

В связи со значительными трудностями авиаперелетов членов ПКК 58-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 133-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2023 года) в отношении физики частиц и решениях Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ (март 2023 года).

ПКК полностью поддерживает шаги дирекции ОИЯИ по расширению участия мексиканских исследователей в деятельности ОИЯИ, укреплению сотрудничества с научными организациями и университетами Китая, поддержанию высокого уровня сотрудничества с исследовательскими организациями всех стран Европы в целях повышения международного статуса Института и преодоления трудностей этого непростого времени.

II. Отчеты о проектах NICA

ПКК заслушал отчет о ходе реализации проекта «Нуклотрон-NICA», представленный А. О. Сидориным. Комитет поздравляет команду ускорителя с очень успешным 4-м техническим сеансом и благодарит докладчика за подробный анализ ресурсов и оборудования, включая электронное охлаждение, которые были введены в эксплуатацию и улучшили работу ускорительного комплекса. ПКК отмечает различные задержки, вызванные текущей геополитической ситуацией, в том числе задержки в завершении инфраструктурных работ в здании коллайдера и строительстве линий транспортировки пучка от Нуклотрона к коллайдеру NICA. ПКК признает усилия руководства ОИЯИ и NICA по сокращению этих задержек и принимает к сведению итоговый пересмотренный график, согласно которому первые пучки на коллайдере NICA теперь ожидаются в 2025 году.

ПКК принимает к сведению отчет о ходе работ по развитию инфраструктуры ЛФВЭ, включая Нуклотрон, представленный Н. Н. Агаповым. Установлено и введено в эксплуатацию все новое оборудование на главной трансформаторной подстанции

110/6 кВ «Дубна». В результате доступная мощность подстанции увеличена вдвое до 40,8 МВт в соответствии с Техническим заданием ПАО «Россети Московская область». Криогенные подсистемы NICA в настоящее время объединены в единый комплекс с использованием криогенных трубопроводов, значительная часть которых проверена на герметичность и готова к эксплуатации. Завершается монтаж инженерного и исследовательского оборудования в новых корпусах комплекса NICA – здании коллайдера и новой компрессорной станции.

ПКК принимает к сведению отчет о реализации проекта MPD, представленный В. Г. Рябовым. Производство всех компонентов детектора первой ступени MPD продолжается, хотя сроки сдвинуты из-за проблем с поставками многих компонентов от европейских компаний, отсутствия технической документации на поставляемые компоненты и необходимости поиска дополнительной квалифицированной рабочей силы. Времяпроекторная камера, времяпролетная система и 40 из 50 полусекторов электромагнитного калориметра должны быть установлены в 2024 году. Наиболее важной задачей по-прежнему является охлаждение и электроснабжение большого сверхпроводящего соленоида MPD. Смонтирована временная криогенная система охлаждения соленоида, проведены вакуумные испытания и эксплуатация в ручном режиме. Охлаждение до температур жидкого азота и жидкого гелия начнется в сентябре сразу после окраски зала MPD. Измерения магнитного поля начнутся в марте 2024 года и займут три месяца для различных конфигураций поля с использованием картографа, изготовленного в ИЯФ (Новосибирск). ПКК поздравляет команду с нахождением эффективных решений критических проблем, возникающих по многим аспектам создания детектора, сборки и ввода его в эксплуатацию.

ПКК высоко оценивает ход реализации проекта VM@N, представленный М. Н. Капишиным. ПКК поздравляет коллаборацию VM@N с успешным физическим запуском детектора VM@N в его полной конфигурации с пучками Хе 3,8 А ГэВ и 3,0 А ГэВ. В ходе эксперимента было зарегистрировано более 550 миллионов взаимодействий Хе+Csl. Идентификация Λ -гиперонов, K_S^0 -мезонов и заряженных частиц значительно улучшилась после юстировки, калибровки трековых и времяпролетных детекторов и обработки первых данных. Центральность события оценивалась с помощью переднего адронного калориметра и годоскопа фрагментов. ПКК подчеркивает нехватку кадров для текущего анализа записанных данных. В то же время ПКК призывает команду VM@N сосредоточить свои усилия на получении первых физических результатов для данных сеанса с ионами Хе.

