несколько 6 кВ электроподстанций (рис. 53):

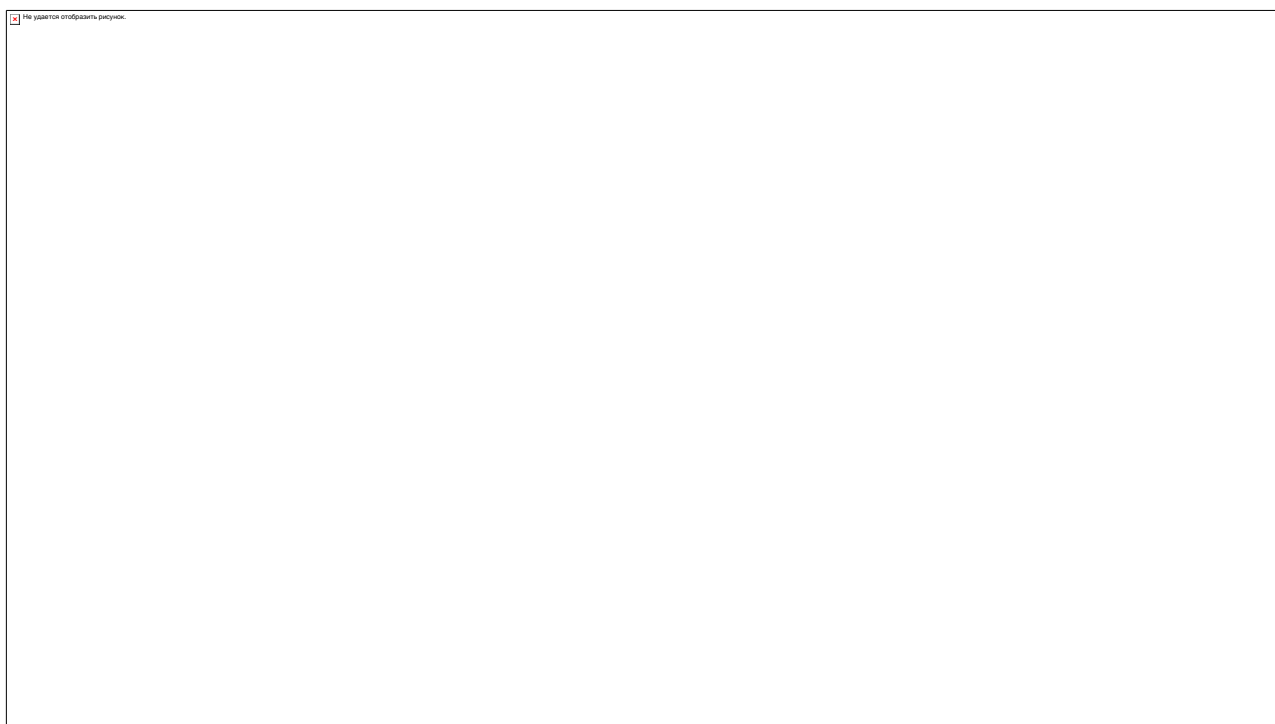


Рис. 53. Реконструированные и принятые в эксплуатацию 6 кВ электроподстанции №№42,11,13 и подлежащие реконструкции - №№ 11, 12, 15 и К.

- п/ст №42, обеспечивающая электроснабжение технологического участка сборки, испытаний и сертификации сверхпроводящих магнитов для ускорителей комплексов NICA и FAIR;

- п/ст №13, обеспечивающая электроснабжение источников питания Нуклотрона, а также являющаяся одним из двух центров электроснабжения здания 17 (NICA);

- п/ст №11, обеспечивающая электроснабжение Нуклотрона и Бустера.

Полностью закончено обновление системы оперативного тока Лаборатории.

Ведутся монтажные работы по п/ст К (рис. 53), предназначенной для питания канала вывода пучка из Нуклотрона и обеспечивающей электроснабжение корпуса №1Б. Запуск в эксплуатацию планируется в 2019 году.

Для остальных подлежащих реконструкции основных 6 кВ электроподстанций подстанций (рис. 53) проведены проектные работы. Основной проектировщик - ООО "ЭПП-Т".

Выпущена проектная документация по стадиям «П» и «Р» и подготовлена сметная часть по электроподстанции №21 мощностью 14 Мвт, предназначенной для обеспечения электропитанием новой компрессорной станции и ускорительного комплекса.

Подготовлена проектная документация стадии «П» по электроподстанции №15 мощностью 8 Мвт для электроснабжения каналов корпуса 205 и здания 17 Коллайдера. Рабочая документация планируется к выпуску в марте 2019 г.

Заключен договор на проектные работы по реконструкции электроподстанции №12, запуск в эксплуатацию которой планируется в конце 2019 года. Подстанция будет обеспечивать электропитание Нуклотрона, ЛУ-20, НПЛАС и системы электронного охлаждения Бустера.

