

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУ ГНЦ РФ – ИТЭФ
НИЦ Курчатовский институт

д.т.н., профессор



Козлов Ю.Ф.
ноября 2015 г.

Отзыв

**ведущей организации, Федерального государственного бюджетного учреждения “Государственный научный центр Российской Федерации – Институт Теоретической и Экспериментальной Физики”
НИЦ Курчатовский институт,
на диссертацию А.Н. Винокуровой
“Изучение чармониев и чармониеподобных состояний в распадах В-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 течение последних десятилетий лет новая информация о состояниях кваркония поступала от В-фабрик, экспериментов на асимметричных электрон-позитронных коллайдерах с энергией в системе центра масс, соответствующей рождению $\Upsilon(4S)$ -резонанса. Хотя основная задача В-фабрик заключается в изучении нарушения CP-симметрии в распадах В-мезонов, эти эксперименты позволяют исследовать чармониевые и чармониеподобные состояния, множественно рождающиеся в распадах В-мезонов, а также в других процессах. Одной из установок, работающих на такой В-фабрике, является детектор Belle. В коллаборацию Belle входят несколько российских научных институтов, в том числе Институт ядерной физики СО РАН. Сотрудники этого института принимали активное участие в создании и поддержании работы электромагнитного калориметра детектора Belle. В настоящий момент с их участием проводится модернизация детектора, в частности, разрабатывается и тестируется новая электроника для электромагнитного калориметра.

Диссертация А.Н. Винокуровой содержит как экспериментальную часть, посвященную анализу распадов В-мезонов в чармониевые и чармониеподобные состояния, так и методическую часть, описывающую процедуру проверки формы сигнала с усилителей-формирователей, являющихся ча-

стью электроники считывания будущего детектора Belle II. В диссертационной работе были поставлены следующие цели: изучение распада $B \rightarrow K^+(K_S K \pi)^0$ и измерение параметров промежуточных резонансов η_c и $\eta_c(2S)$, а также изучение распадов $B \rightarrow K^+ \eta_c + \text{адроны}$ и поиск в них промежуточных чармониеподобных состояний.

В первой главе диссертации приводится обзор теоретических моделей и экспериментальных результатов, относящихся к рассматриваемым состояниям чармония и чармониеподобным состояниям. Сделано предположение о возможной причине расхождения между предыдущими измерениями параметров некоторыми состояниями чармония. Во второй главе описывается асимметричный электрон-позитронный коллайдер KEKB и детектор Belle. В ней также освещен проект усовершенствования коллайдера для достижения сверхвысокой светимости и детектора Belle II, способного эффективно работать в условиях такой светимости. Проект включает модернизацию электромагнитного калориметра, в которой активно участвует автор. Планируется установить новые усилители-формирователи с меньшим временем формирования и встроенным алгоритмом восстановления времени и амплитуды сигнала. Это позволит подавить шумы, количество которых сильно возрастет после модернизации коллайдера. Автором была реализована процедура проверки формы сигнала с модулей усилителей-формирователей, позволившая за относительно небольшой срок протестировать несколько сотен модулей и определить нуждающиеся в доработке.

В третьей главе диссертации представлен анализ, посвященный определению параметров η_c и $\eta_c(2S)$ -мезонов в распадах $B \rightarrow K^+(K_S K \pi)^0$. Сложность данного исследования заключается в необходимости учета интерференции сигнала с нерезонансным фоном. Автор предложила и реализовала процедуру учета этой интерференции без использования каких-либо предположений о неизвестных фазе или амплитуде интерференции. Полученные результаты измерения массы и ширины состояний чармония, а также соответствующих произведений вероятностей содержат дополнительную модельную ошибку, которая указывает на то, что учет интерференции является важным аспектом извлечения параметров резонансов. Предыдущие измерения, игнорирующие эффект интерференции, недооценивали ошибку вычисления ширины и массы широких резонансов, что, по-видимому, и приводило к значимому противоречию между значениями параметров, извлеченных из измерений разных процессов. Таким образом, представленный анализ внес важный вклад в правильное измерение параметров η_c и $\eta_c(2S)$ -мезонов.

В четвертой главе представлено исследование распадов B -мезонов в конечные состояния с η_c -мезоном и поиск промежуточных чармониеподобных состояний. Автором было сделано предположение о существовании чармониеподобных частиц, подобных $X(3872)$ и являющихся связанными состояниями $D^{(*)}$ - и $\text{anti-}D^{(*)}$ -мезонов. Их квантовые числа позволяют им рас-

пасть в конечные состояния $\eta_c + \text{адрон}$. Кроме того, в этих конечных состояниях проводился поиск известных четырехкварковых $Z(3900)^0$ и $Z(4020)^0$ состояний, а также резонанса $X(3915)$, природа которого до сих пор не установлена. В результате работы были получены верхние пределы на произведения вероятностей рождения и распада вышеперечисленных экзотических частиц.

