

В связи со значительными трудностями авиаперелетов членов ПКК 59-е заседание Программно-консультативного комитета по физике частиц было проведено в гибридном формате видеоконференции.

I. Введение

Председатель ПКК по физике частиц И. Церруя представил обзор выполнения рекомендаций, принятых на предыдущем заседании. Вице-директор ОИЯИ В. Д. Кекелидзе отдельно остановился на резолюции 134-й сессии Ученого совета ОИЯИ (сентябрь 2023 года) относительно физики частиц и решениях Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ (ноябрь 2023 года). Ученый совет поддержал все рекомендации ПКК по оценке новых проектов и продлению текущих проектов в области физики элементарных частиц в рамках предложенных сроков и ранжирования, как указано в рекомендациях ПКК.

ПКК приветствует принятие нового Семилетнего плана развития ОИЯИ и планы дирекции Института сконцентрировать усилия на приоритетной реализации крупных проектов, в том числе флагманского мегасайенс-проекта NICA.

II. Отчеты о проектах Нуклотрон-NICA

ПКК заслушал доклад о ходе реализации проекта «Нуклотрон-NICA», представленный А. О. Сидориным. Комитет высоко оценивает успешное завершение сборки станций прикладных исследований ISCRa и SIMBO. По мере ввода в эксплуатацию инженерной инфраструктуры здания, расположенной на ключевых участках, в тоннеле продолжается монтаж магнитов коллайдера NICA. В частности, были установлены элементы систем RF1 и RF2, проведен вакуумный отжиг и вакуумные испытания. Система электропитания элементов конструкции коллайдера готова к пусконаладке. ПКК рад отметить начало программы обучения персонала в рамках подготовки к вводу коллайдера в эксплуатацию в 2025 году.

ПКК принимает к сведению отчет о ходе развития инфраструктуры ЛФВЭ, в том числе установки Нуклотрон, представленный Н. Н. Агаповым. Завершаются общестроительные работы в новых корпусах комплекса NICA – здании коллайдера и новой компрессорной станции. Персонал осуществляет монтаж и наладку оборудования. Полное завершение этих работ ожидается в течение 2024 года. Основная часть гелиевого криогенного оборудования введена в эксплуатацию;

полное завершение ввода в эксплуатацию криогенного комплекса NICA запланировано на август 2024 года. В ПКК отмечают то внимание, которое уделяется автоматизации работы инженерных систем в связи с подготовкой к эксплуатации комплекса NICA в долгосрочных сеансах.

ПКК принимает к сведению отчет о реализации проекта MPD, представленный В. Г. Рябовым. Производство всех компонентов детектора первой стадии MPD идет с минимальными задержками. Время-проекционная камера, времяпролетная система и 40 из 50 полусекторов электромагнитного калориметра будут готовы к установке в 2024 году. Наиболее важной задачей по-прежнему является охлаждение и электропитание большого сверхпроводящего соленоида. Временная криогенная система охлаждения соленоида была собрана, вакуумирована и запущена в тестовом режиме при $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в конце 2023 года. Охлаждение до температур жидкого азота и гелия начнется в январе. Дальнейший прогресс будет во многом зависеть от готовности инженерных систем в здании MPD, включая системы стабильного электроснабжения и водяного охлаждения, которые должны быть полностью готовы к работе в мае 2024 года. Измерения магнитного поля начнутся в июне 2024 года, они займут три месяца для различных конфигураций полей и будут проведены с помощью картографа из новосибирского ИЯФ. Установка опорной рамы из углеродного волокна и подсистем детектора начнется с сентября. ПКК поздравляет команду с нахождением жизнеспособных решений критических проблем, возникающих во многих аспектах конструкции детектора, его сборки и ввода в эксплуатацию.

