

**Отзыв официального оппонента на диссертационную работу
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»**

Спустя 50 лет после открытия D^0 -мезона физика очарованных адронов стала самостоятельной отраслью физики частиц. Над изучением свойств очарованных адронов в настоящий момент работают такие успешные экспериментальные установки, как BES III и Belle II. В ближайшей перспективе начнется строительство Супер тау-чарм фабрики.

Масса частицы — одна из основных характеристик, ее значение является определяющим для понимания физики процессов. Точное определение массы D-мезонов необходимо для установления шкалы масс возбужденных состояний, проведения расчетов в КХД и уточнения параметров матрицы Кабиббо-Кобаяши-Маскавы. Кроме того, точное знание массы D^0 -мезона критически важно для разрешения вопроса о возможной молекулярной природе экзотического адрона $X(3872)$.

Эксперимент КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М обладает рядом уникальных особенностей: энергия пучка измеряется с относительной точностью до 10^{-6} методами резонансной деполяризации и обратного комптоновского рассеяния. Применяемая в детекторе система идентификации заряженных частиц АШИФ (Аэрогель, ШИФтер, Фотоумножитель) позволила существенно повысить точность измерений масс D-мезонов и исследовать характеристики векторных состояний, в частности, J/ψ - и Υ -мезонов. Все это делает КЕДР чрезвычайно эффективным инструментом для прецизионного измерения масс частиц. Диссертационная работа посвящена измерению массы очарованных мезонов, а также разработке и эксплуатации системы АШИФ, что определяет ее **актуальность и важность**.

Система идентификации частиц АШИФ является одной из двух — наряду с времяпролетной системой — подсистем детектора КЕДР, предназначенных для идентификации заряженных адронов, каонов и пионов. Ее надежное и стабильное функционирование — залог эффективной работы всей установки. Описываемая в диссертации подсистема детектора КЕДР — первый опыт использования технологии АШИФ для универсальных детекторов частиц. В настоящее время изучается возможность ее применения на других детекторах, в частности на Супер тау-чарм фабрике (г. Хефэй, КНР). В случае принятия решения об использовании

этой технологии наработки диссертанта окажутся чрезвычайно востребованными. Полученное в результате эксперимента значение массы D^+ -мезона является на данный момент наиболее точным в мире, что, несомненно, подчеркивает **научную новизну** проведенного исследования.

Практическая значимость работы также не вызывает сомнений: помимо самого факта улучшения точности измерения массы — фундаментальной характеристики — D -мезона, сравнение полученных результатов с предсказаниями КХД является строгим тестом последней. Измеренные массы в дальнейшем будут использоваться в качестве референсных для будущих экспериментов в физике частиц. Прецизионное измерение массы D -мезона необходимо для выяснения природы состояния $X(3872)$. Разработанная автором технология детекторов АШИФ рассматривается как одна из опций при создании детектора на ускорителе Супер тау-чарм фабрики (г.Хефэй, КНР).

Приведенные в диссертации результаты прошли процедуру внутреннего реферирования коллаборации КЕДР, были неоднократно представлены на семинарах ИЯФ СО РАН им. Г. И. Будкера, всероссийских и международных конференциях, опубликованы в статьях в рецензируемых журналах, в том числе входящих в список ВАК и индексируемых международными базами данных, включены в отчеты по проектам Российского фонда фундаментальных исследований. На созданное программное обеспечение получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Таким образом, **обоснованность и достоверность** научных положений и выводов очевидна.

Диссертация Овтина И.В. содержит 122 страницы, состоит из введения, четырех глав, заключения, снабжена 62 рисунками и 14 таблицами. Библиографический перечень содержит 104 ссылки.

Во **введении** дается описание структуры диссертации, обосновывается выбор темы, указаны цели работы и выносимые на защиту результаты.

Первая глава посвящена описанию истории открытия очарованных мезонов и измерения их масс, а также отдельно разности их масс.

Во **второй главе** подробно описано устройство ускорителя ВЭПП-4М. Приводится описание конструкции детектора КЕДР и основные характеристики его подсистем, за исключением системы АШИФ: вершинного детектора, дрейфовой камеры, времяпролетной системы, цилиндрического и торцевого электромагнитных калориметров, мюонной системы, монитора светимости. Отдельные разделы посвящены описанию триггера и системы сбора данных.

Детальное описание системы АШИФ приведено в **третьей главе** диссертации. Обсуждаются физические принципы работы системы, конструкция торцевых

модулей и модулей для цилиндрической части детектора, используемая электроника считывания сигнала. Приводятся алгоритмы калибровки системы и реконструкции события. Описан процесс сопряжения локальных и глобальных систем координат детектора, указана методика перевода. Описаны процедуры измерения геометрической эффективности и эффективности К/л разделения. Обсуждается долговременная стабильность детектора и способы ее мониторинга. Приведено описание процедуры моделирования установки.