ПКК принимает к сведению отчет о подготовке технического проекта (TDR) эксперимента SPD, представленный А. В. Гуськовым. Компоновка детектора принята с учетом новых возможностей, открываемых увеличением допустимой нагрузки на пол экспериментального зала. Команда SPD прилагает усилия для поиска и разработки заменяемого оборудования, компонентов и технических решений, необходимых для создания детектора. Ведется подготовка документации на сверхпроводящий соленоид SPD. ПКК повторяет свою рекомендацию руководству ОИЯИ о необходимости возобновления деятельности международного Консультативного комитета по детектору SPD. ПКК призывает группу SPD продолжить подготовку TDR.

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

ПКК принимает к сведению доклад Б. В. Батюни о новых результатах, полученных коллективом ОИЯИ в эксперименте ALICE по фемтоскопическим каонным корреляциям в p-Pb-взаимодействиях и в ультрапериферических Pb-Pb-столкновениях (UPC) при энергии 5,02 ТэВ. Обновленный 3D анализ фемтоскопических корреляций показал, что времена испускания каонов одинаковы в столкновениях p-Pb и Pb-Pb при одинаковых множественностях заряженных частиц. Новый анализ UPC показал, что наилучшее описание спектра инвариантных масс четырех пионов соответствует сумме спектров двух резонансов $\rho^0(1450)$ и $\rho^0(1700)$. Эти результаты были одобрены для публикации коллаборацией ALICE. Кроме того, команда продолжала поддерживать анализ GRID-ALICE в ОИЯИ.

ПКК принимает к сведению новые результаты и текущую деятельность в рамках эксперимента ATLAS, представленные Т. В. Любушкиной. Темы, изучаемые в ОИЯИ, включают проверку применимости Стандартной модели (SM) и ее предсказаний, поиск дополнительных экзотических бозонов в двухструйных процессах, поиск долгоживущих суперсимметрий и суперсимметричных заряженных бозонов Хиггса. При значительном участии группы ОИЯИ получены новые результаты в изучении процессов SM и бозона Хиггса. Ограничения для физики за пределами Стандартной модели также были обновлены. ПКК отмечает значительный вклад, внесенный группой в рамках программы модернизации ATLAS в производство и сборку всех 32 квадруплетов Micro-megas для малых мюонных колес (NSW), которые частично включены в триггерную систему. В течение первой половины 2023 года группа ОИЯИ

внесла значительный вклад в три журнальные публикации коллаборации ATLAS и представила результаты ATLAS на двух международных конференциях.

ПКК принимает к сведению новые результаты и текущую деятельность группы ОИЯИ в эксперименте CMS, представленную В. Ю. Каржавиным. Комитет отмечает успешное участие группы ОИЯИ в физическом анализе данных LHC Run2 и Run3, а также в запуске детектора CMS в период набора данных Run3 в 2023 году. Группа ОИЯИ продолжает свое участие в поиске физических сигналов за пределами Стандартной модели, таких как дополнительные калибровочные бозоны, возбужденные состояния гравитонов и медиаторы темной материи, с помощью данных Run3. Был разработан эффективный кварк-глюонный дискриминатор для измерения доли глюонной струи, которая оказалась на 10–20% меньше, чем в существующих моделях Монте-Карло. Специалисты ОИЯИ вносят весомый вклад в обеспечение надежной и бесперебойной работы центра CMS Tier-1 в ОИЯИ. ПКК отмечает активное участие группы ОИЯИ в строительстве высокогранулярного калориметра HGCal и модернизации передней мюонной станции ME1/1 в рамках обязательств ОИЯИ по проекту модернизации CMS для работы в условиях высокой светимости на HL-LHC.

