

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 201.002.01  
на базе Федерального государственного бюджетного учреждения  
«Государственный научный центр Российской Федерации – Институт  
Теоретической и Экспериментальной Физики» Национального  
исследовательского центра «Курчатовский институт»  
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 14 марта 2017 г., протокол № 1.

О присуждении Нефедьеву Алексею Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Пороговые явления и экзотические адроны в непертурбативной КХД» по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика, принята к защите 06 декабря 2017 г., протокол № 9, диссертационным советом Д 201.002.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт Теоретической и Экспериментальной Физики» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (117218, г. Москва, ул. Большая Черемушкинская, д. 25), созданным приказом Минобрнауки РФ от 15.02.2013 № 75/нк.

Соискатель Нефедьев Алексей Владимирович, 1973 года рождения. Диссертацию «Струна КХД и конституентные степени свободы в адронах» на соискание учёной степени кандидата физ.-мат. наук защитил в 1999 г. в диссертационном совете, созданным на базе государственного унитарного предприятия «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт Теоретической и Экспериментальной Физики».

Соискатель работает старшим научным сотрудником в лаборатории теоретической ядерной физики Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт Теоретической и Экспериментальной Физики» НИЦ «Курчатовский институт» (ФГБУ «ГНЦ РФ ИТЭФ»). Диссертация выполнена в лаборатории теоретической ядерной физики ФГБУ «ГНЦ РФ ИТЭФ».

Официальные оппоненты:

1. Николаев Николай Николаевич, доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук;
2. Фаустов Рудольф Николаевич, доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник Института образовательной информатики федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук»;
3. Эйдельман Семён Исаакович, доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), в своем положительном заключении, подписанном Леонидовым Андреем Владимировичем, доктором физ.-мат. наук, ведущим научным сотрудником Лаборатории физики высоких энергий (ЛФВЭ) ФИАН и Дрёминым Игорем Михайловичем, доктором физ.-мат. наук, заведующим ЛФВЭ ФИАН, указала, что диссертация А.В. Нефедьева является законченной научно-квалификационной работой. Совокупность выполненных в ней исследований и разработанных теоретических и феноменологических методов и подходов можно квалифицировать как существенное достижение в теоретической физике сильных взаимодействий. Работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор А.В. Нефедьев безусловно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Соискатель имеет 95 научных работ, в том числе по теме диссертации опубликованы 39 работ, из них 26 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, а также 5 статей в сборниках трудов конференций и 8 тезисов докладов. Общий объем работ 18 п.л. Работы выполнены в нераздельном соавторстве. Автор внес определяющий вклад в получение представленных результатов и подготовку публикаций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. C. Hanhart, Yu. S. Kalashnikova, P. Matuschek, R.V. Mizuk, A.V. Nefediev, Q. Wang. A practical parametrization for line shapes of near-threshold states. *Phys. Rev. Lett.* 115 (2015) 202001.
2. F.-K. Guo, C. Hanhart, Yu.S. Kalashnikova, P. Matuschek, R.V. Mizuk, A.V. Nefediev, Q. Wang, J.-L. Wymen. Interplay of quark and meson degrees of freedom in near-threshold states: A practical parametrisation for line shapes. *Phys. Rev. D* 93 (2016) 074031.
3. Yu.S. Kalashnikova, A.V. Nefediev. Nature of X(3872) from data. *Phys. Rev. D* 80 (2009) 074004.
4. V. Baru, A.A. Filin, C. Hanhart, Yu.S. Kalashnikova, A.E. Kudryavtsev, A.V. Nefediev. Three-body  $D\bar{D}\pi$  dynamics for the X(3872). *Phys. Rev. D* 84 (2011) 074029.
5. A. Denig, F.-K. Guo, C. Hanhart, A.V. Nefediev. Direct X(3872) production in  $e^+e^-$  collisions. *Phys. Lett. B* 736 (2014) 221.
6. F.-K. Guo, C. Hanhart, Yu.S. Kalashnikova, U.-G. Meissner, A.V. Nefediev. What can radiative decays of the X(3872) teach us about its nature? *Phys. Lett. B* 742 (2015) 394.
7. V. Baru, E. Epelbaum, A.A. Filin, C. Hanhart, U.-G. Meissner, A.V. Nefediev. Quark mass dependence of the X(3872) binding energy. *Phys. Lett. B* 726 (2013) 537.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