Компанией ООО «Прософт-Системы» разработан и находится в процессе согласования проект создания единого диспетчерского пункта системы сбора телеинформации и управления оборудованием электроснабжения подстанций 6 110кВ ЛФВЭ ОИЯИ. Данная система позволит контролировать и управлять подстанциями ускорительного комплекса и его инфраструктуры. Подобная система (рис. 54), успешно реализована при запуске в эксплуатацию подстанции №13.

В связи со строительством новых зданий и сооружений, а также выработкой эксплуатационного ресурса имеющихся наружных сетей в Лаборатории подготовлены и реализуются проекты по их реконструкции.

Полностью завершены работы по водоснабжению и сети канализации Коллайдера. Проведена модернизация канализационной насосной станции КНС №15 (рис. 54), для принятия дополнительных объемов от зданий Коллайдера и Центра НИСА.

По состоянию на конец 2018 года выполнена замена водоводов в объеме 75%, теплосетей в объеме 90%, канализационных сетей в объеме 10%. В итоге всего уложено более 12 км новых трасс. Окончание модернизации тепловых и водяных сетей планируется в 2019 г., канализационных сетей - в 2021 г.

Планируется ряд других работ, важнейшие из которых:

- монтаж сети теплоснабжения Коллайдера и резервного ввода на площадку ЛФВЭ, реализация – 2019 г., заключен договор;
- реконструкция внешнего теплоснабжения ЛФВЭ, реализация - 2019-20 гг., подготовлены документы для начала конкурса по выбору подрядчика;

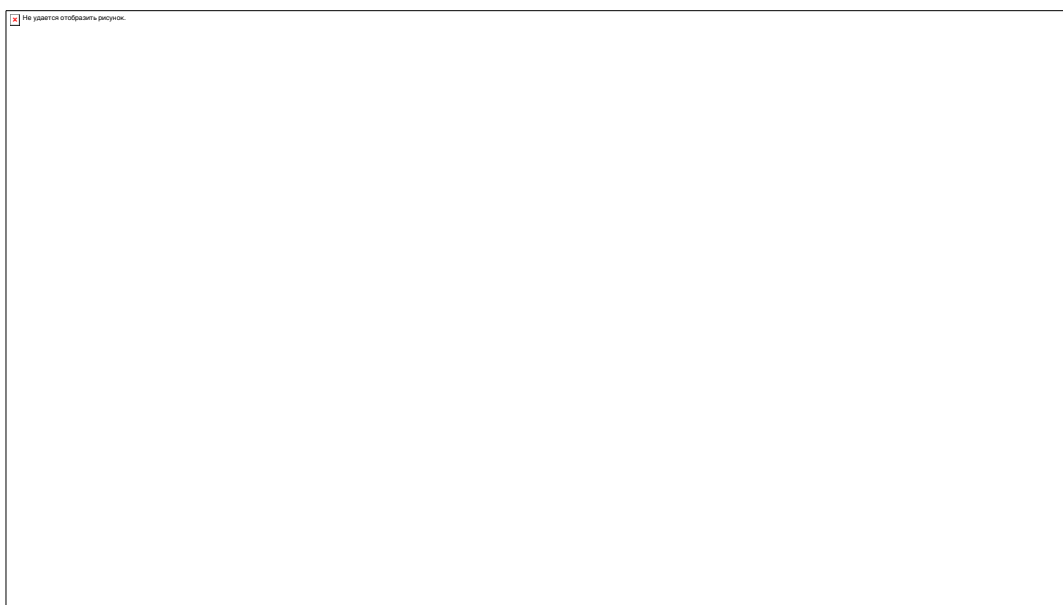


Рис. 54. Канализационная насосная станции КНС №15

- система теплоснабжения Центра НИСА, реализация - 2019-2020 гг., проект проходит согласование;
- система внешнего водоснабжения и сети канализации ЛФВЭ для обеспечения корпуса Центр НИСА, реализация – 2019 - 2020 гг., идет подготовка к заключению договора на проектирование.

2.5. Инновационный блок

2.5.1. Каналы и зоны для проведения инновационных и прикладных исследований

Подготовлено задание на проектирование новых каналов и зон для проведения инновационных и прикладных исследований в трех направлениях.

Первое направление включает в себя проведение исследований и испытаний перспективных изделий полупроводниковой микро- и наноэлектроники, твердотельной СВЧ-электроники и микромеханических систем на радиационную стойкость при воздействии тяжелых заряженных частиц. С этой целью в измерительном павильоне первого корпуса ЛФВЭ создается Станция Облучения Длиннопробежными Ионами - Техническая (СОДИТ, рис. 55), предназначенная для испытаний изделий электронной компонентной базы и модулей радиоэлектронной аппаратуры на стойкость воздействию тяжелых заряженных частиц космического пространства к одиночным радиационным эффектам. Также в первом корпусе ЛФВЭ на выходе из линейного ускорителя НИЛАС создается Станция Облучения Короткопробежными Ионами- Техническая (СОКИТ) и дополнительная секция канала транспортировки НИЛАС-Бустер к ней (см. рис. 56). Эта станция предназначена для тестирования микросхем при облучении ионов с энергией 3,2 МэВ/н при декапсуляции их корпусов.