IV. Отчеты о текущих проектах

ПКК принимает к сведению доклад о ходе работ в эксперименте NA64, представленный Д. В. Пешехоновым. К 2022 году NA64, один из ведущих экспериментов по поиску новой физики в области масс ниже масштаба электрослабых взаимодействий, набрал значительную статистику $\sim 10^{12}$ электронов на мишень. Текущие исследования сосредоточены на повышении чувствительности при поиске аксионоподобных частиц, нового калибровочного бозона Z' и дополнительного нарушения калибровочной симметрии $U(1)_{L\mu-L\tau}$. Также будет продолжаться поиск неупругой темной материи и легкого нейтрального бозона X (17 МэВ). Пилотный запуск с 160 ГэВ мюонным пучком высокой интенсивности продемонстрировал возможность набора 10^{11} МОН перед длительной остановкой ускорителей в 2026 году.

Рекомендация. ПКК высоко оценивает участие команды ОИЯИ в проекте, ее теоретическую мотивацию, ее ответственность за работу детектора, разработку и поддержку строу-трекера, работу системы сбора данных, а также накопление и анализ данных. ПКК поддерживает дальнейшее участие коллектива ОИЯИ в

эксперименте NA64 и рекомендует его продолжить на период с января 2024 года по июнь 2026 года с рейтингом А.

ПКК принимает к сведению отчет о подготовке эксперимента СКАН-3, представленный С. В. Афанасьевым. Проект направлен на изучение высоковозбужденной ядерной материи, образующейся в dA-взаимодействиях. Это состояние вещества изучается путем наблюдения распада возбужденного ядра на пару энергичных частиц, вылетевших под углом, близким к 180° , с энергетическим разрешением 4–5 МэВ. Физическая программа включает изучение образования η - и Δ -ядер и определение энергий связи и ширин квазисвязанных состояний.

Рекомендация. ПКК считает, что в настоящее время нельзя дать твердую рекомендацию. Поскольку проект одобрен в 2019 году и нуждается в продлении, ПКК просит команду ОИЯИ вернуться к этому вопросу на следующей сессии ПКК с четким предложением и ясной презентацией, в которой излагаются первоначальные цели проекта в 2019 году, достижения за прошедшие четыре года и планы на запрашиваемый период продления.

ПКК принимает к сведению отчет о деятельности группы ОИЯИ в эксперименте BESIII, представленный И. И. Денисенко. Эксперимент BESIII в ИФВЭ (Пекин, Китай) направлен в первую очередь на изучение спектроскопии легких адронов и чармониев, физики открытого чарма и физики t -лептона. Группа ОИЯИ получила высококачественные физические результаты в области спектроскопии легких адронов, поиска состояний глюбола, инклюзивного образования чармония и изучения свойств распада состояний чармония, которые легли в основу нескольких публикаций и диссертаций. Группа является ведущим разработчиком программного обеспечения в коллаборации BESIII, занимающимся распределенными вычислениями и разработкой алгоритмов машинного обучения для реконструкции событий.

Рекомендация. ПКК высоко оценивает важный вклад группы ОИЯИ, а также планы продолжить изучение очарованных кварков в будущем эксперименте SPD на NICA. ПКК рекомендует ОИЯИ продолжить участие в проекте BESIII в период с января 2024 года по июнь 2028 года с рейтингом А.

ПКК принимает к сведению отчет А. Н. Бородина об участии ОИЯИ в эксперименте TAIGA. Группа ОИЯИ играет в коллаборации TAIGA важную роль по разработке и производству черенковских атмосферных телескопов (Imaging Atmospheric Cherenkov Telescopes, IACT). Построены механические конструкции четырех IACT, задействованных в сборе экспериментальных данных. В ОИЯИ

разработана технология изготовления фокусирующих зеркал для телескопов. Со времени последней презентации на ПКК участие ОИЯИ в анализе данных возросло за счет привлечения молодых исследователей. Они внесли заметный вклад в моделирование телескопов методом Монте-Карло и в разработку программного обеспечения для автономного анализа.

Рекомендация. ПКК призывает команду ОИЯИ TAIGA к сотрудничеству с командой ОИЯИ БАЙКАЛ в анализе данных, в частности в поиске событий со схожими и взаимодополняющими характеристиками. ПКК рекомендует ОИЯИ продолжить участие в проекте TAIGA в период с января 2024 года по январь 2029 года с рейтингом А.