Новизна и научная значимость диссертации А.Н. Винокуровой не вызывают сомнений. Автором был получен ряд новых и оригинальных результатов. В частности, в работе была впервые учтена интерференция сигнала широкого резонанса с нерезонансным фоном без дополнительных предположений о фазе и амплитуде интерференции. Были определены значения масс и ширины η_c и $\eta_c(2S)$ -мезонов, а также произведения вероятностей $\text{Br}(B^+ \rightarrow K^+ \eta_c) \times \text{Br}(\eta_c \rightarrow K_S K \pi)$ и $\text{Br}(B^+ \rightarrow K^+ \eta_c(2S)) \times \text{Br}(\eta_c(2S) \rightarrow K_S K \pi)$ с правильно оцененной ошибкой. В работе были впервые получены верхние пределы на произведения вероятностей рождения и распада в конечные состояния с η_c -мезоном для ряда чармониеподобных состояний. Наконец, в рамках работ по модернизации калориметра детектора Belle II автором разработан новый алгоритм проверки формы сигнала усилителя-формирователя.

Результаты представленной работы имеют научную и практическую ценность как для физики кваркония, так и для калориметрии. Полученные параметры η_c и $\eta_c(2S)$ -мезонов позволяют уточнить среднемировые значения этих величин, а также объяснить имеющиеся расхождения между предыдущими измерениями. Предложенный метод учета интерференции между сигналом и нерезонансным фоном может быть использован для изучения других распадов или резонансов. Разработанная процедура поиска экзотических состояний в распадах B -мезонов в конечные состояния с η_c -мезоном может быть проведена с использованием данных будущего детектора Belle II с чувствительностью, на порядок превышающей достигнутую. Разработанный алгоритм проверки формы сигнала усилителей-формирователей может быть использован для тестирования электроники установок, аналогичных детектору Belle II. Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы в крупнейших мировых научных центрах: ИЯФ СО РАН, ИТЭФ, ОИЯИ, ФИАН, ИЯИ, ИФВЭ, CERN, KEK, SLAC, IHEP (Китай) и других.

Как любая большая работа, данная диссертация имеет ряд недостатков.

1. Для подавления вклада в конечное состояние $KK_S K \pi$ распадов B -мезона в очарованные мезоны накладывалось вето на их присутствие в инвариантной массе двух- и трехчастичных комбинаций. Это требование искажает фазовый объем распада $\eta_c(2S) \rightarrow K_S K \pi$, в частности ожидаемые распределения по $\cos \theta$ и $q_{1,2}^2$, однако насколько велик этот эффект и как он сказывается на измеренных параметрах в работе не обсуждается.
2. При изучении распадов $B \rightarrow K^+ \eta_c + \text{адроны}$ анализ проведен только для поиска экзотических состояний, однако немалый интерес представляют

также поиски стандартного чармония. В частности, в распаде $B \rightarrow K^+ \eta_c \pi \pi$ в спектре масс $\eta_c \pi \pi$ комбинаций могли наблюдаться сигналы $\eta_c(2S)$, χ_c и др. Однако на представленных в диссертации рисунках (рис. 36) эта интересная область масс исключена.

3. Остается непонятным, почему сигнал $X(3915)$ искали только в модах $\eta_c \eta$ и $\eta_c \pi^0 \pi$, а $\eta_c \pi \pi$ не рассматривали.
4. При оценке систематической погрешности в определении произведения вероятностей рождения и распада экзотических состояний не учтена неопределенность в параметрах (ширине и массе) этих состояний.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации, представляющей собой хорошо выполненное и законченное экспериментальное исследование. Диссертация проиллюстрирована на должном уровне и демонстрирует хорошее знание автором методики эксперимента, владение современными методами анализа данных. Результаты представленной работы докладывались на научных семинарах и международных конференциях и опубликованы в ведущих журналах. Результаты представленных измерений параметров η_c и $\eta_c(2S)$ -мезонов включены в таблицу свойств элементарных частиц PDG. Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, представленная диссертация отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.04.16 – “физика атомного ядра и элементарных частиц”. Автор диссертации, А.Н. Винокурова, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв подготовил начальник лаборатории №032 «Лаборатория физики сверхплотной барионной материи» д.ф.м.-н.

 Ю.М. Зайцев


Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции №2 Ученого совета ФГБУ ГНЦ РФ ИТЭФ, протокол №60 от 30 октября 2015 г.

Председатель секции №2 Ученого совета ФГБУ ГНЦ РФ ИТЭФ, д.ф.м.-н., член-корр. РАН



П.Н. Пахлов

Секретарь секции №2 Ученого совета ФГБУ ГНЦ РФ ИТЭФ, к.ф.м.-н.



Е.И. Тарковский