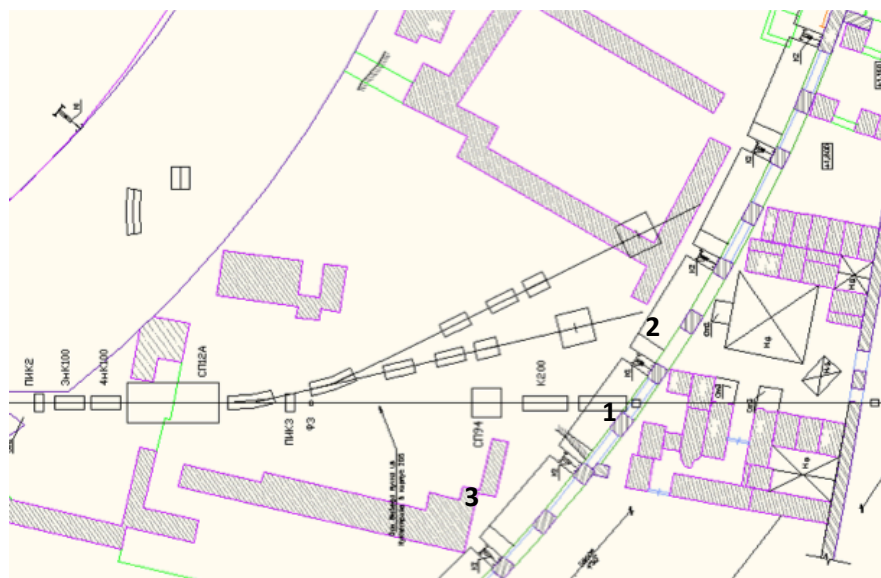


Рис. 55. Схема расположения экспериментальных установок и каналов транспортировки пучков к ним (слева): 1 - пучковый канал и установка для медико-биологических исследований; 2 - пучковый канал и установка для космических приложений; 3 - пучковый канал в корпус №205 и установка для проведения исследований в области энергетики и энергосбережения.



Рис. 56. Строящийся канал транспортировки пучка из NPLAc в Бустер, где будет установлена СОКИТ - станция тестирования микросхем при декапсуляции их корпуса и секция транспортировки пучка к ней.

Второе направление связано с исследованиями в области космической радиобиологии и моделированием воздействия тяжелых заряженных частиц Галактического космического излучения на биологические объекты, в том числе на когнитивные функции мозга и нарушения функций центральной нервной системы при длительных межпланетных космических полетах. Планируемые эксперименты также имеют целью изучение воздействия тяжелых заряженных высоких энергий (сотни МэВ/н) на биологические объекты на клеточном уровне, приводящие к генным и структурным мутациям. С этой целью в измерительном павильоне создается Станция Облучения Длиннопробежными Ионами - Биологическая (СОДИБ).

Третье направление ориентировано на прикладные исследования в области релятивистской ядерной энергетике и утилизации ядерных отходов. Прежде всего эти исследования направлены на получение ядерно-физических данных при взаимодействии релятивистских пучков протонов, дейтронов и легких ионов с энергией 1- 4,5 ГэВ/н для моделирования и проектирования активных субкритических урановых сборок и мишеней, для пред промышленных прототипов установок по утилизации радиоактивных отходов. Для исследований в области релятивистской ядерной энергетике в 205-ом корпусе создается специализированная станция (см. схему на рис. 57).

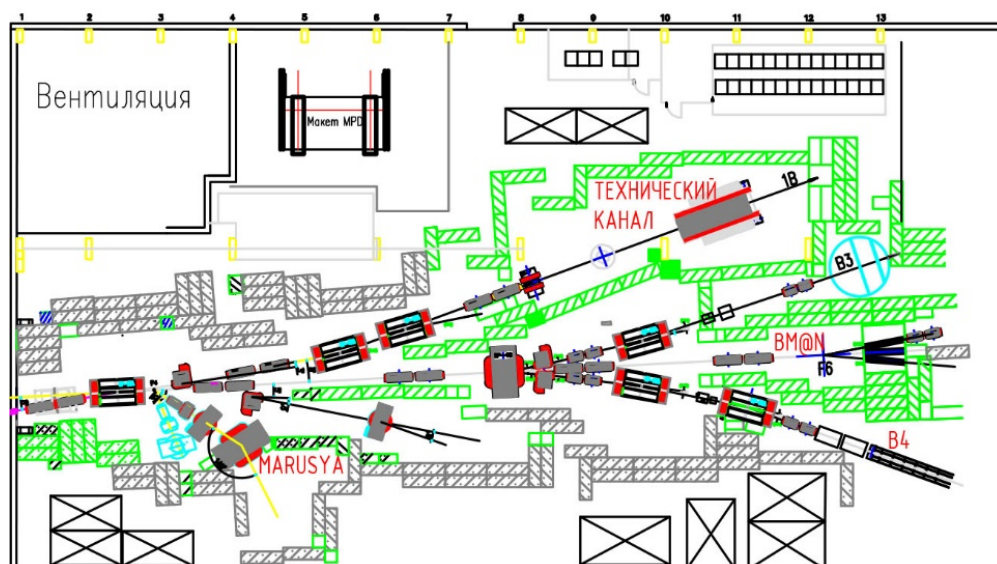


Рис. 57. Схема технического канала для станции релятивистской ядерной энергетики.