ПКК принимает к сведению отчет об участии коллектива ОИЯИ в подготовке эксперимента JUNO, представленный Д. В. Наумовым. Эксперимент JUNO направлен на определение иерархии масс нейтрино с целью достижения значимости не менее трех-четырех стандартных отклонений после шести лет набора данных. JUNO стремится обеспечить наиболее точные измерения трех параметров осцилляций нейтрино (Δm^2_{31} , Δm^2_{21} , $\sin^2 2\theta_{12}$) с точностью до 0,2–0,5 %. Коллектив ОИЯИ получил широкое признание в рамках коллаборации, внося существенный вклад в аппаратное обеспечение, включая производство более 20 тысяч высоковольтных блоков для всех PMT JUNO, строительство верхнего трекового детектора, закупку SiPMT для детектора TAO. Команда также вносит свой вклад в разработку программного обеспечения для моделирования, реконструкции и анализа данных, а также в широкомасштабные испытания PMT. Команда ОИЯИ играет заметную роль в руководстве коллаборацией JUNO, включая должности в Исполнительном совете, Комитете докладчиков и Комитете по публикациям. Сотрудники также осуществляют координацию работ на уровнях T2 и T3.

Рекомендация. ПКК высоко оценивает важный вклад и заметное участие коллектива ОИЯИ в реакторном нейтринном эксперименте JUNO, который находится на стадии ввода в эксплуатацию, и рекомендует ОИЯИ продолжить свое участие в JUNO в период с января 2024 года по январь 2027 года с рейтингом А.

ПКК заслушал отчет Л. Д. Колупаевой об участии ОИЯИ в текущем ускорительном нейтринном эксперименте NOvA и в подготовке эксперимента нового поколения DUNE. Группа ОИЯИ внесла значительный вклад в эксперимент NOvA, включая построенные в ОИЯИ испытательные стенды для сцинтилляторов и электроники, создание Центра удаленного управления (ROC-Dubna) и компьютерной инфраструктуры на основе сетевых и облачных технологий. Последние

используются сотрудниками ОИЯИ для анализа нейтринных осцилляций, изучения сверхновых и атмосферных нейтрино, поиска монополя Дирака и многого другого. Члены коллектива ОИЯИ занимают видные должности в коллаборации NOvA, координируя обработку экспериментальных данных и анализ экзотических каналов. Они также предоставляют экспертные знания в области обнаружения сверхновых и для работы систем набора данных и ROC. С учетом планов работы NOvA до конца 2026 года ожидаются мировые рекорды по чувствительности при определении иерархии масс нейтрино и фазы CP-нарушения.

Группа ОИЯИ также представила свои планы относительно проекта следующего поколения DUNE. Группа могла бы внести значительный вклад в создание ближнего детектора, включая систему сбора света в жидком аргоне, трековую систему на основе строу-трубок, а также алгоритмы и методы анализа данных.

Рекомендация. ПКК высоко оценивает важные научные задачи экспериментов NoVA и DUNE, а также эффективность коллектива ОИЯИ, участвующего в этих двух проектах. ПКК рекомендует продолжить участие ОИЯИ в эксперименте NOvA и поддерживает работу по подготовке проекта DUNE на период с января 2024 года по январь 2027 года с рейтингом А.

ПКК заслушал отчет о проекте «Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)», представленный В. В. Кореньковым. ПКК высоко оценивает усилия, направленные на предоставление современной вычислительной техники на базе МИВК ученым ОИЯИ. Крупный инфраструктурный проект МИВК (КИП МИВК) обеспечит полную поддержку работы всех аппаратных и программных компонентов МИВК. К ним относятся грид-сайты Tier1 и Tier2, облачная инфраструктура, гиперконвергентный суперкомпьютер «Говорун», многоуровневая система хранения данных, сетевая инфраструктура, системы энергоснабжения и климат-контроля. Модернизация и реконструкция этих компонентов будет осуществляться в соответствии с новыми тенденциями развития ИТ-технологий и требованиями пользователей.

