

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 201.004.01,

созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», по диссертации «Изучение образования нейтральных мезонов в протон-протонных столкновениях в эксперименте ALICE»

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27 апреля 2018 г. № 01-18

О присуждении Харлову Юрию Витальевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Изучение образования нейтральных мезонов в протон-протонных столкновениях в эксперименте ALICE» по специальности 01.04.23 — физика высоких энергий принята к защите 21.12.2017 (протокол заседания № 2017-7) диссертационным советом Д 201.004.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», 142281, пл. Науки, д.1, г. Протвино Московской области, приказ Минобрнауки РФ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Харлов Юрий Витальевич, 1968 года рождения диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Когерентные двухфотонные процессы и образование Центавр-событий в релятивистских столкновениях тяжелых ионов» защитил в 2002 году в диссертационном совете, созданном на базе Московского Государственного Университета, работает ведущим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Диссертация выполнена в Отделении экспериментальной физики Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Официальные оппоненты:

Завертяев Михаил Васильевич, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории взаимодействия излучений с веществом Физического института им. П.Н.Лебедева РАН;

Пантуев Владислав Сергеевич, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Отдела экспериментальной физики Института Ядерных Исследований РАН;

Смирнова Лидия Николаевна, гражданка РФ, доктор физико-математических наук, профессор физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

дали положительные (отрицательные) отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Объединенный институт ядерных исследований, г.Дубна Московской области, в своем положительном отзыве, подписанном председателем НТС ЛФВЭ ОИЯИ, доктором физико-математических наук, профессором Ю.А.Панебратцевым, указала, что диссертация Ю.В.Харлова отвечает всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.23 — физика высоких энергий.

Соискатель имеет 241 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 14 работ.

Наиболее значимые работе соискателя по теме диссертации:

1. A. Abelev, B. Abrahantes Quintana, D. Adamova, . . . , Y. Kharlov,, Neutral pion and η meson production in proton-proton collisions at $\sqrt{s}=0.9$ TeV and $\sqrt{s} = 7$ TeV, Phys. Lett. B717 (2012) 162-172
2. Yu. V. Kharlov, Physics with the ALICE experiment, Phys. Atom. Nucl. 76 (2013) 1497-1506
3. Y. Kharlov, Neutral meson production in pp and Pb-Pb collisions at LHC, Nucl. Phys. A910-911 (2013) 335-338
4. D.-C. Zhou, R.-Z. Wan, Y.-X. Mao, Y. Schutz, M.-L. Wang, K. Ma, W. Ya-Ping, Y. Zhong-Bao, C. Xu, and Y. Kharlov, High-pT and photon physics with ALICE at LHC, Chin. Phys. C34 no. 9, (2010) 1383-1386.
5. M. Yu. Bogolyubsky, D.I. Patalakha, V.S. Petrov, B.V. Polishchuk, A.S. Solovev, S.A. Sadovsky, V.A. Senko, and Yu. V. Kharlov, A light-emitting diode monitoring system of the PHOS photon spectrometer in the ALICE experiment on the Large Hadron Collider, Instrum. Exp. Tech. 55 (2012) 11-21
6. Y. Kharlov, Inclusive production of π^0 in pp collisions at 0.9 and 7 TeV and perspectives for heavy-ion measurements with the ALICE calorimeters, A862-863 Nucl. Phys. (2011) 449-452
7. A. Aleksandrov, J. Alme, V. Basmanov, B. Batyunya, . . . , Y. Kharlov, et al., , Solving a Deconvolution Problem in Photon Spectrometry, Nucl. Instrum. Meth. A620 (2010) 526-533
8. D. C. Zhou, Y. Mao, R. Wan, Y. Schutz, Z.-B. Yin, Y. Wang, K. Ma, G. Conesa, Y. Kharlov, M. Wang, X. Zhu, X. Yin, and X. Cai, Potential physics measurement with ALICE electromagnetic calorimeters, Nucl. Phys. A834 (2010) 291C-294C.

