

В связи с мировой пандемией 56-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц была проведена в формате видеоконференции с сокращенной повесткой дня.

I. Введение

Председатель ПКК по физике частиц И. Церруя представил обзор выполнения рекомендаций, принятых на предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе в своем докладе осветил основные решения, представленные в резолюции 130-й сессии Ученого совета ОИЯИ (сентябрь 2021 года), имеющие отношение к ПКК по физике частиц, и решения Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ (ноябрь 2021 года). Ученый совет поддержал все рекомендации ПКК по оценке новых проектов и продолжению текущих проектов в области физики элементарных частиц в предлагаемые сроки, как изложено в рекомендациях ПКК.

II. Отчеты о текущих проектах в ситуации пандемии

ПКК заслушал отчет о ходе реализации проекта «Нуклотрон-NICA», представленный А. О. Сидориным. ПКК с удовлетворением отмечает, что системы бустерного синхротрона доведены до проектных параметров, впервые ускорен пучок железа до проектной энергии 578 МэВ/нуклон, впервые в России на бустере NICA осуществлено электронное охлаждение пучка тяжелых ионов, а в сотрудничестве с Институтом ядерной физики им. Г. И. Будкера успешно завершена разработка систем каналов вывода и транспортировки пучка от бустера до Нуклотрона. Комитет отмечает начало эксплуатации оборудования станции SOCHI — важного компонента программы прикладных исследований и инноваций NICA, предназначенного для облучения микросхем пучками ионов, выводимых из NICA. ПКК также поздравляет коллектив NICA с установкой первого сверхпроводящего магнита в туннеле коллайдера, что является очень важной вехой, знаменующей начало сборки коллайдера и подготовки к вводу машины в эксплуатацию.

ПКК принимает к сведению отчет, представленный Н. Н. Агаповым, о ходе работ по развитию инфраструктуры ЛФВЭ, включая установку Нуклотрон. Комитет с удовлетворением отмечает, что несмотря на проблемы, вызванные пандемией, продолжается реконструкция электрических сетей и получено разрешение на ввод в

эксплуатацию 11 модернизированных подстанций на 6 кВ каждая общей мощностью до 33,6 МВт. ПКК также отмечает, что на центральной компрессорной станции в корпусе 1Б установлено новое криогенное оборудование, в том числе гелиевый ожижитель производительностью более 1000 литров в час, гелиевый холодильник для охлаждения бустера мощностью 2000 Вт при температуре 4,5 К, четыре установки очистки сжатого гелия, ожижитель азота производительностью 1300 кг/ч и реконденсатор паров азота от бустерных экранов производительностью 500 кг/ч. Размещенное под открытым небом крупногабаритное криогенное оборудование — контейнер объемом 40 м³ для жидкого гелия и газгольдеры объемом 1000 м³ для газообразного гелия и азота — готово к работе.

ПКК принимает к сведению отчет о реализации проекта MPD, представленный А. Кищелем. Производство всех компонентов конфигурации детектора первой ступени MPD идет успешно. Ввод в эксплуатацию времяпроекционной камеры и времяпролетной системы с их считывающей электроникой планируется завершить в течение 2022 года. К концу текущего года 800 модулей электромагнитного калориметра будут произведены в России и еще 800 — в Китае. Это соответствует 16 секторам ECal из 25, необходимых для полного азимутального охвата. Комитет отмечает ключевую роль ECal в физической программе MPD и призывает команду MPD и руководство ОИЯИ разработать план, обеспечивающий скорейшее изготовление оставшихся 9 секторов ECal. ПКК поздравляет коллектив с началом испытаний большого сверхпроводящего соленоида MPD.