Для транспортировки высокоэнергетичных ионных пучков из Нуклотрона к трем перечисленным выше станциям, две из которых расположены в Измерительном павильоне корпуса №1, а одна в 205-ом корпусе, разработано два новых специализированных канала (рис. 55, каналы 1-2) и модернизирован канал транспортировки в 205-ый корпус (рис. 55, канал-3 и рис. 58) на основе существующего канала транспортировки из Нуклотрона в 205-ый корпус. Существующий технический канал транспортировки из Нуклотрона в 205-ый корпус будет существенно модернизирован. Будет обеспечена транспортировка пучка в условиях форвакуума на всей длине от Нуклотрона до указанных станций. Будут заменены системы диагностики пучков в существующем канале транспортировки в 205-ый корпус.

Подготовка технического проекта и изготовление оборудования для всех прикладных каналов и станций запланировано на 2019 - 2020 год. Монтаж оборудования и пуско-наладочные работы планируются провести в 2021 году.

2.6. Компьютерно-информационный блок

2.6.1. Информационно-вычислительный комплекс

Распределенный информационно-вычислительный комплекс проекта «Комплекс NICA» в его базовой конфигурации должен обеспечить обработку и хранение до 10 петабайт данных в год. Комплекс состоит из территориально распределенных on-line и трех off-line кластеров, связанных между собой высокоскоростной компьютерной сетью с пропускной способностью 4 x 100 Гб/с.

Оборудование центрального телекоммуникационного узла - ядро системы коммутации и маршрутизации on-line и off-line кластеров, реализуется на четырех многофункциональных коммутаторах семейства Cisco Nexus 9504 с подключением по full-mesh топологии для получения максимальной надежности и производительности. На рис. 58 представлена реализованная схема вычислительной сети распределенного много-площадочного кластера комплекса NICA.

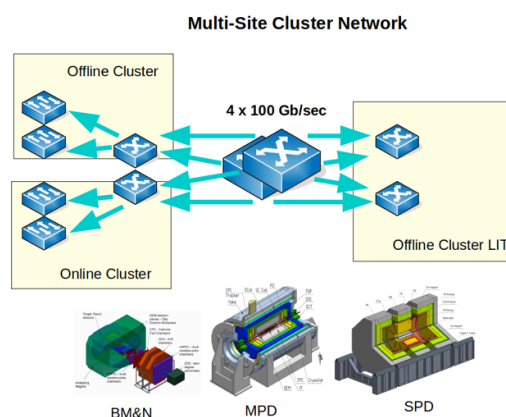


Рис. 58. Схема многоплощадочной кластерной сети.

В 2018 году модернизирован прототип on-line кластера (рис. 59). Основными функциями являются: получение данных, поступивших от систем сбора данных физических установок комплекса NICA общим объемом до 500 ТВ/24 часа в 2020-2021 годах, а начиная с 2022 года - до 1000 ТВ/24 часа; сортировка и упаковка "сырых" данных; экспресс-обработка данных (не более 5 -10% от общего объема); временное хранение "упакованных" данных (не более 24 часов); передача данных для дальнейшего хранения и обработки на off-line кластеры с объемом данных от 500 ТБайт до 1000 ТБайт в сутки и скоростью передачи данных 4 x 100 Гб/с. К вспомогательным функциям кластера относятся получение и отображение данных мониторинга и диагностики физических установок, поддержка служебных сервисов (DHCP, DNS и др.).

Off-line компьютерный кластер комплекса NICA, как и все крупные центры обработки и хранения данных с больших физических установок, является территориально-распределенным и объединяет все компоненты, расположенные как на площадке ЛФВЭ, так и на площадке ЛЯП, единой локальной много-площадочной компьютерной сетью в 4 x 100 Гб/с.

На завершающей стадии находится стартовый элемент off-line кластера ЛФВЭ (рис. 60, слева), рассчитанный в стартовом варианте на обработку до 4 ПБ данных на 4000 ядер. На этом же рисунке представлены системы хранения off-

line кластера ЛИТ - хранилище данных (рис. 60, в середине) и сверхбыстрая дисковая память (рис. 60, справа). В составе прототипа кластера ЛИТ – до 500 CPU и 2,5 ПБ дисковой и ленточной памяти.

