



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»**



Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова
Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт»
(НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ)

площадь Науки, д. 1, г. Протвино,
Московская область, 142281
тел.: (4967) 71-36-23, факс: (4967) 74-28-24

УТВЕРЖДАЮ

Директор
НИЦ «Курчатовский
институт» - ИФВЭ

Песенко Валерий Николаевич



«19» мая 2026 г.

20.05.2026 № 700-708-13/777

На № 15311-10/11-31/477

от 4.03.2026

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения Института физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра "Курчатовский институт" на диссертацию

Овтина Ивана Валерьевича

"Измерение масс нейтрального и заряженного D-мезонов на детекторе КЕДР",

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15. Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий.

Актуальность темы диссертации.

Диссертационная работа выполнена на ускорительном комплексе со сталкивающимися электрон – позитронными пучками ВЭПП-4М. Данная машина при относительно низкой светимости имеет очень высокую точность измерения энергии пучков в области энергий в системе центра масс от 2 до 11 ГэВ. Это открывает возможность высокоточных измерений на универсальном детекторе КЕДР характеристик частиц, образующихся в e^+e^- аннигиляции. В программу исследований КЕДР входят измерения массы τ -лептона, масс и парциальных ширин резонансов J/ψ , $\psi(2S)$, $\psi(3770)$ и узких резонансов Y -семейства, а также представляемое измерение масс D-мезонов.

Массы основных состояний задают шкалу для возбужденных состояний. Точность измерения масс D и D* имеет значение для выяснения природы узкого состояния X(3872) вблизи порога D^0D^{*0} . Массы являются входными параметрами или реперами в КХД - расчетах на решетке. Уточнение масс легчайших D-мезонов, распадающихся по слабому взаимодействию, нужно для уточнения параметров матрицы Кабиббо–Кобаяши–Маскавы. Измерение разности масс нейтрального и заряженного мезонов востребовано в модельных вычислениях для разделения вкладов электромагнитного взаимодействия и разницы масс лёгких кварков в изотопическое расщепление масс.

Таким образом, актуальность физической части работы несомненна.

Методическая часть диссертации связана с системой аэрогелевых счётчиков черенковского излучения. Она заключается в разработке и реализации методов и программных средств

калибровки, эксплуатации, моделирования и реконструкции данных с детектора. Обеспечение длительной эксплуатации детектора с нужными параметрами важно для идентификации заряженных пионов и каонов при изучении многих адронных процессов. В частности, его применение позволило уменьшить уровень фона и повысить точность измерения масс D-мезонов.

Объем, структура и содержание работы.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения. Полный объём диссертации составляет 122 страницы, включая включая 62 рисунка, 14 таблиц и список литературы из 104 наименований.

Во введении сформулированы цели исследования, обосновывается его актуальность, перечислены выносимые на защиту положения. Приведена информация об апробации результатов и публикациях. Подробно представлен личный вклад автора в решение задач.

В первой главе диссертации даётся достаточно ёмкий обзор спектроскопии D-мезонов. Рассмотрено текущее состояние по экспериментальному измерению их масс, с краткой информацией по методам измерения.

В начале второй главы представлено описание коллайдера ВЭПП-4М, выделен важный для целей исследования вопрос об измерении энергии пучка. Остальная часть главы посвящена универсальной установке КЕДР. Основную роль в измерении масс D-мезонов играют дрейфовая камера и магнитная система, а также детекторы для идентификации частиц - времяпролётный и черенковский, рассмотренный в отдельной главе. Представлены и остальные системы, за исключением системы регистрации рассеянных электронов. Интересны устройство дрейфовой камеры, в частности поворот плоскости дрейфа для компенсации угла Лоренца дрейфа в магнитном поле, и выбор рабочего газа -- диметилового эфира. Дано хорошее описание электромагнитных калориметров с довольно сложной структурой. В целом обзорную 1-ю главу и представление ускорителя и установки КЕДР во 2-й главе следует отнести к сильным сторонам диссертации.

Третья глава посвящена системе азрогелевых счётчиков АШИФ и является центральной по вкладу автора в методическую часть исследований. Основные задачи, решаемые автором, – создание средств калибровок, мониторингования, контроля, реконструкции данных с детектора и его моделирование. Это включает весьма широкий круг тем, таких как: контроль высоковольтного питания, измерение шумов ФЭУ на МКП, калибровка измерительного тракта. Изобретательно выполнена геометрическая привязка системы счётчиков («выставка» по терминологии автора).