9. C. Zhao, L. Liu, K. Røed, D. Rohrich, Y. Kharlov, L. Bratrud, J. Alme, and T. B. Skaali, Performance of the ALICE PHOS trigger and improvements for RUN 2, JINST 8 (2013) C12028.
10. G. Conesa, H. Delagrange, J. Diaz, Y. V. Kharlov, and Y. Schutz, Identification of photon-tagged jets in the ALICE experiment, Nucl. Instrum. Meth. A585 (2008) 28-39
11. G. Conesa, M. Ippolitov, Yu. Kharlov, V. Manko, D. Peresunko, S. Sadovsky, and Y. Schutz, Direct photon detection in Pb-Pb collisions in the ALICE experiment at LHC, Nucl. Phys. A782 (2007) 356-361.
12. G. Conesa, H. Delagrange, J. Diaz, Y. V. Kharlov, and Y. Schutz, Prompt photon identification in the ALICE experiment: The isolation cut method, Nucl. Instrum. Meth. (2007) A580 1446-1459.
13. G. Conesa, H. Delagrange, J. Diaz, M. Ippolitov, Yu. V. Kharlov, D. Peresunko, and Y. Schutz, Performance of the ALICE photon spectrometer PHOS, Nucl. Instrum. Meth. A537 (2005) 363-367.
14. D. Adams, L. N. Akchurin, L. Alexeeva, . . . , Y. Kharlov, et al. , Measurement of single spin asymmetry in eta meson production in $p\uparrow p$ and $\bar{p}\uparrow p$ interactions in the beam fragmentation region at 200 GeV/c, Nucl. Phys. B510 (1998) 3-11.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

а) Оппонента Завертяева Михаила Васильевича, который отметил следующие замечания к диссертационной работе:

1. в диссертации недостаточно подробно описан спектрометр эксперимента E704;
2. не указана точность и значимость аппроксимации энергетического разрешения электромагнитного калориметра PHOS эксперимента ALICE;
3. в тексте встречаются опечатки, неточность перевода оригинальных англоязычных формулировок на русский язык.

б) оппонента Смирновой Лидии Николаевны, отметившей:

1. на рисунках с результатами измерений инвариантных дифференциальных сечений не указаны значения быстроты, что приводит к неудобству использования рисунков отдельно от текста диссертации;
2. при описании апробации работы не приведен список конференций, на которых автор сделал доклады;
3. в тексте присутствуют опечатки, сложные формы изложения, неоднозначность в использовании переводных терминов.

в) Оппонента Пантуева Владислава Сергеевича, сделавшего следующие замечания:

1. глава 5 с основными результатами эксперимента ALICE более относится к введению в диссертацию;
2. не приводится формула энергетического разрешения калориметра EMCAL ALICE;
3. не хватает обсуждения эффективности минимального триггера ALICE;
4. вызывает вопрос оценки погрешностей эффективности триггера детектора PHOS на события с фотонами высоких энергий;
5. описание элементов рис.3.3, 5.5 приводится в тексте, а не на самих рисунках, что затрудняет понимание;
6. имеются опечатки.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что Завертяев Михаил Васильевич, автор более 490 работ, Смирнова Лидия Николаевна, автор более 780 работ, Пантуев Владислав Сергеевич, автор 219 работ, являются известными российскими учеными, активно работающими в области физики высоких энергий. Ведущая организация, Объединенный институт ядерных исследований, является лидирующим международным центром в области экспериментальной и теоретической физики высоких энергий и атомного ядра и обладает исключительной компетенцией по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана программа физических измерений с фотонным спектрометром PHOS эксперимента ALICE на Большом Адронном Коллайдере;
- разработана система управления светодиодной мониторинговой системой PHOS, а также разработаны и реализованы методы определения качества данных и калибровки спектрометра PHOS при помощи этой системы;
- введен в эксплуатацию триггер PHOS на события с фотонами высоких энергий. По данным, набранному детектором PHOS с pp столкновениями, определены основные параметры триггера, такие как фактор подавления, эффективность и чистота. С применением триггера PHOS существенно увеличена интегральная светимость, набранная PHOS в первом сеансе БАК с pp столкновениями при энергии 8 ТэВ;
- разработан пакет программ для моделирования и реконструкции данных фотонного спектрометра PHOS эксперимента ALICE, а также методы идентификации нейтральных мезонов в PHOS при высоких энергиях;
- впервые измерены инвариантные дифференциальные сечения образования ρ^0 и η мезонов в протон-протонных столкновениях при энергиях 0.9, 7 и 8 ТэВ. Сравнения измерений с вычислениями пертурбативной КХД в высших порядках теории возмущений с применением структурных функций протона и функций фрагментаций, полученных по данным экспериментов на предыдущих коллайдерах, показали, что КХД не описывает данные БАК без существенных изменений параметров модели.