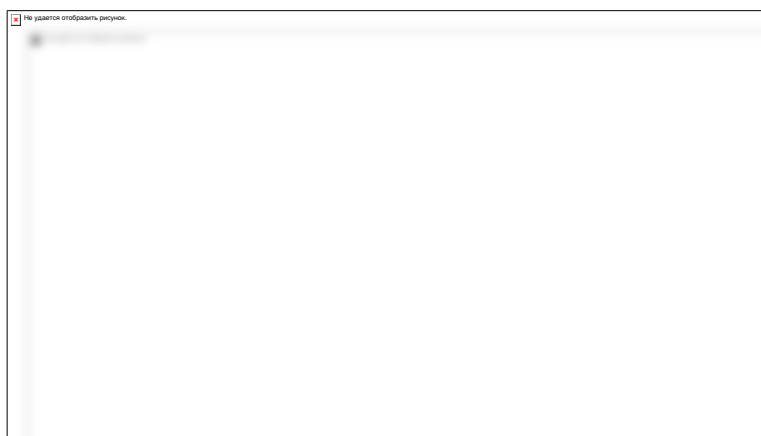


Рис. 59. Прототип on-line кластера проекта «Комплекс NICA».

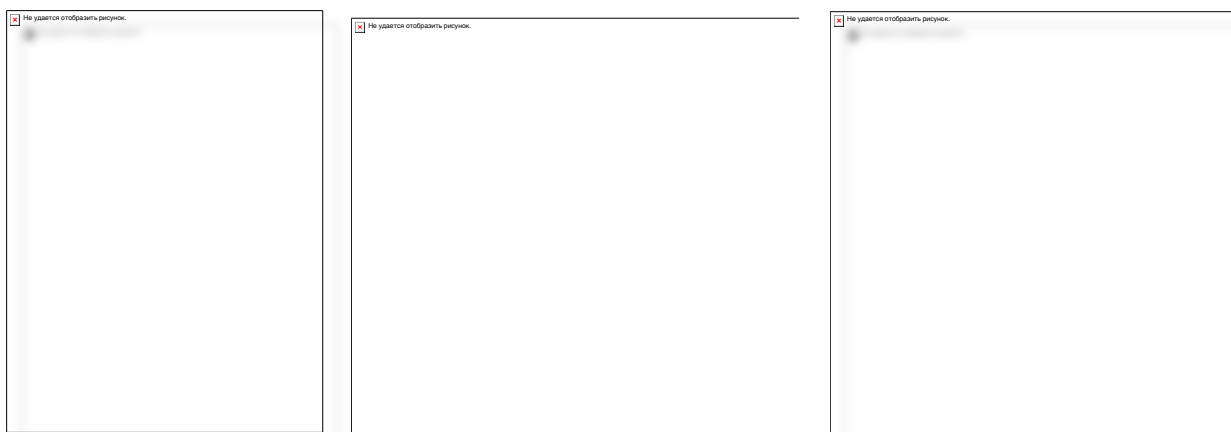


Рис. 60. Off-line кластер ЛФВЭ (слева), хранилище данных (в середине) и сверхбыстрые дисковые накопители off-line кластер ЛИТ (справа).

Главный элемент информационно-компьютерного комплекса проекта NICA проектируется разместить в новом корпусе Центра NICA. Комплекс планируется вводить в эксплуатацию поэтапно с 2020 по 2021 года, достигнув в 2021 году его проектных параметров. Вновь создаваемый кластер, будет связан с работающим прототипом, расположенном в корпусе 215, on-line кластером (корпус №14), off-line кластером ЛФВЭ и off-line кластером ЛИТ и многофункциональным вычислительным комплексом ОИЯИ. В 2018 г. разработано и передано проектировщикам Центра NICA техническое задание на создание главного off-line кластера комплекса NICA.

3. Кадровые вопросы, мобильность и активность участников проекта

Решение о создании проекта «Комплекс NICA» в рамках Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2010 – 2016 годы было принято на сессии Комитета Полномочных Представителей правительств государств-членов ОИЯИ, состоявшейся 19-21 ноября 2009 года.

Проект реализуется в основном силами сотрудников Лаборатории физики высоких энергий (ЛФВЭ ОИЯИ) им. В.И. Векслера и А.М. Балдина. Большой объем работ выполняется по контрактам, заключаемым на основе конкурентных процедур с компаниями стран-участниц ОИЯИ и высокотехнологичными компаниями из других стран. Постоянно расширяется состав участников за счет развития международного сотрудничества и вовлечения в проект представителей научных центров как из стран-участниц ОИЯИ, так и из других стран. Этому способствуют активное участие в международных тематических конференциях, семинарах и рабочих совещаниях, в том числе проводимых в ОИЯИ. Так в 2018 году в студенческих практикумах участвовало 125 студентов, в краткосрочных командировках в ОИЯИ – 275 представителей университетов и организаций из различных стран. В 2018 г. на работу по проекту NICA в ЛФВЭ было принято 85 молодых (до 35 лет) сотрудников.

В 2018 году на международных совещаниях, конференциях и форумах сделано более 65 устных докладов и сообщений по проекту NICA, представлено 17 постерных докладов.

4. Международное сотрудничество

11 - 13 апреля 2018 состоялось учредительное собрание коллабораций экспериментов MPD и BM@N, на котором были утверждены разработанные коллаборацией уставы (Bylaws), определяющий конкретные формы реализации ее функций.