ПКК высоко оценивает прогресс в реализации проекта BM@N, представленный М. Н. Капишиным. Усилия команды BM@N были сосредоточены на юстировке детекторов, улучшении алгоритма реконструкции треков частиц, калибровке времяпролетной системы и исправлении наложений событий в передних детекторах для определения центральности. Первая обработка восстановленных данных, зарегистрированных в столкновениях Xe–CsI с энергией 3,8 ГэВ, была проведена с использованием системы DIRAC на компьютерах ЛИТ Tier-1/Tier-2. Статистически значимые сигналы Λ -гиперона и K^0_s -мезона были восстановлены для дальнейшего физического анализа. Команда BM@N также представила результаты по образованию протонов, дейтронов и тритонов во взаимодействиях аргон–ядро при энергии 3,2 А ГэВ. В следующем физическом эксперименте BM@N планируется использовать пучок Xe при пониженной энергии 2–3 А ГэВ. ПКК подчеркивает нехватку рабочей силы для постоянного анализа записанных данных.

ПКК принимает к сведению отчет об обновленной версии технического проекта SPD, представленный А. В. Гуськовым. По сравнению с предыдущей версией размер детектора был увеличен в соответствии с пересмотренной допустимой нагрузкой на пол экспериментального зала. Была модифицирована конструкция детектора азрогеля, центрального трекера на основе микромегас-технологии и счетчика столкновений пучков. Также были рассмотрены варианты входной электроники детекторов первой стадии, соответствующим образом адаптированы системы сбора данных и вычислительные системы. Оценка стоимости проекта обновлена с учетом текущих цен и наличия материалов и оборудования. Комитет поддерживает создание международного консультативного комитета по детектору SPD (SPD DAC) и успехи в формировании коллаборации SPD. ПКК рекомендует новому комитету провести тщательный анализ обновленного TDR и представить отчет на следующей сессии ПКК.

III. Отчеты о текущих проектах

ПКК заслушал доклад о реализации проекта «СКАН-3», представленный С. В. Афанасьевым. На последнем заседании ПКК решение о продлении проекта было отложено с просьбой к команде ОИЯИ «сделать ясную презентацию с изложением первоначальных целей проекта в 2019 году, достижений за последние четыре года и планов на запрошенный срок его продления». Целью проекта является изучение η -ядер. В течение 2020–2023 годов была разработана времяпролетная система на основе SiPM-матрицы и быстрого пластикового сцинтиллятора, собраны два счетчика нейтронов, модифицирован и оснащен соответствующей электроникой магнитный спектрометр, полученный из ФИАН, две строу-дрейфовые камеры дополнили двухкоординатную пропорциональную камеру и микростриповый кремниевый вершинный детектор для трековой системы. По техническим причинам первоначально утвержденное для эксперимента пучковое время не было выделено. В 2024 году команда планирует провести тестирование и настройку магнитного спектрометра и продемонстрировать энергетическое разрешение до 4–5 МэВ для измерения коррелированных pN -пар.

Рекомендация. ПКК поддерживает планы команды по изучению образования η - и Δ -ядер. ПКК рекомендует продлить проект «СКАН-3» на 3 года до конца 2027 года с рейтингом А.

ПКК заслушал отчет о ходе реализации «домашнего» проекта «АЛПОМ-2», представленный Н. М. Пискуновым. Основная цель проекта – измерение

анализирующей способности реакций рассеяния поляризованных нуклонов на различных мишенях при самых высоких импульсах, доступных на Нуклотроне – 7,5 ГэВ/с для протонов и 6,0 ГэВ/с для нейтронов. Эти измерения также имеют особое значение для экспериментов в JLab. За последние годы авторы заменили адронный калориметр, увеличив его аксептанс, изготовили новые дрейфовые камеры, усовершенствовали реконструкцию треков под малыми углами, оснастили установку новой системой сбора данных, разработали новое программное обеспечение для анализа экспериментальных данных. В ПКК отмечают, что пучковое время для измерений пока не выделено.

Рекомендация. ПКК поддерживает план команды по проведению этого эксперимента, поскольку он обеспечит лидерство ОИЯИ в области поляриметрического оборудования и исследований. ПКК рекомендует продлить проект «АЛПОМ-2» до конца 2027 года с рейтингом А.