Рекомендация. ПКК признает решающую роль МИВК в научных исследованиях и удовлетворении потребности в современных вычислительных мощностях и системах хранения данных. ПКК рекомендует продлить проект «Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс» на период с января 2024 года по январь 2031 года с рейтингом А.

V. Предложения новых проектов

ПКК заслушал предложение об открытии нового проекта «Математические методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных», представленное С. В. Шматовым. Проект направлен на разработку общих математических методов и программного обеспечения с широким использованием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных в тесном сотрудничестве с пользователями, включая, в первую очередь, эксперименты флагманского проекта ОИЯИ NICA и нейтринной программы ОИЯИ. Также будет продолжено сотрудничество в экспериментах на мировых ускорительных центрах (CERN, BNL и др.), экспериментах в области физики нейтрино и астрофизических экспериментах, радиобиологических исследовательских программах.

Рекомендация. ПКК отмечает постоянно растущую роль программного обеспечения, алгоритмов, методов машинного обучения и вычислительной физики в современной науке, включая физику высоких энергий, ядерную физику и смежные области. ПКК рекомендует открыть проект в 2024 году на период с января 2024 года по январь 2027 года с рейтингом А.

ПКК принимает к сведению новый проект участия группы ОИЯИ в эксперименте AMBER с фиксированной мишенью на SPS CERN, представленный А. В. Гуськовым. Эксперимент посвящен изучению внутренней структуры и свойств адронов. Первый этап будет включать прецизионное измерение электромагнитного радиуса протона, изучение партонной структуры заряженных пионов в процессах образования пар Дрелла–Яна и чармония, а также измерение выхода антипротонов в столкновениях $p+\text{He}$. Проект AMBER одобрен в CERN, в настоящее время проводится тестовый сеанс. Основой установки AMBER является модернизированный спектрометр COMPASS. Коллектив ОИЯИ будет поддерживать работу и модернизировать электронику существующих детекторов, включая электромагнитный и адронный калориметры, а также широкоапертурную мюонную систему. Трекеры на базе Micromegas также будут разрабатываться командой ОИЯИ.

Рекомендация. Принимая во внимание синергию между обширными физическими программами экспериментов AMBER и NICA SPD, в том числе пользу от обучения молодых исследователей в эксперименте AMBER во время создания

SPD, ПКК рекомендует участие группы ОИЯИ в эксперименте AMBER в период с января 2024 года по июнь 2026 года с рейтингом А.

VI. Новая структура исследовательских тем и проектов в ЛТФ

ПКК принимает к сведению отчет по темам «Фундаментальные взаимодействия полей и частиц», «Современная математическая физика: гравитация, суперсимметрия и струны», «Дубненская международная школа современной теоретической физики (DIAS-TH)» и предложение о новой структуре исследовательских тем и проектов в ЛТФ, представленные Д. И. Казаковым. Исследования ЛТФ сосредоточены в основном на физике элементарных частиц и современной математической физике. ЛТФ также проводит успешные образовательные программы для молодых ученых и студентов из государств-членов ОИЯИ и других стран.

Рекомендация. ПКК поддерживает продолжение научных исследований по представленным направлениям в рамках новой структуры тем и проектов в области физики элементарных частиц, фундаментальных взаимодействий, современной математической физики и образовательной деятельности в области современной теоретической физики, как указано в докладе Д. И. Казакова.

VII. Доклады молодых ученых ОИЯИ

ПКК рассмотрел 13 стендовых докладов молодых ученых ЛФВЭ, ЛТФ и ЛЯП. Комитет выбрал доклад М. М. Шандова «Система коррекции ведущего магнитного поля Бустера NICA» для представления на следующей сессии Ученого совета в сентябре 2023 года.

VIII. Следующая сессия ПКК

Следующее заседание ПКК по физике частиц запланировано на 22–23 января 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 с физическими результатами, в частности, эксперимента с пучком Хе;

- отчет о подготовке 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