На втором коллаборационном совещании, прошедшем 29 – 30 октября 2018 г. были утверждены составы советов управляющих коллабораций и их основных руководителей и объявлены выборы в руководящие органы коллабораций. Коллаборации сформированы из коллективов или групп представителей участвующих в них институтов, во главе которых стоят назначенные руководством соответствующего института руководители групп. Число ученых в составе группы не может быть меньше двух. Руководители групп образуют совет управляющих (Institutional Board, в дальнейшем - Совет), являющийся в дальнейшем высшим органом управления коллаборацией. Совет избирает на определенный срок, но не более, чем на 3 года, своего руководителя (Chairperson), руководителя (Spokesperson) и технического координатора (Project manager, обязательно представляет ОИЯИ) коллаборации большинством в и

75% и более голосов от участников голосования при кворуме не менее 50%, а также 1-го или 2-х заместителей руководителя коллаборации. Руководитель Совета организует периодические собрания Совета (не реже 2-х раз в год), имеющего полномочия решать все проблемы, возникающие в коллаборации, в том числе и принимать новых ее членов. Руководитель коллаборации имеет право представлять интересы коллаборации во всех ее внешних связях, в том числе – в дирекции ОИЯИ. Совет также избирает исполнительный комитет (Executive Board) и утверждает руководителей на выделенные коллаборацией позиции по направлениям ее деятельности. Для контроля за финансовой деятельностью коллаборации, имеющей право организовывать свой собственный фонд (Common fund) и для решения возникающих вопросов, связанных с принятыми институтами финансовыми обязательствами, ОИЯИ создает Финансовый комитет (Financial Review Committee) из представителей, финансирующих участвующие в коллаборации институты организаций и ОИЯИ.

Обязательства участвующих в коллаборации институтов и особенности конкретной коллаборации прописываются в подготавливаемом ей Меморандуме о взаимопонимании (MoU), подписываемом каждым институтом с ОИЯИ.

В настоящее время коллаборация BN@N состоит из 225 членов, представляющих 19 институтов из 10 стран мира, включая Германию, Китай, Израиль и США, не являющихся странами-участницами ОИЯИ. Руководителем Совета коллаборации избран профессор Ханс Рудольф Шмидт (Тюбинген университет, Германия). Руководителем коллаборации избран представитель ОИЯИ М.Н. Капишин, доктор физ.-мат. наук, известный физик-экспериментатор. Его заместителем – представитель GSI (Германия) профессор П. Зенгер. Техническим координатором – А. Максимчук. 8 человек избраны в состав исполнительного комитета коллаборации на различные (от года до трех) сроки (вместе с членами «по занимаемой позиции» комитет состоит из 11 человек). Коллаборация прописала в своем уставе создание совета по детектора (Detector Board) для координации работ по созданию установки BM@N, который создала в количестве 15 человек (14 – избираемые). Готовится к подписанию MoU коллаборации. Полная информация о коллаборации расположена на сайте <http://bmn.jinr.ru/experiment/organization/institutions/>.

В июне 2018 г. состоялось IX-ая сессия Machine Advisory Committee (MAC) - международного консультативного комитета ускорительного комплекса NICA – NICA MAC. На сессии были представлены отчетные доклады по состоянию

работ по созданию всех элементов комплекса – источника ионов, линейных ускорителей - инжекторов, Нуклотрона, каналов транспортировки пучков Бустера, каналов транспортировки пучков и основного элемента комплекса – тяжелоионного Коллайдера. Членами NICA MAC было проведено детальное обсуждение представленных докладов и плана-графика дальнейших работ. Особое внимание уделено состоянию работ по пусковому объекту – Бустеру.

В своём решении (Resume of the NICA Machine Advisory Committee at JINR) MAC отметил впечатляющий прогресс в осуществлении проекта с момента предыдущей VIII-й сессии (22-23.05.2017). Среди важнейших результатов отмечены успешное начало эксперимента BM@N на выведенном пучке Нуклотрона и хорошее качество пучка тяжёлых ионов, ускоренных в Нуклотроне и выведенных из него, хорошая работа этого ускорителя и большой прогресс в подготовке к началу монтажа и вводу в действие Бустера.

Вместе с тем, NICA MAC отметил существенные недостатки в организации и ходе работ, в том числе задержку с разработкой и/или изготовлением некоторых элементов комплекса, отсутствие стратегии параллельного выполнения работ разной направленности – строительство зданий и помещений, монтаж элементов комплекса и ввод в действие готовых элементов, недостаточное обеспечение работ специалистами некоторых специальностей. По последнему вопросу NICA MAC потребовал представить на сессии 2019 г. план решения проблемы и результаты его выполнения;

Отметив значительный прогресс в моделировании динамики частиц в Коллайдере и одобрив организацию межинститутской группы «Динамика частиц» (ОИЯИ – ИЯФ СО РАН – ИТЭФ), MAC обратил внимание на отставание работ по определённым разделам этой проблемы и потребовал сконцентрировать усилия группы на этих задачах.