ПКК принимает к сведению отчет о проведении эксперимента DSS на внутренней мишени Нуклотрона, представленный В. Ладыгиным. ПКК признает значительный прогресс в получении экспериментальных данных по энергетическому анализу в дейтрон-протонном упругом и протон-протонном квазиупругом рассеянии, в разработке дейтронной и протонной пучковой поляриметрии для NICA, а также в модернизации детектора для продолжения спиновой программы на Нуклотроне.

Рекомендация. ПКК рекомендует продлить проект DSS до конца 2027 года с рейтингом А.

Ввод в эксплуатацию установки NICA, включая ускорительный комплекс и эксперименты, а также высокий приоритет, отдаваемый флагманским экспериментам NICA – BM@N, MPD и SPD, ставят под сомнение возможность выделения пучкового времени для других экспериментов в ближайшие годы. Это может повлиять на своевременную реализацию проектов «СКАН-3», «АЛПОМ-2» и DSS. В связи с этим ПКК рекомендует руководству ЛФВЭ и NICA определить общую стратегию доступности пучкового времени для пользователей на ближайшие 2–3 года. Как только эта стратегия будет определена, ПКК будет готов расставить приоритеты и количественно оценить время, выделяемое на эти эксперименты.

IV. Предложения новых проектов

ПКК заслушал предложение об открытии нового проекта «Фундаментальная и прикладная физика с использованием пучков релятивистских ускоренных электронов (FLAP)», представленное А. А. Балдиным. Коллаборация FLAP планирует проводить

исследования на линейном ускорителе электронов LINAC-200. Проект нацелен на изучение основ электромагнитных взаимодействий, а также на их новое применение. В список задач входит исследование управляемой генерации электромагнитного излучения релятивистскими электронами с использованием функциональных материалов, исследование характеристик и управляемой генерации черенковского, синхротронного и переходного излучений с частотой порядка ГГц, взаимодействие пучков релятивистских электронов с поверхностной и гофрированной структурой, создание вторичных нейтронных пучков для нейтронной радиографии, а также испытания новых детекторов для неразрушающей диагностики пучков с высоким пространственным и временным разрешением.

Рекомендация. ПКК поддерживает предложение развивать такого рода межлабораторную деятельность в ОИЯИ и рекомендует открыть новый проект FLAP на период 2025–2029 годы с рейтингом А.

ПКК с интересом заслушал предложение об открытии нового проекта под названием «HyperNIS+SRC: HyperNuclear Intrinsic Strangeness and Short-Range Correlations», представленное А. В. Аверьяновым. Начальный этап экспериментальной программы направлен на изучение легчайших нейтронно-избыточных гиперядер, таких как ${}^6\text{Li}$, ${}^4\text{Li}$, ${}^3\text{Li}$. Поиск этих гиперядер можно осуществить с помощью специальной установки, такой как HyperNIS. В настоящее время в ее состав входят счетчики мониторинга пучка, система триггерных счетчиков, сосуд вакуумного распада длиной 55 см, 4 группы пропорциональных камер и два анализирующих магнита с магнитным полем 0,6 Тл. Добавление детекторов SRC, предназначенных для исследования короткодействующих корреляций, значительно расширит физическую программу. Продолжается изучение возможности размещения эксперимента SRC в зоне установки HyperNIS.

Рекомендация. ПКК поддерживает предлагаемый эксперимент с гиперядрами на Нуклотроне, планы по расширению установки для исследования SRC и рекомендует одобрить этот проект до конца 2029 года с рейтингом А.