Особенностью данного исследования является отслеживание работы системы в течение длительного времени (около 10 лет). В результате автором выявлено, измерено и учтено ухудшение оптико—электронных характеристик измерительного тракта.

Составной частью комплекса задач по работе с АШИФ является реконструкция данных с детектора. Автор успешно решил задачу по оценке пион-каонной идентификации с использованием разных наборов данных – космических мюонов и физических событий распадов J/ψ.

Для установок класса КЕДР, тем более при решении амбициозных по точности задач, не менее важным аспектом, чем собственно работа детекторов, является их адекватное моделирование. Из-за размеров, геометрии, конструктивных особенностей и многообразия физических эффектов детектор АШИФ является с этой точки зрения весьма сложным объектом. Разработанная автором модель позволила реалистично воспроизвести все важные характеристики детектора и процедуры идентификации частиц.

В целом 3-я глава убедительно показывает несомненный практический вклад диссертанта в вычислительно—программные и эксплуатационные аспекты по детектору АШИФ.

Четвёртая глава представляет физическую часть диссертационной работы – точное измерения масс нейтрального и заряженного основных состояний очарованных мезонов и их разности. Для измерения использованы два набора данных, накопленных в экспозициях 2004 г и 2016-2017 гг.

Результаты измерений по первому набору получены при их повторной обработке с

использованием уточнённых мировых данных по сечению парного рождения D-мезонов в процессах аннигиляции для учёта излучения из начального состояния (ISR). Они уточняют результаты, опубликованные группой КЕДР ранее (2018 г.). Измерения указанных масс по второму набору сделаны впервые. Следует отметить, что в них, в отличие от данных 2004 г., автор использует детектор АШИФ для пион-каонной идентификации.

В начале главы изложен ранее уже применявшийся метод измерения, использующий главное достоинство комплекса ВЭПП – 4М – точное измерение энергии пучка. Измерение масс D^0 и D^+ (D^-) выполняется в реакции аннигиляции встречных пучков $e^+e^- \rightarrow \psi(3770)$ в максимуме резонанса, с распадом $\psi(3770) \rightarrow \bar{D}D$ и выделением распада (анти)D-мезона в заряженные пионы и каоны: $D^{0(+)} \rightarrow K^- \pi^+$ ($K^- \pi^+ \pi^+$). Главной кинематической переменной для выделения сигнала и извлечения параметра массы является инвариантная масса с наложением пучковой связи (так называемая beam—constrained, M_{bc}) 2-х (3-х)-частичной системы, построенная из энергии пучка и импульсов заряженных каонов и пионов. Для улучшения отделения сигнала от фона и уточнения его характеристик служат распределения по дополнительным переменным.

Подгонка распределений выполняется суммой сигнального и фоновых вкладов, формы которых получены моделированием методом Монте-Карло с соответствующими генераторами физических процессов, включая учёт ISR. Краткость представления в диссертации соответствующих программно—вычислительных средств объясняется, видимо, их стандартностью и широким использованием. Тем не менее, выполнена и довольно детально изложена необходимая в высокоточных измерениях оценка неопределённостей от «физических» источников.

Что касается систематических неопределённостей аппаратного характера, при всей условности такого разделения, автором проделана значительная работа по их минимизации. Примерами являются калибровка импульса вторичных частиц и настройка по экспериментальным данным моделирования ионизационных потерь. Особо отметим пион-каонную идентификацию с применением детектора АШИФ, которая позволила вдвое снизить подложку от адронных процессов с лёгкими кварками (так называемый uds – фон) под сигнальным пиком по M_{bc} .

В результирующей систематической ошибке вклады «физических» и «аппаратурных» источников сравнимы. Её относительная малость позволила без напряженности объединить отдельные измерения по двум указанным выше наборам данных, что важно для снижения статистической ошибки конечного результата при ограниченной светимости ВЭПП-4М.

В заключении ясно суммируются результаты диссертационной работы.

Достоверность результатов работы определяется использованием соответствующих исследованию установок и аппаратуры, опробованных методов анализа и моделирования, в том числе программных средств, а также согласием результатов с результатами других исследований. Материалы диссертационных исследований представлены на семинарах и конференциях, опубликованы в печатных трудах.

Замечания по диссертации.

Общее замечание к диссертации – недостатки в математической формализации процедур и вычислений. Самые важные примеры относятся к изложению подгонки методом правдоподобия.