Н.Н. Николаев – выдающийся физик-теоретик, специалист в области квантовой теории поля и физики сильных взаимодействий. Всемирно известен благодаря работам по рассеянию и структурным функциям нуклонов, партонной модели, глубоконеупругому рассеянию при высоких энергиях и т. д. Автор около 200 работ в реферируемых международных журналах, с суммарной цитируемостью более 7 тысяч, член международных коллабораций (PAX, JEDI).

Р.Н. Фаустов – выдающийся физик-теоретик, работающий в области теории и феноменологии сильных взаимодействий, в частности, кваркония и кваркониеподобных состояний. Всемирно известен благодаря предложенной им релятивистской кварковой модели. Автор около 120 работ в реферируемых международных журналах, с суммарной цитируемостью более 4 тысяч.

С.И. Эйдельман – выдающийся российский физик, специалист в области феноменологии и эксперимента в физике высоких энергий и физике элементарных частиц. Автор около 1000 работ в реферируемых международных журналах, с суммарной цитируемостью более 100 тысяч. Входит в первую пятёрку наиболее цитируемых российских учёных-физиков. Член нескольких международных коллабораций, включая такие крупные, как Belle и LHCb. Является членом Particle Data Group.

Физический институт РАН имени П.Н. Лебедева — один из ведущих российских научно-исследовательских центров с широким кругом тематик проводимых исследований, охватывающих практически все направления физики, включая физику высоких энергий и элементарных частиц. Сотрудники Лаборатории физики высоких энергий ФИАН являются признанными в мире специалистами, принимающими активное участие во многих международных экспериментах по физике высоких энергий, проводимых ведущими международными коллаборациями, включая наиболее крупные, такие как CMS, Atlas, LHCb и др.

**Диссертационный совет отмечает,** что на основании выполненных соискателем исследований:

- детально изучено взаимное влияние кварковых и адронных степеней свободы в околопороговом резонансе, в т.ч. для многоканального случая;
- сформулирована в наиболее общем виде модель связанных каналов, основанная на системе уравнений Липпманна-Швингера, и с её помощью построена аналитическая унитарная параметризация формы линии околопорогового резонанса;
- с использованием построенной параметризации проведён совместный анализ экспериментальных данных, и исследована природа состояний  $Z_b(10610)$  и  $Z_b(10650)$  в спектре боттомония, а также состояния  $X(3872)$  в спектре чармония;
- детально исследована проблема трёхчастичной унитарности в околопороговом резонансе, в частности, всесторонне изучен однопионный обмен в  $X(3872)$ , как основной источник трёхчастичных эффектов, исследована возможность феноменологического учёта конечной ширины конститuenta, а также сформулирован подход, основанный на системе трёхчастичных уравнений

связанных каналов, позволяющий непertурбативно учитывать трёхчастичные эффекты в околопороговых состояниях;

- с использованием предложенного подхода изучена форма линии состояния чармония  $X(3872)$  в упругом канале с учётом трёхчастичной динамики и оценен вклад трёхчастичных эффектов, а также исследованы свойства состояния  $X(3872)$  при нефизической массе пиона, в том числе построена киральная экстраполяция его энергии связи по массе лёгкого кварка;

- в рамках микроскопического подхода исследовано поведение константы связи пиона с возбуждёнными адронами, продемонстрировано убывание такой константы для адронов, образующих мультиплеты, отвечающие приближённо восстановленной киральной симметрии;