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

ПКК принимает к сведению доклад Е. П. Рогочей о новых результатах, полученных командой ОИЯИ в эксперименте ALICE по фемтоскопическим корреляциям нетождественных заряженных каонов в p - Pb взаимодействиях при энергии 5,02 ТэВ, в ультрапериферических p - Pb столкновениях (UPC) при

8,16 ТэВ, а также о разработке тепловой модели генерации частиц в pp и A–A взаимодействиях. При анализе фемтоскопических корреляций каонов в p–Pb столкновениях было показано, что вклад ϕ -мезона и кулоновского взаимодействия в конечном состоянии более заметен по сравнению со столкновениями Pb–Pb при энергии 2,76 ТэВ. В ходе UPC-анализа было показано, что сечение эксклюзивного фоторождения J/ψ -мезона хорошо описывается степенной функцией, зависящей от энергии фотон-протонных систем, что подтверждается результатами других экспериментов. Результаты обновленной версии тепловой модели сравниваются с публикациями. Группа продолжает участие в сопровождении системы GRID-ALICE в ОИЯИ. Достигнуты успехи в разработке новой электроники спектрометра PHOS, которая обеспечивает хорошее энергетическое разрешение (~2%) и позволяет улучшить временное разрешение до 100 пс.

ПКК принимает к сведению новые результаты и текущую деятельность в эксперименте ATLAS, представленные Е. В. Храмовым. Темы, изучаемые группой ОИЯИ, включают применимость Стандартной модели (СМ) и проверку ее предсказаний, поиск дополнительных экзотических бозонов в двухструйных процессах, а также поиск суперсимметричных долгоживущих частиц и суперсимметричных заряженных бозонов Хиггса. При значительном участии группы ОИЯИ получены новые результаты в изучении процессов СМ и бозона Хиггса. Также были обновлены границы физики за пределами Стандартной модели. Группа внесла важный вклад в выполнение программы модернизации ATLAS: в производство и сборку всех 32 квадруплетов микромегас для Нового мюонного колеса, которые частично включены в триггерную систему. За первое полугодие 2023 года группа ОИЯИ внесла значительный вклад в десять публикаций журнала ATLAS и представила свои результаты на двух международных конференциях.

ПКК принимает к сведению доклад В. Ю. Каржавина о новых результатах, полученных группой ОИЯИ в эксперименте CMS. Физики ОИЯИ внесли вклад в изучение процессов с лептонами в ТэВ-ном диапазоне энергий, используя данные Run2 и Run3. Основными темами анализа стали поиск кандидатов в небарионную темную материю, процессы с нарушением лептонного числа и модели с расширенным сектором Хиггса. В других исследованиях разработан новый метод измерения долей кварковых и глюонных струй. Группа ОИЯИ активно участвует в модернизации детектора HL-LHC, занимаясь строительством калориметра высокой гранулярности HGCal и модернизацией

передней мюонной станции ME1/1. Группа ОИЯИ внесла ведущий вклад враспределенную обработку данных CMS и эффективные операции с данными на грид-сайтах уровня 1 и уровня 2 ОИЯИ. Молодые ученые Дубны внесли непосредственный вклад в большое количество научных публикаций в 2023 году.

VI. Научные доклады

ПКК заслушал доклады «Состояние эксперимента COMET», представленный Д. Чохели, и «Подготовка эксперимента SRC», представленный М. А. Пацюк, и благодарит докладчиков за интересные доклады.

VII. Доклады молодых ученых ОИЯИ

ПКК рассмотрел 25 стендовых докладов молодых ученых ЛФВЭ, ЛИТ, ЛТФ и ЛЯП. Комитет выбрал доклад А. Д. Шереметьева «Разработка технологии производства двусторонних кремниевых микростриповых модулей для модернизации кремниевой трековой системы NICA BM@N» для представления на следующей сессии Ученого совета в феврале 2024 года.

VIII. Следующая сессия ПКК

Следующее заседание ПКК по физике частиц запланировано на 17–18 июня 2024 года.

Предварительная повестка дня следующего заседания включает:

- 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 по проекту BM@N, включая физические результаты эксперимента с пучком Хе;
- отчет DAC SPD о TDR для детектора SPD;
- отчеты об участии ОИЯИ в экспериментах на LHC;
- рассмотрение новых проектов;
- отчеты и рекомендации по проектам, завершающимся в 2024 году;
- стендовые доклады молодых ученых.

И. Церруя
председатель ПКК
по физике частиц

А. П. Чеплаков
ученый секретарь ПКК
по физике частиц