

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **МАТВИЕНКО Дмитрия Владимировича** «ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА  $\bar{B}^0 \rightarrow D^{*+} \omega \pi^-$  С ДЕТЕКТОРОМ BELLE», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Огромное число пар  $B$ -мезонов, рождающихся на  $B$ -фабрике КЕКВ, даёт прекрасную возможность для изучения физики мезонов с ненулевыми квантовыми числами шарма ( $C$ ) и прелести ( $B$ ). Особый интерес к этим мезонам вызван тем, что они состоят из пары кварков, один из которых лёгкий ( $q = u, d, s$ ), а другой тяжёлый ( $Q = c, b$ ). Наблюдалось большое число распадов  $B$ -мезонов в чисто адронные конечные состояния, содержащие  $D$ -мезоны, которые вызваны кварковым переходом  $b \rightarrow c$ . Анализ экспериментальных данных по таким распадам проводится в рамках популярной эффективной теории тяжёлого кварка (Heavy Quark Effective Theory, HQET), в рамках которой тяжёлый кварк рассматривается как статический источник хромо-электрического поля, в котором находится релятивистский лёгкий кварк. При этом HQET предсказывает ряд  $D$ -мезонных резонансов, вместе с полуколичественным объяснением их распадных свойств. Среди них находятся малоизученные состояния  $D_0(2400)$ ,  $D_1(2430)$ ,  $D_1(2420)$  и  $D_2(2460)$  с относительным орбитальным моментом кварков  $L = 1$ , имеющие положительную пространственную чётность. Эти состояния проявляются как промежуточные резонансы, распадающиеся на хорошо изученные  $D$ -мезоны с отрицательной чётностью и могут давать существенный вклад в амплитуду распада  $\bar{B}^0 \rightarrow D^{*+} \omega \pi^-$ . Экспериментальному изучению этого распада на  $B$ -фабрике КЕКВ с детектором Belle и посвящена диссертационная работа Д.В. Матвиенко. Поэтому **актуальность выбранной темы** диссертации не вызывает сомнения.

Диссертация состоит из введения, пяти глав основного текста и заключения. Во введении обосновывается актуальности темы, формулируются цели диссертации и основные положения, выносимые на защиту.

В главе 1 дан обзор теоретических механизмов распадов  $B$ -мезона в конечные состояния, содержащие орбитальные возбуждения  $D$ -мезонов ( $D^{**}$ ) и текущая ситуация с экспериментальными данными по этим распадам. В рамках HQET подробно разобраны полулептонные и адронные механизмы переходов  $B$ -мезонов в  $D^{**}$ -резонансы. Рассмотрены феноменологические функции, которые параметризуют амплитуды переходов, обсуждается их вид, полученный из обработки экспериментальных данных. Отмечена неполнота имеющихся данных по адронным модам распадов  $B$ -мезонов.

В главе 2 описана экспериментальная установка, с помощью которой были получены экспериментальные данные, вошедшие в диссертацию. Она состоит из ускорительного  $e^+ - e^-$  комплекса КЕКВ и детектора Belle. Описаны основные элементы детектора с указанием точности измеряемых характеристик регистрируемых ими элементарных частиц.

Главы 3, 4 и 5 содержат материал, составляющий личный вклад диссертанта в работу по изучению распада  $\bar{B}^0 \rightarrow D^{*+} \omega \pi^-$ . В третьей главе подробно рассмотрена модель амплитуды этого распада. Особое внимание уделено тому, чтобы представить выражение для амплитуды и парциальной вероятности в терминах углов вылета и инвариантных масс различных комбинаций конечных частиц. Используя предложенные удобные переменные, автор проанализировал вклады в амплитуду от различных промежуточных резонансных состояний включающих как резонансы типа  $\rho(770)$ ,  $\rho(1450)$  и  $b_1(1235)$ , составленные из лёгких кварков, так и орбитальные возбуждения  $D^{**}$  мезонов, содержащих очарованный  $c$ -кварк. Если промежуточные резонансы  $\rho$ -типа проявлялись и в других электрослабых распадах за счёт перехода  $W^- \rightarrow \rho^-$  (как в распаде  $\tau$ -лептона), то переход  $W^- \rightarrow b_1$  вызван малоизученным током второго рода. Это обстоятельство подчёркивает важность включения этого вклада в анализ, проведённый автором.

В четвёртой главе представлены результаты экспериментального анализа распада  $\bar{B}^0 \rightarrow D^{*+} \omega \pi^-$ . Здесь подробно описан метод выделения сигнальных событий, основанный на процедурах отбора и построении спектров и распределений для различных комбинаций конечных частиц. Определив число сигнальных событий, автор извлёк значение парциальной вероятности  $Br(\bar{B}^0 \rightarrow D^{*+} \omega \pi^-) = (2.31 \pm 0.11 \text{ (стат.)} \pm 0.14 \text{ (сист.)}) \times 10^{-3}$ , имеющее лучшую в мире точность и в пределах статистической погрешности согласующееся с независимыми измерениями, проведёнными другими группами на других установках. Указаны источники систематической неопределённости приведённого значения парциального отношения. Амплитудный анализ позволил автору исследовать вклады различных промежуточных резонансов в амплитуду распада  $\bar{B}^0 \rightarrow D^{*+} \omega \pi^-$  и определить произведения парциальных ширин, относящихся к двухступенчатому процессу электрослабого перехода  $b \rightarrow c$  с последующим сильным распадом. Особенно ценным представляется то обстоятельство, что получена информация не только о ширинах и массах резонансов, но и тонкие детали, касающиеся относительных фаз, констант связи, вкладов различных парциальных амплитуд и поляризационных характеристик орбитальных возбуждений очарованных мезонов с ненулевым спином.