- в рамках калибровочно инвариантного подхода вычислены ширины радиационных распадов экзотического состояния  $X(3872)$ , а также вероятность его прямого рождения в  $e^+e^-$  соударениях.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- предложенный метод совместного анализа экспериментальных данных для экзотических околопороговых состояний позволяет интерпретировать и систематизировать результаты многочисленных экспериментов в адронной физике тяжёлых кварковых ароматов, проведённых в последнее десятилетие, в результате которых обнаружено большое число состояний, не описываемых в рамках кварковых моделей;

- свойства состояний  $Z_b(10610)$ ,  $Z_b(10650)$  и  $X(3872)$ , извлечённые непосредственно из экспериментальных данных с помощью предложенного подхода, обеспечивают существенное продвижение в понимании природы указанных, а также аналогичных, экзотических околопороговых состояний, делают возможным формулирование различных теоретических моделей и построений;

- сформулированный подход к непertурбативному описанию многочастичной динамики в околопороговых состояниях является существенным продвижением по сравнению с аналогичными подходами, имеющимися в литературе;

- предложенный подход к описанию свойств околопороговых состояний вне физической точки по массе лёгкого кварка позволяет установить соответствие с результатами решёточных расчётов и надёжно их интерпретировать;
- результаты расчётов процессов рождения и распада состояния  $X(3872)$  позволяют должным образом интерпретировать экспериментальные данные по таким распадам, а также могут сыграть важную роль при планировании будущих экспериментов, в частности, по наблюдению прямого рождения  $X(3872)$  в  $e^+e^-$ -аннигиляции.

**Практическая ценность работы обоснована тем, что методы и подходы, сформулированные в диссертации, позволяют проводить модельно независимый анализ экспериментальных данных и результатов решёточных расчётов для экзотических околопороговых состояний в спектре тяжёлых кварков, извлекать из анализа параметры таких состояний, информацию об их природе, удерживающих силах, роли многочастичной динамики, выполнении требований различных симметрий и т.п. Существенная часть результатов диссертационной работы имеет непосредственное прикладное значение для экспериментальных программ.**

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- достоверность результатов и выводов диссертации гарантируется корректным применением различных методов и подходов квантовой механики и квантовой теории поля, согласием с результатами других ведущих теоретических групп, а также высоким уровнем цитирования работ, вошедших в диссертацию;
- достоверность содержащихся в диссертации выводов о природе и свойствах экзотических околопороговых состояний  $Z_b(10610)$ ,  $Z_b(10650)$  и  $X(3872)$  гарантируется самосогласованностью развитых подходов, внутренней непротиворечивостью полученных результатов, их согласием с результатами, присутствующими в литературе;
- достоверность результата для киральной экстраполяции энергии связи  $X(3872)$  подтверждается согласием с имеющимися решёточными данными, а также с расчётами, выполненными той же теоретической группой в рамках релятивизированной модели;

- сформулированный в диссертации подход к теоретическому описанию молекулярных околопороговых состояний с учётом многочастичной динамики позволил подтвердить и уточнить имеющиеся в литературе предсказания для спинового партнёра  $X(3872)$  с квантовыми числами  $2^{++}$ ;
- достоверность оценки вероятности прямого рождения состояния чармония  $X(3872)$  в  $e^+e^-$ -соударениях подтверждается аналогичными оценками, выполненными в диссертации для чармония  $\chi_{c1}$  и находящимися в хорошем согласии с независимыми расчётами, выполненными другими теоретическими группами в рамках альтернативных формализмов.

**Личный вклад** диссертанта состоит в том, что он внёс основной и решающий вклад в получение всех результатов и подготовку публикаций. Диссертант лично представлял результаты на семинарах и конференциях.

На заседании 14 марта 2017 г., протокол № 1, диссертационный совет принял решение присудить Нефедьеву Алексею Владимировичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек (из них 5 докторов наук по специальности защищаемой диссертации), участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук

Ю.Т. Киселёв

Ученый секретарь диссертационного совета

кандидат физ.-мат. наук

В.В. Васильев

16 марта 2017 г.