

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук Киселева В. В. на диссертацию ВИНОКУРОВОЙ Анны Николаевны «Изучение чармониев и чармониеподобных состояний в распадах B -мезонов с детектором BELLE», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц в диссертационный совет Д 003.016.02 на базе ФГБУН Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН

В физике тяжелых кварков особую роль играют связанные состояния кварка и анти-кварка, поскольку, в силу наличия малого отношения масштаба конфайнмента кварков в КХД около 300 МэВ к массе тяжелого кварка, открывается возможность построения теоретического описания таких мезонов с использованием разложения физических параметров системы в ряд по этому малому динамическому параметру, что позволяет существенно продвинуться в изучении динамики сильных взаимодействий. На этом разложении основано и применение правил сумм КХД, где вклад кварк-глюонных конденсатов возникает как поправка к ведущему пертурбативному вкладу, и расчеты процессов жесткого рождения тяжелых кваркониев в адронных столкновениях, где бегущая константа связи КХД оказывается малой величиной, подавленной логарифмом малого параметра, и в потенциальных моделях, когда скорость движения тяжелого кварка в кварконии является нерелятивистской при энергии связи, сравнимой с масштабом конфайнмента, при условии, что легкие степени свободы КХД, определяющие статический потенциал, далеки от порога возбуждения состояний типа глюболов, которые могут смешиваться с соответствующими состояниями, имеющими валентные степени свободы легких кварков. Таким образом, состояния со скрытым ароматом двух тяжелых кварков представляют собой лабораторию для исследования КХД как с использованием разложения по малому параметру, так и для определения границ этого разложения, когда возникают эффекты, не укладывающиеся в

рамки закономерностей, следующих из этого разложения. С экспериментальной точки зрения актуальными задачами становятся высокоточные измерения параметров тяжелого кваркония, создающие всю полноту картины динамики КХД для таких мезонов, и поиски кваркониеподобных состояний для разработки вопроса о механизмах их формирования в КХД. Подобные исследования возможны только при наличии высококлассных установок с качественным инструментарием обработки событий большой статистики, к которым как раз относится BELLE. Диссертация А.Н. Винокуровой является **актуальной**, так как посвящена обработке данных с детектора BELLE как раз в каналах распада В-мезонов в модах с участием псевдоскалярного кваркония, построенного из очарованных кварка и анти-кварка, и поиску в подобных каналах ряда кварконие-подобных состояний.

Научная и практическая ценность проведенных автором диссертации исследований не вызывает сомнений. Результаты диссертации могут быть использованы в экспериментальных исследованиях по физике частиц, выполняемых в CERN, SLAC, ИЯИ РАН, ИФВЭ, НИИЯФ МГУ, физическом факультете МГУ, ИТЭФ, ФИАН и других научных центрах.

Новизна результатов диссертации очевидна. Действительно, впервые в распадах $B^\pm \rightarrow K^\pm (K_S K \pi)^0$ измерены параметры чармониев η_c и $\eta_c(2S)$ с учетом интерференции сигнала с нерезонансным фоном. Кроме того, впервые проведен поиск экзотических состояний в распадах $B^\pm \rightarrow K^\pm \eta_c + \text{адроны}$.

Обоснованность полученных результатов обусловлена высококвалифицированным применением методов обработки результатов измерения мод распадов заряженных В-мезонов с помощью инструментария коллаборации BELLE в случае восстановления ряда мод распадов псевдоскалярного чармония и его радиального возбуждения и для поиска экзотических чармониеподобных состояний. А.Н. Винокурова использовала оригинальный метод выделения амплитуды сигнала от псевдоскалярного чармония в условиях интерференции с фоном, который включает в себя как ортогональные по углам вклады, так и не ортогональный, подобный сигналу

вклад.

О **достоверности результатов** свидетельствует хорошее согласие результатов с предыдущими измерениями параметров η_c или $\eta_c(2S)$ в случае исследования распадов $B^\pm \rightarrow K^\pm (K_S K \pi)^0$, а также использование проверочной моды распада в случае анализа распадов $B^\pm \rightarrow K^\pm \eta_c + \text{адроны}$.

Необходимо отметить, что **личный вклад** А.Н. Винокуровой в исследованиях, отраженных в диссертации, является определяющим.

После вводных страниц о статусе поставленной физической задачи в области физики элементарных частиц и краткого описания имеющихся в настоящий момент по данному вопросу данных и их трактовки в рамках теоретических моделей в **первой главе**, во **второй главе** диссертации описан вклад автора диссертации в работу детекторной части установки BELLE. Для этого сначала приводится необходимое описание коллайдера KEKB и собственно самой установки. Автор обосновывает необходимость создания конкретной программной части работы стенда по испытанию усилителей-формирователей, которые применяются при модификации электроники калориметра детектора BELLE II. А именно, А.Н.Винокурова в составе группы сотрудников ИЯФ СО РАН разработала программы обработки калибровочных сигналов двух типов, которые были использованы при селекции модулей усилителей, удовлетворяющих требованиям по допускам искажения формы сигнала.