- показано, что уточнение функций фрагментации с использованием глобального фитирования спектров, измеренных при всех доступных энергиях, включая энергии БАК, позволили улучшить описание экспериментальных данных ALICE. Сравнение измерений спектров нейтральных мезонов при энергиях БАК с расчетами модели PYTHIA8 с различными настройками показали, что наилучшее описание данных моделью PYTHIA8 достигается с применением настройки Monash-2013.
- впервые измерены односпиновые асимметрии в образовании η мезона в столкновении поляризованных протонных и антипротонных пучков с импульсом 200 GeV/c с неполяризованной протонной мишенью. Полученные результаты сравнены с измерениями, выполненными позже на коллайдере RHIC при более высоких энергиях, а также с различными теоретическими моделями. Сделаны выводы о сохранении спиновых эффектов с ростом энергии и о возможном вкладе трехглюонной корреляции в односпиновые асимметрии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

измерения инклюзивных дифференциальных сечений образования π^0 и η мезонов в протон-протонных столкновениях при энергиях $\sqrt{s}=0.9, 7$ и 8 ТэВ проведены впервые. Данные эксперимента ALICE получены в наиболее широком диапазоне поперечных импульсов — от 0.4 до 25 ГэВ/c в pp столкновениях при $\sqrt{s}=0.9$ и 7 ТэВ и от 0.4 до 35 ГэВ/c при $\sqrt{s}=8$ ТэВ, что существенно превышает возможности других экспериментов, измеряющих спектры образования идентифицированных адронов. Такой широкий кинематический диапазон обусловлен, в частности, проведением измерений с использованием электромагнитного калориметра на основе сцинтиллирующих кристаллов вольфрамата свинца с малым радиусом Мольера, что обеспечивает высокую разрешающую способность детектора по координате фотонов. Точные измерения дифференциальных спектров образования π^0 и η мезонов имеют важное значение для квантовой хромодинамики, позволяя уточнить параметры расчетов в высших порядках теории возмущений. В частности, результаты измерений сечений образования π^0 и η мезонов в протон-протонных столкновениях при энергиях $\sqrt{s}=0.9, 7$ стимулировали теоретические расчеты по уточнению функций фрагментации DSS14, описывающих выходы идентифицированных адронов в энергетическом диапазоне от энергий коллайдеров RHIC, SppS до энергий БАК. Данные, приведенные в диссертации, также свидетельствуют об отклонении спектров π^0 и η мезонов от mT скейлинга при энергиях БАК при малых поперечных импульсах, что может быть объяснено ростом радиального потока в pp столкновениях с увеличением энергии столкновений.

Прецизионные измерения инвариантных дифференциальных сечений образования π^0 и η мезонов в протон-протонных столкновениях при энергиях БАК имеют также важное значение для последующих измерений процессов с малыми сечениями, такими как спектры прямых фотонов и тяжелых кварков в полулептонной моде распадов, для которых распады легких нейтральных мезонов представляют основной источник фона. Сравнение выходов π^0 и η мезонов в протон-протонных столкновениях и в столкновениях тяжелых ионов является основным инструментом для исследования свойств кварк-глюонной материи при высокой

плотности энергии через изучение потерь энергии партонов при взаимодействии с сильновзаимодействующей среды.

Измерения односпиновой асимметрии образования η мезона в столкновении поперечно поляризованных протонных и антипротонных пучков с протонной мишенью, выполненные в эксперименте E704, наряду с более ранними измерениями этого эксперимента, важны для понимания спиновых эффектов с адронных столкновениях. Более поздние измерения односпиновой асимметрии η мезона, проведенные на ускорителе RHIC при энергиях, в 10 раз превосходящих энергии эксперимента E704, показали универсальность спиновых эффектов в области фрагментации поляризованного пучка, которые качественно и количественно практически не зависят от энергии столкновений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

методы исследований, опыт создания и эксплуатации экспериментальной аппаратуры, алгоритмы реконструкции и анализа данных, описанные в диссертации, имеют практическую значимость для действующих и будущих экспериментов в физике высоких энергий. В частности, алгоритмы реконструкции данных фотонного спектрометра PHOS, примененные в получении результатов данной диссертации, являются универсальными для любых калориметров годоскопического типа. Представленная в диссертации светодиодная система мониторингования калориметра и методы её управления также могут быть применены в аналогичных детекторах.