NICA MAC с удовлетворением отметил значительный прогресс в сооружении инфраструктурных объектов – здания Коллайдера с тоннелем для его колец и каналов транспортировки пучков из Нуклотрона, криогенного комплекса, и других.

В заключение MAC сформулировал задачи, результаты по решению которых необходимо представить на сессии в июне 2019 г.

Материалы IX-й сессии NICA MAC представлены на сайте <http://indico.jinr.ru/event/mac-2018>

В январе и июне 2018 г. состоялось два заседания международного консультативного комитета (Detector Advisory Committee или DAC) - по проекту BM@N (BM@N DAC) и 2 заседания DAC по проекту MPD (MPD DAC).

Эксперты VM@N DAC отметили прогресс в развитии проекта VM@N, и в частности, проведение сеансов облучения установки для изучения взаимодействий пучков ионов аргона, криптона с фиксированными мишенями, а также сеанса по программе исследования межнуклонных корреляций на малых расстояниях. Эксперты подчеркнули недостаточное количество экспертов, занятых анализом экспериментальных данных, и необходимость расширять состав участников эксперимента за счет привлечения внешних институтов. Эксперты также указали на необходимость существенной модернизации канала транспортировки пучка от Нуклотрона к VM@N для реализации будущей программы исследований в пучках тяжелых ионов начиная с 2020 г.

На первом заседании MPD DAC был обсужден статус подготовки технических проектов (TDR) для 3-х подсистем детектора первой очереди (TPC, TOF, ECAL), а также последние результаты по развитию процедур реконструкции треков и идентификации частиц. По результатам подробного обсуждения и широкой дискуссии MPD DAC подготовил набор рекомендаций для каждой из представленных подсистем детектора и задач моделирования. В частности, группу TPC попросили завершить дизайн системы электроники считывания, сконцентрировав усилия на версии с современным чипом SAMPA, для чего разработать специальный макет для тестов, а также разработать подробный сценарий сборки всех сервисных подсистем. Комитет отметил хорошее качество TOF TDR и рекомендовал его принятие после устранения неточностей в английском тексте. Подробные рекомендации по задачам моделирования были даны группе ECAL. Все материалы совещания доступны по ссылке <http://indico.jinr.ru/conferenceDisplay.py?confId=426>.

Второе совещание MPD DAC было посвящено обсуждению технического проекта переднего калориметра FHCAL, а также прогрессу в подготовке TDR для ECAL с ответами на рекомендации предыдущего экспертного. Были заслушаны доклады группы детектора FHCAL (ИЯИ, Троицк), моделирования калориметра (МИФИ, Москва), а также ECAL (ЛФВЭ). Ответы на рекомендации экспертов были подготовлены и представлены в виде письменных отчетов. Экспертный комитет поздравил группу FHCAL с подготовкой финальной версии технического проекта и рекомендовал продолжить физическое моделирование MPD с данной версией калориметра. Ряд рекомендаций был дан по отчету группы ECAL, в частности, отмечена необходимость обеспечить идентичность параметров модулей ECAL производимых на разных производственных мощностях (Китай и Россия), а также докладывать о прогрессе в производстве регулярно. Также было рекомендовано ускорить работы по моделированию процессов реконструкции нейтральных пионов и

дилептонов для новой проективной геометрии ECAL. Все материалы совещания доступны по ссылке <http://indico.jinr.ru/conferenceDisplay.py?confId=580>.

В 2018 году подписан очень важный бессрочный протокол о сотрудничестве между ОИЯИ и ЦЕРН по разработке и созданию в ЦЕРН детекторных элементов (включая самую современную электронику) для эксперимента MPD на комплексе NICA (CERN-P134), открывший новый этап во взаимоотношении двух международных организаций с симметричными взаимными обязательствами сторон по вкладам в проекты подписавших соглашение партнеров.

Заключение

Работа над созданием базовой конфигурации проекта «Комплекс NICA» в рамках проекта класса мега-сайенс «Комплекс сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов» (Комплекс NICA) проводится в соответствии с заключенным Соглашением между Правительством Российской Федерации и ОИЯИ с наращиванием темпов выполнения работ по годам. Это утверждение демонстрируется представленной на рис. 61 диаграммой ведения работ, полученной с помощью управленческой системы EVM проекта.