В **третьей главе** проводится выделение сигнала псевдоскалярного состояния чармония и его радиального возбуждения с использованием методики учета интерференции амплитуды рождения такого состояния с амплитудой фоновых процессов. Для этого используется двумерная диаграмма в специально для этих целей подобранных переменных инвариантной массы и угла между продуктами распада псевдоскалярного состояния на заряженный каон и короткоживущее состояние нейтрального каона в системе покоя чармония. Это позволило существенно продвинуться в выделении сигнала от распада за счет максимально возможной фиксации параметров интерференции с фоном. Автор детально описывает процедуру

такого анализа, четко разъясняя как его преимущество, так остающиеся в нем неопределенности. Приводимые иллюстрации не оставляют никакого сомнения в надежности полученных в этой главе результатов по массе, ширине резонансов и значениям произведений относительных вероятностей выходов этих состояний в распадах заряженных В-мезонов.

В **четвертой главе** детально обсуждается возможность детектирования чармониеподобных состояний, которые получаются в слабых переходах заряженных В-мезонов в заряженные каоны с квантовыми числами, отвечающими резонансам с четырьмя модами распадов в псевдоскалярный чармоний η_c и нейтральные состояния $\pi^+\pi^-$, π^0 , η и ω , которые детектируются в последующих распадах. При этом предполагается, что подобные резонансы расположены в области масс, которые, по сути, задаются порогами образования псевдоскалярных и векторных D-мезонов, как это следует из модели молекулярной структуры таких состояний, имеющих, следовательно, малую энергию связи, а также некоторых других экзотических состояний. Описаны процедура оценки сигнальных событий в зависимости от канала инвариантных масс и методы оптимизации такой процедуры по ряду параметров. Поиск таких мод распада экзотических состояний приводит к результатам в виде ограничений сверху на выходы этих состояний в распадах заряженных В-мезонов.

В **Заключении** перечислены результаты, выносимые на защиту, а в двух **приложениях** приводятся громоздкие аналитические выражения, использованные в работе, а также таблица численных значений параметров подгонки, использованных в формулах приложения 2.

В качестве замечаний можно отметить, что сводные таблицы 10 (стр. 74) и 18 (стр. 102) содержат лишь полученный в диссертации результат без сравнения с имеющимися данными других экспериментов, что было бы и наглядно, и удобно для анализа. Это сравнение приходится отыскивать в тексте, чтобы составить себе представление о степени важности полученных значений. Получение абсолютно новых ограничений на выходы экзотических чармониеподобных состояний в исследуемых модах распада также было бы

полезно обозначить в этих таблицах. Поскольку эти таблицы в неизменном виде представлены и в автореферате, указанный недостаток оформления относится и к автореферату. Существенное изменение результата для ширины первого радиального возбуждения псевдоскалярного чармония практически никак не обсуждается с физической точки зрения, не сравнивается с ожидаемым значением из теоретических расчетов и моделей, что было бы интересно. В тексте диссертации не указаны критерии или иллюстрации, показывающие надежность и достоверность восстановления нейтральных мезонов π^0 , η и ω , а мода распада, по которой восстанавливается ω , вообще не указана. Рецензенту остается предположить, что сама процедура восстановления этих мезонов в каналах распадов была использована в виде части стандартного программного обеспечения коллаборации BELLE. В автореферате ничего не сказано об учете тождественности заряженных каонов от распада собственно В-мезона и от распада псевдоскалярного чармония, что важно, и о чем в тексте диссертации имеется надлежащая фраза о кинематическом разделении этих частиц. Однако недочеты в оформлении диссертации и автореферата несколько не умаляют достижения, полученные в ее содержательной части.

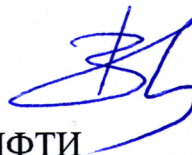
Результаты диссертации своевременно опубликованы, известны научной общественности. По материалам диссертации опубликовано 6 печатных работ.

Автореферат правильно и достаточно полно отражает содержание диссертации

В целом диссертация представляет собой законченное научное исследование – научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для физики элементарных частиц.

Диссертация А.Н. Винокуровой «Изучение чармониев и чармониеподобных состояний в распадах B -мезонов с детектором BELLE» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Винокурова Анна Николаевна безусловно заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Главный научный сотрудник
ОТФ ГНЦ ИФВЭ НИЦ КИ, д.ф.-м.н.,
доцент кафедры теоретической физики МФТИ
тел.: +7-916-315-1706 (моб.), +7-4967-34-01-39 (дом.)
Адрес: 142280 г. Протвино Московской обл.,
ул. Ленина, д. 14, кв. 29
Адрес эл. почты: Valery.Kiselev@ihep.ru



В.В.Киселев

Ученый секретарь ГНЦ ИФВЭ НИЦ КИ,
к.ф.-м.н.



Н.Н.Прокопенко

«1» декабря 2015 г.