ПКК высоко оценивает прогресс в реализации проекта BM@N, представленный М. Н. Капишиным. Группа сосредоточена на подготовке детекторов установки BM@N к намеченным на 2022 год сеансам с пучками тяжелых ионов: изготавливаются кремниевые детекторы и профилометры пучка. Детекторы GEM для центральной трековой системы уже прошли испытания, их монтаж запланирован на весну 2022 года. Ожидается, что к этому же времени будут готовы T0 триггер и триггерный детектор для времяпролетной системы, а также мишенная станция и вакуумная труба из углеродного волокна внутри BM@N. Новый адронный калориметр ZDC уже установлен. ПКК отмечает успешное выполнение своей давней рекомендации по размещению вакуумной пучковой линии перед BM@N для уменьшения громдного фона.

III. Отчет Экспертного комитета по детектору SPD

После представления на 54-й сессии ПКК отчета о концептуальном проекте эксперимента SPD (Spin Physics Detector), направленного на всестороннее изучение спиновой структуры протона и дейтрона, ПКК рекомендовал создать консультативный комитет для оценки SPD CDR и его последующего развития в TDR. Международный экспертный комитет по детектору SPD (SPD DAC) был сформирован в апреле 2021 года. Его возглавляет А. Брессан (Университет Триеста, Италия), в его состав входят П. Ди Нецца (Национальный институт ядерной физики, Фраскати, Италия) и член ПКК П. Христов (ЦЕРН, Швейцария).

ПКК с интересом отмечает экспертный отчет, представленный А. Брессаном от имени SPD DAC. Комитет провел несколько встреч с командой SPD и задал ряд вопросов, касающихся концепции детектора SPD. Кроме того, подробно обсуждались детали, связанные с инфраструктурой комплекса NICA для поляризованных пучков и возможным взаимодействием между экспериментами SPD и MPD. Ответы на вопросы DAC были удовлетворительными, а презентации на совместных заседаниях были положительно восприняты комитетом. DAC особенно высоко оценил улучшения в концептуальном дизайне SPD по сравнению с исходным CDR, а именно: изменение расположения магнита за пределами ECAL, возможное использование внутреннего трекера на основе MAPS, а также разъяснения по строю-детекторам и ZDC. На основе всего этого и по рекомендации DAC ПКК утверждает SPD CDR и просит команду SPD заняться подготовкой TDR. ПКК высоко оценивает важную роль DAC в оценке проекта SPD и обращается с просьбой о периодических отчетах DAC.

IV. Отчеты о научных результатах, полученных группами ОИЯИ в экспериментах на LHC

ПКК принимает к сведению отчет, представленный Е. П. Рогочей, о результатах, полученных группой ОИЯИ в эксперименте ALICE. Работа группы по анализу данных была в основном сосредоточена на фемтоскопических корреляциях пар заряженных каонов в периферических и центральных взаимодействиях Pb-Pb при энергии 5,02·А ТэВ в с.ц.м. и рождении векторных мезонов в ультрапериферических (UPC) столкновениях Pb-Pb. При одномерном и трехмерном анализе фемтоскопических корреляций каонов изучались зависимости радиусов источников каонов от множественности событий и поперечных импульсов пар. Впервые было показано, что время испускания каонов в периферических Pb-Pb-взаимодействиях уменьшается втрое по сравнению с центральными соударениями. Возможное образование одиночного состояния $\rho(1450)$ и одиночного состояния $\rho(1450)$ с более тяжелым

состоянием $p(1700)$ изучалось в событиях UPC с когерентным фоторождением четырех пионов. Кроме того, группа продолжала участвовать в поддержании и развитии анализа GRID-ALICE в ОИЯИ. ПКК высоко оценивает прогресс в модернизации спектрометра PHOS с новой схемой считывания с очень хорошим временным разрешением 100 пс.