Методическая часть диссертационной работы Д.В. Матвиенко представлена в главе 5. Планируемое существенное увеличение светимости коллайдера КЕКВ открывает перспективы получения новой информации о свойствах орбитальных возбуждений очарованных мезонов  $D^{**}$ . При этом возникает проблема адаптации модернизируемого детектора Belle II к



возросшему потоку частиц. Автором проведена работа по проверке работы электроники электромагнитного калориметра детектора Belle II, для чего был создан специальный стенд. По результатам такой проверки подтверждена надёжность работы электроники в условиях резко возросшего потока частиц в детектор.

Изучение диссертационной работы показывает, что Д.В. Матвиенко выполнил серьёзное исследование по изучению динамики распада  $\bar{B}^0 \rightarrow D^{*+} \omega \pi^-$ . Он дал подробный обзор состояния дел в той области физики элементарных частиц, которой посвящена диссертация. С точки зрения оценки индивидуального вклада ценным обстоятельством является то, что автор разработал теоретическую модель амплитуды указанного распада и использовал её для анализа экспериментальных результатов. **Обоснованность научных положений диссертации** подтверждается тем, что в теоретическом анализе амплитуды распада использовалась техника построения эффективных амплитуд, основанная на фундаментальных принципах симметрии физики элементарных частиц, как, например, Лоренц-инвариантность, приближённая  $CP$ -симметрия, сохранение углового момента и т.д. **Достоверность результатов, полученных в диссертации**, не вызывает сомнения, поскольку приводимые в работе распределения по различным кинематическим характеристикам конечных частиц надёжно устанавливают промежуточные резонансные состояния, дающие вклад в амплитуду распада. В той части, где возможно сравнение, результаты диссертации не противоречат экспериментальным данным, полученным на других установках независимыми группами исследователей. **Новизна полученных в диссертации результатов** состоит в том, что разработана удобная параметризация амплитуды распада  $\bar{B}^0 \rightarrow D^{*+} \omega \pi^-$ , использованная для при анализе полученных автором данных по вероятности этого распада с лучшей в мире точностью. Измерены значения произведений парциальных ширин процессов с участием орбитальных возбуждений очарованных мезонов с ненулевым спином и их поляризационные характеристики. Впервые определены конкретные динамические вклады от парциальных волн в вероятность рождения резонанса  $D_1^0(2430)$ , установлен верхний предел на величину вклада, вызванного токами второго рода. Проведена работа по проверке электроники модернизируемого детектора Belle II в условиях больших загрузочных частот и продемонстрирована её надёжность в новых условиях, что открывает перспективы измерений с более высокой точностью важных параметров в физике очарованных мезонов с положительной чётностью.

**Автореферат правильно отражает** основное содержание диссертации.

Единственное, что можно отметить из недостатков текста диссертации, это использование жаргонных слов типа «пикируется». В качестве пожеланий можно указать, что в части, касающейся обсуждения кварковых диаграмм для распада  $\bar{B}^0 \rightarrow D^{*+} \omega \pi^-$  автору следовало бы упомянуть и другие возможности. Например, имеет место диаграмма с  $u\bar{u}$ -компонентой кваркового состава  $\omega$ -мезона которую следует добавить к рис.15 (а) в главе 3. Возможна и диаграмма

рис. 7, в которой виртуальный  $D^{**+}$ -резонанс переходит в  $D^{*+}\omega$ . Разумеется, эти замечания не умаляют общего мнения о высоком качестве и важности работы, представленной в диссертации.

Учитывая **актуальность избранной темы, обоснованность основных научных положений диссертации, новизну и достоверность полученных результатов**, их своевременную публикацию в рецензируемых отечественных и международных журналах, соответствующих списку ВАК и в трудах представительных международных конференций можно заключить, что рассматриваемая работа удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Д.В. Матвиенко заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Отзыв составлен 27 ноября 2016 г.

Официальный оппонент  
доктор физико-математических наук



А.А. Кожевников

Ведущий научный сотрудник лаборатории  
теоретической физики Федерального  
государственного бюджетного учреждения  
науки Институт математики им. С.Л. Соболева  
Сибирского отделения Российской академии наук,  
адрес: 630090, г. Новосибирск, проспект ак. Коптюга, 4  
телефон: +7 (383) 329-75-19; e-mail: kozhev@math.nsc.ru

Подпись А.А. Кожевникова подтверждаю.

к.ф.-м.н.

А.Ф. Воронин

Учёный секретарь Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Институт математики им. С.Л. Соболева  
Сибирского отделения Российской академии наук,