Четвертая глава посвящена описанию измерения масс D^0 - и D^+ -мезонов. Подробно описана методика измерения масс, основывающаяся на вычислении «псевдомассы» (beam constrained mass) D -мезона, рождающегося в распаде состояния $\psi(3770)$. Большое внимание уделено описанию источников систематических неопределенностей в измерении: связанных с неточным знанием энергии пучков и конечным импульсным разрешением детектора. Обсуждаются поправки к измеренным значениям импульса продуктов распада D -мезона для компенсации ионизационных потерь, а также применение калибровочного коэффициента, определенного из данных эксперимента. Приведены результаты определения масс D^0 - и D^+ -мезонов с учетом статистических и систематических ошибок измерения. Проведен сравнительный анализ полученных результатов и ранее выполненных измерений.

В **заключении** подытожены результаты работы.

Несмотря на важность, актуальность и научную новизну описанных в диссертации исследований и достоверность полученных результатов, текст диссертации не лишен некоторого количества **недостатков** и **неточностей**, впрочем не влияющих на уровень диссертационной работы. Наиболее важные из них перечислены ниже.

1. В качестве спектросмещающего переизлучателя в детекторе АШИФ используется комбинация ПММА и ВВQ. В тексте работы не приводится обоснование выбора именно этой комбинации. Другая часто используемая технология на основе полистирола с добавлением паратерфенила и переизлучателя РОРОР обеспечила бы значительно лучшее временное разрешение и больший световыход при сравнимой стоимости.
2. В главе 3.5.1 приведена эффективность регистрации сигнала в цилиндрической и торцевой частях детектора АШИФ: $99,991 \pm 0,001\%$ и $99,999 \pm 0,001\%$ соответственно. Эти значения получены по формуле Пуассона $1 - \exp(-\mu)$, где μ — среднее значение количества зарегистрированных фотонов на трек ($9,3 \pm 0,1$ и $12,5 \pm 0,1$). Приведенные значения, будучи технически верными, могут ввести в заблуждение, поскольку, очевидно, не только само среднее значение количества фотоэлектронов на

трек имеет ошибку, но также существует и разброс среднего значения между модулями детектора и по поверхности детектора, достигающий, по данным автора, 30%. При этом полная эффективность системы определяется худшим ее элементом. Отдельно стоит отметить, что в предыдущей главе геометрическая эффективность детектора оценивалась в зависимости от режима работы в 46,5-86,6% с ошибкой 0,5-0,6%. Приведенные значения эффективности регистрации сигнала на практике всегда оказываются свернуты с гораздо хуже известной геометрической эффективностью. С практической точки зрения было бы очень удобно помимо отдельно геометрической эффективности и эффективности светосбора иметь полную эффективность подсистемы.

3. Возможность прецизионного измерения энергии пучка — ключевое преимущество ускорителя ВЭПП-4М. При измерении масс D-мезонов систематическая ошибка, проистекающая из неопределенности в энергии пучков, составляет около 0,5%, что существенно меньше эффектов от других источников систематики. Однако при определении систематической ошибки в массе D-мезона, по-видимому, не учитывалась неопределенность, возникающая из функции, описывающей разброс энергий электронов в пучке. По крайней мере в итоговых таблицах систематических неопределенностей она не указана. В тексте приведено лишь значение разброса энергии электронов (1,15 МэВ и 1,00÷1,59 МэВ), однако не приведена и не обсуждается функция распределения энергии электронов. Длинные «хвосты» распределения потенциально могут значительно влиять на результат.
4. В мотивационном разделе диссертации упоминается, что точное измерение массы D⁰-мезона важно для определения природы состояния X(3872). Было бы интересно увидеть комментарии о влиянии полученных результатов на интерпретацию X(3872).

Использование для масс частиц энергетических единиц (МэВ) вместо общепринятых МэВ/c² и непереведенного английского текста в некоторых иллюстрациях скорее можно отнести к небрежностям при написании работы, чем к серьезным недостаткам.

Приведенные выше замечания не снижают главных достоинств диссертационной работы. **Автореферат правильно отражает содержание диссертации.**

Считаю, что диссертация Овтина И.В. представляет собой законченную квалификационную работу, которая выполнена на высоком уровне и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842,

предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15. «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий».

Я, Углов Тимофей Валерьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Овтина Ивана Валерьевича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Углов Тимофей Валерьевич

кандидат физико-математических наук
(специальность 01.04.16 – Физика атомного ядра и элементарных частиц),

высококвалифицированный старший научный сотрудник
Лаборатории тяжелых кварков и лептонов
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Физического института им. П.Н. Лебедева
Российской академии наук
Адрес: 119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, д. 53

E-mail: uglov.timofey@gmail.com


Подпись Углова Т.В. удостоверяю.

Савинов Сергей Юрьевич

Помощник директора ФИАН по научной работе,

доктор физико-математических наук




28 апреля 2016 г.