ПКК принимает к сведению информацию о новых результатах и текущей деятельности группы ОИЯИ, участвующей в эксперименте ATLAS, представленную Е. В. Храмовым. Изучаемые темы включают проверку применимости Стандартной модели (SM) и ее предсказаний, поиски дополнительных экзотических бозонов в двухструйных процессах, поиски проявления долгоживущей суперсимметрии и суперсимметричных заряженных бозонов Хиггса. Члены группы внесли свой вклад в обновление верхних пределов для физики за пределами SM (BSM), а также в изучение рождения бозона Хиггса SM. В частности, установлено рождение бозона Хиггса в ассоциации с бозоном W или Z с наблюдаемой (ожидаемой) значимостью 4,0 (4,1) и 5,3 (5,1) стандартных отклонений соответственно, а массы R -адронов BSM до 1,4 ТэВ были исключены для времени жизни глюино от 10^{-5} с до 10^3 с. ПКК признает значительный вклад, сделанный группой в рамках программы модернизации ATLAS, в частности, в производство и сборку всех тридцати двух больших квадруплетов Micromegas для малых мюонных колес. Группа ОИЯИ также продолжает успешное участие в обслуживании детектора ATLAS и разработке программного обеспечения.

ПКК принимает к сведению отчет В. Ю. Каржавина о результатах, полученных группой ОИЯИ, участвующей в эксперименте CMS. Основываясь на полной статистике Run-2 140 fb^{-1} , группа ОИЯИ установила верхние пределы отношения $(\sigma \cdot \text{B})z' / (\sigma \cdot \text{B})z^0$ — произведений сечения образования и вероятности распада в дилептонном канале нового резонанса с собственной шириной до 10% к каналу Z^0 -бозона SM с доверительной вероятностью 95%. Ограничения интерпретируются в контексте последовательной SM (SSM) и модели, основанной на суперструнах, которые предсказывают резонансы со спином 1. Нижний предел на массу 5,15 (4,56) ТэВ установлен в моделях Z'_{SSM} (Z'_ψ). Для резонансов со спином 1 эксклюзивные пределы устанавливаются в плоскости масс медиатора и частиц «темной материи» (DM). При больших значениях m_{DM} массы медиаторов ниже 1,92 (4,64) ТэВ исключаются из модели, где медиатор является вектором (аксиальным вектором) с малой (большой) связью с лептонами. При $m_{\text{DM}}=0$ эти пределы снижаются до 1,04 и 3,41 ТэВ соответственно. В рамках модернизации детектора CMS для HL-LHC группа участвует в разработке калориметра с высокой гранулярностью (HGCal) и модернизации передней мюонной станции ME1/1.

ПКК с удовлетворением отмечает растущую научную значимость и более активное участие групп ОИЯИ в физическом анализе данных экспериментов ALICE, ATLAS и CMS на LHC.

V. Стендовые доклады молодых ученых

ПКК рассмотрел 28 стендовых докладов, представленных в режиме Zoom-комнаты молодыми учеными из ЛФВЭ, ЛИТ и ЛЯП. Комитет был очень доволен общим хорошим качеством презентаций. ПКК выбрал два доклада: «Методы глубокого обучения и программное обеспечение для реконструкции траекторий элементарных частиц» П. В. Гончарова и «Создание прикладных станций АРИАДНА на базе ускорительного комплекса NICA» А. А. Сливина, которые будут представлены на сессии Ученого совета в феврале 2022 года.

VI. Следующая сессия ПКК

Следующая сессия ПКК по физике частиц запланирована на 20–21 июня 2022 года.

Предварительная повестка дня сессии включает:

- отчет об исполнении решений ПКК;
- обсуждение программы исследований в области физики частиц на следующий семилетний период развития ОИЯИ (2024–2030 годы);
- отчет о состоянии проекта Нуклотрон-NICA;
- отчет о состоянии инфраструктуры, включая Нуклотрон;
- отчет координатора экспериментальной программы на пучках Нуклотрона;
- отчет о состоянии проекта MPD, включая результаты моделирования;
- отчет о проекте BM@N, включая результаты моделирования и физические результаты;
- отчет о подготовке SPD TDR;
- отчеты об участии ОИЯИ в экспериментах на LHC;
- рассмотрение новых проектов;
- итоговые отчеты и рекомендации по проектам, завершающимся в 2022 году;
- стендовые доклады молодых ученых.

И. Церруя
председатель ПКК
по физике частиц

А. П. Чеплаков
ученый секретарь ПКК
по физике частиц