Измерения дифференциальных сечений образования π^0 и η мезонов в pp столкновениях при энергиях $\sqrt{s}=0.9, 7$ и 8 ТэВ и односпиновых асимметрий в столкновениях поляризованных протонных и антипротонных пучков с водородной мишенью имеют важное значение для дальнейшего развития пертурбативной КХД как количественного подхода для описания адронных взаимодействий. Уже сейчас можно сказать, что опубликованные измерения, представленные в диссертации, были использованы теоретическими группами для уточнения параметризации функций фрагментации. Прецизионные измерения инвариантных дифференциальных сечений рождения нейтральных мезонов в pp столкновениях являются основой для исследований признаков и характеристик сильновзаимодействующей материи, образующейся в столкновениях тяжелых ионов на БАК.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

исследования образования легких нейтральных мезонов в протон-протонных столкновениях, описанные в диссертации, выполнены в составе международных коллабораций ALICE в ЦЕРН и E704 в FNAL. Создание и эксплуатация научного оборудования, реконструкции и анализа данных в этих коллаборациях проходит многоступенчатую проверку внутри коллабораций, что обеспечивает надежность опубликованных результатов. Измерения дифференциальных сечений образования π^0 и η мезонов в pp столкновениях были проведены экспериментом ALICE двумя методами при энергиях $\sqrt{s}=0.9, 7$ ТэВ и четырьмя методами при $\sqrt{s}=8$ ТэВ. Все методы имеют различные независимые систематические погрешности, анализ которых был проведен для каждого измерения в отдельности. Согласованность этих независимых измерений подтверждает достоверность полученного результата.

Совместимость результатов измерений в эксперименте ALICE, приведенных в диссертации, с измерениями, проведенными ранее на ускорителях SRS в CERN, Tevatron в FNAL, RHIC в BNL, также подтверждают достоверность полученных результатов. Измерение односпиновых асимметрий в образовании η мезонов в столкновении поляризованных протонов и антипротонов с неподвижной протонной мишенью, проведенное в эксперименте E704, было выполнено стандартными для физики высоких энергий методами, правильность применений которых не вызывает сомнений. В диссертации также приведены оценки систематических погрешностей односпиновых асимметрий, в частности, проведено сравнение результатов, полученных в наборе данных с подавлением фотонов от распадов π^0 , а также без подавления этого фона. Достоверность измерений, проведенных в эксперименте E704 и представленных в диссертации, также подтверждается согласованностью с результатами измерений на ускорителе RHIC и теоретическими представлениями об эволюции спиновых явлений в столкновениях поляризованных протонов с ростом энергии.

Личный вклад соискателя состоит в том, что:

автор диссертации был одним из основных разработчиков системы программного обеспечения по моделированию, реконструкции и анализу данных фотонного спектрометра PHOS и вето-детектора заряженных частиц CPV эксперимента ALICE на Большом Адронном Коллайдере. С 2006 г. автор лично принимал участие в обслуживании и настройке аппаратуры детекторов PHOS и CPV, в том числе триггера PHOS на события с фотонами высоких энергий и светодиодной мониторинговой системы PHOS. С 2014 г. автор является координатором детекторов PHOS и CPV по набору физических данных с протонными и ионными пучками БАК. Автор лично участвовал в калибровке детектора PHOS по данным, набранным фотонным спектрометром PHOS с протонными пучками, проводил первичный анализ данных для определения качества данных. При его участии был создан пакет он-лайн мониторинга данных, принимаемых детектором PHOS во время физических сеансов с пучками БАК. Автор участвовал в анализе данных, набранных в первом сеансе БАК 2010-2013 гг. с протон-протонными столкновениями при энергиях 0.9, 2.76, 7 и 8 ТэВ, был включен коллаборацией в состав основных авторов, готовящих результаты измерений для публикаций. В 1995-1997 гг. автор провел анализ данных эксперимента E704 в Фермиевской лаборатории им. Ферми (США) по измерению односпиновых асимметрий в образовании η мезонов в области фрагментации поляризованных протонных и антипротонных пучков с импульсом 200 GeV/c. В целом, автор внес вклад в исследования сильновзаимодействующей материи при высоких энергиях посредством измерений нейтральных мезонов при помощи электромагнитных калориметров. Подтверждение определяющего вклада Ю.В.Харлова в получении результатов, приведенных в диссертации, дано в письме координатора физических измерений сотрудничества ALICE Марко Ван Лёвенем. Сотрудничество ALICE согласно на использовании опубликованных результатов эксперимента для защиты диссертации Ю.В.Харлова по указанной теме.

На заседании 27 апреля 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Харлову Ю.В. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 19, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель

диссертационного совета

Тюрин Н.Е.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Рябов Ю.Г.



27 апреля 2018 г.