Так называемые функции распределения вероятностей (PDF) в формуле 4.8 и далее не нормированы на единицу. Это делает не очевидной интерпретацию параметров подгонки b_{uds} и b_{DD} в числе событий или в доле от их общего числа. Процедура получения чисел событий для таб. 4.1 и 4.2 в работе опущена.

В обозначениях, записях и расшифровках формул в этой части есть неточности и недосказанности. Являются ли P_{DD} в 4.8, 4.11 и P_{DDbckg} в 4.13 и в тексте разными обозначениями одной и той же величины, которую автор относит то к фону (4.8, 4.13), то к сигналу (4.11)? Наряду с обозначением $\Delta|p|$ используется Δp ; как следует читать $\Delta|p|^2$ – как

$\Delta(|p|^2)$ или $(\Delta|p|)^2$?

Есть также вопросы и замечания по физическим аспектам диссертации.

На стр.59 не указана относительная нормировка гистограмм при их вычитании.

В разделе 3.4 опущена связь геометрической эффективности, определённой на специфическом наборе треков из событий e^+e^- рассеяния, с тем или иным изучаемым процессом.

В предпоследнем абзаце стр. 67 и в связи с формулой 3.15 мимоходом упоминается сцинтилляция в геле и в тефлоне, как что-то тривиальное и хорошо известное, что не является таковым.

В формуле 3.8 пренебрегается подпороговой частью амплитудного спектра при ненулевом количестве фотоэлектронов, что стоило явно указать.

В абзаце 3 на стр.96 сопоставляется светимость и число наблюдаемых сигнальных событий для D^0 , выявленное рассогласование объясняется падением эффективности реконструкции треков. Можно ожидать, что рассогласование усиливается в случае D^+ с тремя треками. Этого по данным из Таб.4.2 не наблюдается, что оставлено автором без комментариев.

Требует аргументации утверждение на стр.101 о корневой зависимости от числа событий вклада неопределённости калибровки пучка, не гарантированной в случае произвольного распределения ошибок.

Заключение

В целом диссертация адекватно освещает цели проделанной работы, подробно описывает методы, написана понятным языком. Несколько портят впечатление от хорошей работы отмеченные недостатки. Однако по большей части они носят формальный характер и не влияют на существо предмета. Некоторые поднятые вопросы и пожелания дискуссионны и/или обращают внимание автора на возможные усовершенствования.

Но главное, что позволяет уверенно дать работе высокую оценку – полученные высококачественные результаты. Это, во-первых, долговременное надёжное и количественно охарактеризованное функционирование детектора АШИФ, и во-вторых, измерение масс D^0 и разницы масс D^+ и D^0 на мировом уровне точности, а массы D^+ -- с рекордной точностью.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой и соответствует заявленной специальности 1.3.15. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Полученные автором результаты вносят значимый вклад в физику частиц и физику высоких энергий. Достигнутый новый стандарт точности в измерении масс D -мезонов будет использован в последующих исследованиях очарованных адронов и в развитии КХД в целом. Развитие методики точных измерений масс в целом востребовано в физике высоких энергий. Методические разработки автора по черенковским аэрогелевым детекторам представляют значительный интерес для ускорительных экспериментов при средних энергиях, проводимых в ИЯФ им. Будкера СО РАН, в НИЦ «Курчатовский Институт» -- ИФВЭ и в других научных институтах, а также для смежных областей науки и техники.

Результаты диссертации Овтина И.В. представлены, обсуждены и одобрены на научном семинаре Отделения экспериментальной физики Федерального государственного бюджетного учреждения Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра "Курчатовский институт 13 мая 2026 года.

Диссертация Овтина Ивана Валерьевича «Измерение масс нейтрального и заряженного D -мезонов на детекторе КЕДР» удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения

ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15. Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий.

Отзыв составил
ведущий научный сотрудник ОЭФ
НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ
кандидат физико-математических наук



Хохлов Юрий Анатольевич

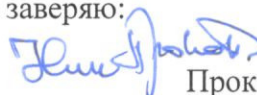
Руководитель семинара ОЭФ
ведущий научный сотрудник ОЭФ
НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ
доктор физико-математических наук



Садовский Сергей Анатольевич

Подписи Ю.А. Хохлова и С.А.Садовского заверяю:

Учёный секретарь
НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ



Прокопенко Николай Николаевич

Почтовый адрес:

142281, Московская обл., г. Протвино, площадь Науки д.1,

НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ

Тел.: (4967) 71-36-23

email: fgbu@ihep.ru