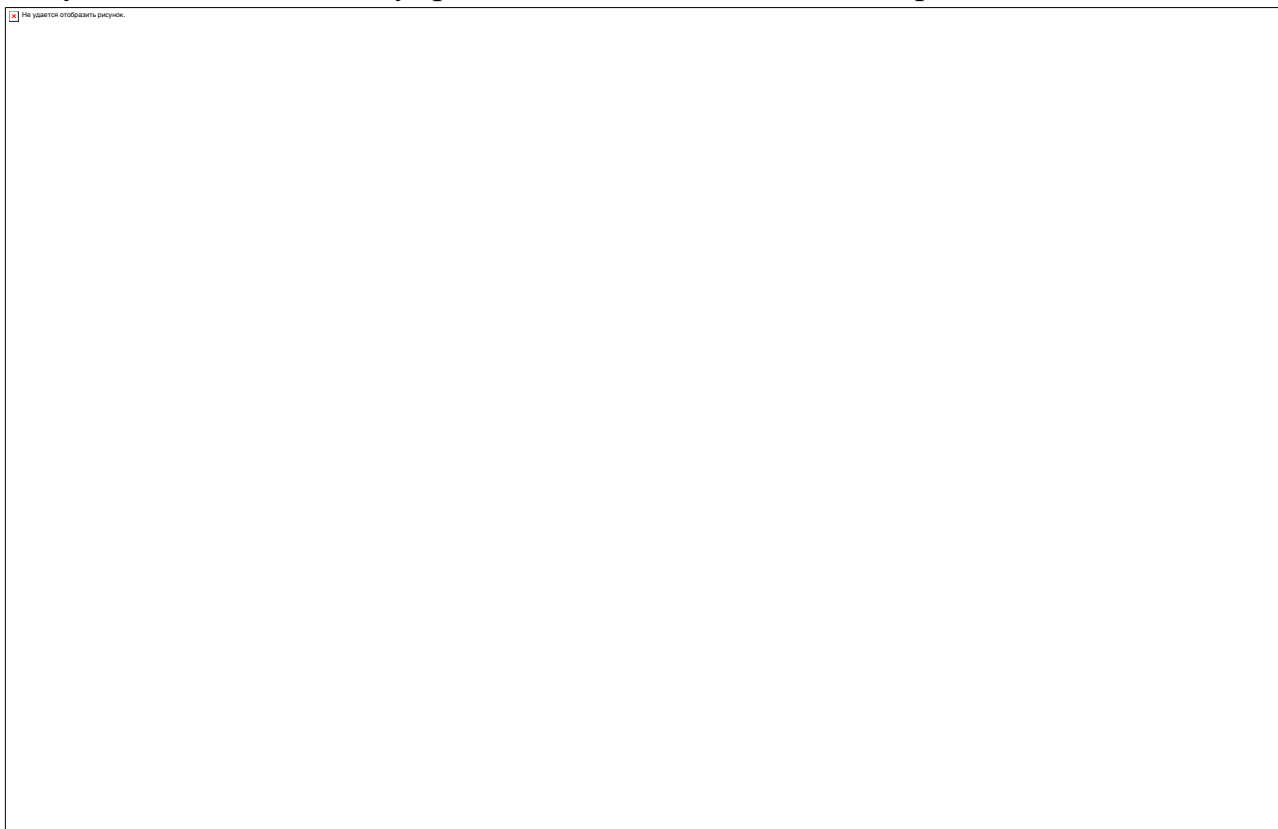


Рис. 61. EVM-диаграмма оценки выполнения работ по проекту «Комплекс NICA» за период 2014 – 2018 гг. Синяя кривая – плановые ресурсы, красная кривая – реальные затраты, зеленая кривая – процент выполнения работ, нормированный на финансовую шкалу.

Ниже перечислены основные достижения 2018 года.

В 2018 г. успешно реализован первый значимый этап реализации проекта «Комплекса NICA» – проведен экспериментальный сеанс по набору физических данных на установке VM@N, в ходе которого набрано около 200 миллионов событий, анализ которых позволит начать исследования плотной барионной материи.

Сформированы две международные коллаборации по проведению экспериментов VM@N и MPD, начата работа по формированию коллаборации SPD.

Завершена подготовка тоннеля Синхрофазотрона и начат монтаж Бустер, технологический пуск которого в соответствии с намеченными контрольными сроками Соглашения планируется на конец 2019 г.

При поддержке РФФИ в 2018 г. проведена работа по максимально широкому вовлечению специалистов из российских университетов и институтов в разработку и создание комплекса NICA. Расширение международного сотрудничества, привлечение новых участников и запуск грантовых программ является важнейшей составляющей успешной реализации проекта. В этих направлениях идет постоянная работа.

Подписан ряд новых международных соглашений. В работы по проекту вовлечены новые институты и страны.

На 01.01.2019 г. выполненные работы составляют около 48% от общего объема работ по созданию базовой конфигурации комплекса.

В целом создание базовой конфигурации проекта «Комплекс NICA» идет темпом, позволяющим рассчитывать на успешное выполнение основных задач Соглашения между Правительством РФ и ОИЯИ. Вместе с тем, в процессе реализации проекта накапливаются риски отставания в сроках ввода в эксплуатацию его отдельных элементов. В первую очередь эти риски связаны с проведением строительных работ. Неполная готовность основных сооружений здания №17 к началу монтажа MPD, непредвиденная остановка работ по строительству криогенно-компрессорной станции из-за банкротства Генподрядчика могут привести к сдвигу сроков реализации проекта в целом. Непредвиденные задержки при заключении и/или выполнении ряда других контрактов на поставку необходимых материалов и оборудования также накапливаются и не могут не сказаться на этих сроках.

Безусловной реализации планов создания базовой конфигурации комплекса NICA в установленные сроки будет способствовать его выполнение в рамках федерального проекта «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации».