

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 720.001.02 НА БАЗЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЁННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 19.04.2018 № 18-04

о присуждении Кузнецову Олегу Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Исследование структуры адронов в процессах с образованием очарованных мезонов» по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц принята к защите 23 ноября 2017 г., протокол № 17-04, диссертационным советом Д 720.001.02 на базе Международной межправительственной организации Объединенный институт ядерных исследований, почтовый адрес: 141980, ул. Жолио-Кюри, д.6, г. Дубна, Московская область, РФ, приказ от 11.04.2014 г. №105/нк.

Соискатель Кузнецов Олег Михайлович 1955 года рождения, в 1978 г. окончил Московский инженерно-физический институт по специальности «инженер-физик». Решением диссертационного совета Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований от 22.06.1988 №321 О.М. Кузнецову присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – «физика атомного ядра и элементарных частиц».

О.М. Кузнецов работает в Международной межправительственной научно-исследовательской организации «Объединенный институт ядерных исследований» с 1978 г. в должностях младшего научного сотрудника научного сотрудника, старшего научного сотрудника, ведущего научного сотрудника. В настоящее время О.М. Кузнецов работает в должности ведущего научного сотрудника Научно-экспериментального отдела физики лептонов и лёгких кварков ЛФВЭ. Диссертация выполнена в Лаборатории физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина Объединенного института ядерных исследований. С 1992 г. являлся участником международных коллабораций DELPHI (CERN), D0 (FNAL) и COMPASS (CERN), в которых активно участвовали сотрудники Объединенного института ядерных исследований.

Научный консультант:

**Савин Игорь Алексеевич**, доктор физико-математических наук, профессор, почетный директор Лаборатории физики высоких энергий имени В.И. Векслера и А.М. Балдина Объединённого института ядерных исследований



Официальные оппоненты:

**Белостоцкий Станислав Львович**, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий Лабораторией малонуклонных систем Петербургского института ядерной физики имени Б.П. Константинова (почтовый адрес: 188300 Ленинградская обл. г. Гатчина мкр. Орлова роща, д. 1 тел. (813) 714-60-25, e-mail: [dir@pnpi.nrcki.ru](mailto:dir@pnpi.nrcki.ru))

**Бережной Александр Викторович**, доктор физико-математических наук, профессор РАН, заведующий Лабораторией тяжёлых кварков и редких распадов Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (почтовый адрес: 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, тел. (495) 939-18-18, e-mail: [info@sinp.msu.ru](mailto:info@sinp.msu.ru))

**Васильев Александр Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, начальник Лаборатории поляризационных экспериментов федерального государственного бюджетного учреждения науки "Институт физики высоких энергий" имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра "Курчатовский институт" (почтовый адрес: 142281, Московская область, г.Протвино, пл. Науки, 1, тел. (496) 771-36-23, e-mail: [fgbu@ihep.ru](mailto:fgbu@ihep.ru))

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), (почтовый адрес: 119991, ГСП-1, Москва Ленинский проспект, д.53, тел. (499) 135-42-64, e-mail: [postmaster@lebedev.ru](mailto:postmaster@lebedev.ru)) в своем положительном заключении, составленным доктором физико-математических наук Барановым Сергеем Павловичем, ведущим научным сотрудником Отделения Ядерной физики и астрофизики ФИАН, указала: «Диссертация выполнена на высоком профессиональном уровне и отвечает лучшим стандартам, принятым в современных экспериментальных исследованиях в физике высоких энергий. Диссертация Олега Михайловича Кузнецова "Исследование структуры адронов в процессах с образованием очарованных мезонов" представляет собой законченное научное исследование, а правильней сказать два полноценных научных исследования, существенно укрепляющих позиции науки на двух важных направлениях. Диссертация основана на работах, опубликованных в реферируемых высокорейтинговых журналах. Основные её результаты докладывались автором на семинарах, рабочих совещаниях и международных конференциях. Выводы диссертации обоснованы, полностью соответствуют поставленной задаче и логично вытекают из проведённой работы. Все выносимые на защиту результаты получены при определяющем вкладе самого автора. Автореферат полно и ясно отражает



содержание диссертации. Полученные диссертантом результаты могут использоваться в ИТЭФ, ИФВЭ, ИЯИ, НИИЯФ, ПИЯФ, ОИЯИ, ФИАН, а также других научных центрах России, Европы, Азии и США.

Диссертация О.М. Кузнецова отвечает всем требованиям "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного Постановлением 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор О.М. Кузнецов заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц.»

«Все замечания имеют исключительно стилистический характер, никак не отражаются на представленных результатах и не умаляют их значимости.» Соискатель ответил на замечания.

На диссертацию поступил отзыв от двух руководителей коллаборации COMPASS: A.Magnon (2003-2011, [Alain.Magnon@cern.ch](mailto:Alain.Magnon@cern.ch)) и F.Kunne (2011-2015, [Fabienne.Kunne@cea.fr](mailto:Fabienne.Kunne@cea.fr)).

В их отзыве дается оценка личного вклада соискателя в результаты, полученные в рамках коллаборации COMPASS и вошедшие в диссертацию. «Работая в COMPASS, Олег Кузнецов сделал значительный вклад в поиск пентакварков, измерение поляризации глюонов, а также в изучение конечных состояний с  $\pi^0$  в измерении поляризации глюонов и Глубоко Виртуального Комптоновского Рассеяния, также в изучение эксклюзивного рождения  $\pi^0$  и планирование будущих измерений Обобщенных Партонных Распределений. У нас нет сомнений в уровне его квалификации необходимой для защиты докторской диссертации.»

Критических замечаний в данном отзыве не содержится.

Других отзывов на диссертацию и автореферат в совет не поступало.

Соискатель имеет более 350 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 16 работ, 14 из них опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и входящих в базы данных РИНЦ, Web of Science или Scopus. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1) P. Abreu ... O.Kouznetsov et al. [DELPHI Collaboration], Production Rate and Decay Lifetime Measurements of Bs mesons at LEP using  $D_s$  and  $\phi$  mesons, Z. Phys. 61 (1994) 407.

2) P. Abreu ... O.Kouznetsov et al. [DELPHI Collaboration], Mean lifetime of the  $B_s$  meson, Z. Phys. 71 (1996) 11.

3) P.Abreu ... O.Kouznetsov et al. [DELPHI Collaboration], Performance of the DELPHI detector, Nucl. Instr. and Meth. A378 (1996) 57.



- 4) P. Abreu ... O.Kouznetsov et al. [DELPHI Collaboration], Search for  $B_s - \bar{B}_s$  oscillations, Phys. Lett. B 414 (1997) 382.
  - 5) Г.Д.Алексеев ... О.Кузнецов и др. [За коллаборацию DELPHI], Эксперимент DELPHI на LEP, Письма в ЭЧАЯ, N1[98] (2000) 5.
  - 6) P. Abreu ... O.Kouznetsov et al. [DELPHI Collaboration], Study of  $B_s - \bar{B}_s$  oscillations and  $B_s$  lifetimes using hadronic decays of  $B_s$  mesons, Eur. Phys. J. C18 (2000) 229.
  - 7) P. Abreu ... O.Kouznetsov et al. [DELPHI Collaboration], Measurement of the  $B_s$  lifetime and study of  $B_s - \bar{B}_s$  oscillations using Dsl events, Eur. Phys. J. C16 (2000) 555.
  - 8) J. Abdallah ... O.Kouznetsov et al. [DELPHI Collaboration], Search for  $B_s - \bar{B}_s$  oscillations using high- $P_t$  leptons, Eur. Phys. J. C35 (2004) 35.
  - 9) O. Kouznetsov. [for the COMPASS Collaboration], Gluon polarisation measurement at COMPASS, Proceedings of the 33 International Conference ICHEP'06, 26 July-2 August 2006 Moscow, Russia. Edited by A. Sissakian, G. Kozlov and El. Kolganova. Published by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., (2007) 509.
  - 10) P. Abbon ... O.Kouznetsov et al. [COMPASS Collaboration], The COMPASS experiment at CERN, Nucl. Instr. and Meth. A577 (2007) 455.
  - 11) M. Alekseev ... O.Kouznetsov et al. [COMPASS Collaboration], Direct measurement of the gluon polarisation in the nucleon via charm meson production, CERN-PH-EP/2008-003, arXiv:0802.3023 [hep-ex].
  - 12) O. Kouznetsov [for the COMPASS Collaboration], COMPASS experiment at CERN: Open charm results and future hadron program, Nucl. Phys. Proc. Suppl. 187 (2009) 159.
  - 13) M. Alekseev ... O.Kouznetsov et al. [COMPASS Collaboration], Gluon polarisation in the nucleon and longitudinal double spin asymmetries from open charm muoproduction, Phys. Lett. B676 (2009) 31.
  - 14) O. Kouznetsov [for the COMPASS Collaboration], COMPASS experiment at CERN: hadron spectroscopy and open charm results, Nucl. Phys. Proc. Suppl. 233 (2012) 241.
  - 15) C. Adolph ... O. Kouznetsov et al. [COMPASS Collaboration], Leading and Next-to-Leading order gluon polarisation in the nucleon and longitudinal double spin asymmetries from open charm muoproduction, Phys. Rev. D87 (2013) 052018.
  - 16) O. Kouznetsov. [for the COMPASS Collaboration], The spin physics results from COMPASS, AIP Conf. Proc. 1654 (2015) 06000.
- Вклад соискателя в эти работы определяющий.
- Основные результаты диссертации были представлены на следующих конференциях и семинарах:

1. International Europhysics Conference on High-Energy Physics, *Jerusalem, Israel*, 19-26 Aug 1997;
2. XXXIst Rencontres de Moriond, QCD and Hadronic Interactions, *Les Arcs, Savoie, France*, 21-28 March 1998;
3. International Conference on High Energy Physics *Vancouver, Canada*, 23 – 29 July 1998;
4. International Europhysics Conference on High-Energy Physics, *Tampere, Finland*, 15–21 July 1999;
5. International Conference on High Energy Physics, *Osaka, Japan*, 27 July – 2 August 2000;
6. International Conference on High Energy Physics, *Moscow, Russia*, 26 July - 2 August 2006;
7. BARYONS07 International Conference, *Seoul, Korea*, 11 – 15 June 2007;
8. International Conference on Charm, Beauty and Hyperons in Hadronic Interactions, *Columbia (South Carolina), USA*, 22 -28 June 2008;
9. European Centre for Theoretical Studies in Nuclear Physics and Related Areas, *Trento, Italy* 19–23 July 2010;
10. International Workshop on Diffraction in High-Energy Physics, *Otranto (Lecce), Italy*, 10 – 15 Sep 2010;
11. The XXth International Workshop High Energy Physics and Quantum Field Theory, *Sochi, Russia*, 24 Sep - 1 Oct 2011;
12. International Conference on Beauty, Charm and Hyperons in Hadronic interactions *Wichita (Kansas), USA*, 23-28 July 2012;
13. New trends in high-energy physics, *Alushta, Crimea, Ukraine*. 28 Sep -5 Oct 2013;
14. The 18th International Seminar on High Energy Physics (*QUARKS-2014*), *Suzdal, Russia*, 2-8 June 2014;
15. International Workshop on Diffraction in High Energy Physics, *Primosten, Croatia*, 10-16 Sep 2014;
16. 18th High-Energy Physics International Conference in Quantum Chromodynamics, *Montpellier, France*, 29 June - 03 July 2015;
17. На семинарах в CERN, LAL, ОИЯИ Дубна, на совещаниях международных коллабораций DELPHI и COMPASS;



18. Основные результаты диссертации были представлены на семинаре ЛФВЭ ОИЯИ 11 декабря 2015 г.

На первые пять конференций, работы от DELPHI представлялись ограниченным количеством авторов с участием соискателя (в списке литературы диссертации ссылки 87-90, 100), на всех остальных конференциях соискатель делал доклады лично.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обусловлен как особенностями и направлениями их исследований, так и специальностью, по которой выполнена работа соискателя.

**Профессор С.Л. Белостоцкий** является известным специалистом по физике элементарных частиц и ядерной физике. Основным направлением деятельности С.Л. Белостоцкого является исследование спиновых эффектов и структуры ядер и адронов. Им был предложен и поставлен на ускорителе Сатурн (Франция) эксперимент по изучению короткодействующих корреляций в поляризованном дейтроне. Он руководил группой ПИЯФ в эксперименте HERMES, DESY, Гамбург. В этом эксперименте с его участием получены важнейшие результаты, такие как определение вкладов кварков и глюонов в спин протона, данные по поперечному движению кварков, результаты изучения Сиверс и Коллинз эффектов, данные по эксклюзивному рождению векторных мезонов на поляризованной мишени. Им была предложена и реализована программа изучения передачи спина Лямбда гиперону в глубоко-неупругом рассеянии и в фото-рождении. Большой вклад внес С.Л. Белостоцкий в эксперимент OLYMPUS, DESY, целью которого было решение проблемы форм факторов протона. В настоящее время С.Л. Белостоцкий руководит группой ПИЯФ в эксперименте PANDA, GSI, который находится в стадии подготовки в Дармштадте в рамках программы FAIR. Очень кратко, задачей этого эксперимента является прецизионное изучение структуры адронов и поиск новых экзотических адронных состояний в спектре чармония. С.Л. Белостоцкий является руководителем лаборатории ПИЯФ. Его общественно-научная деятельность связана с организацией международных конференций (напр. "DIS 2003" в Петербурге) и популяризацией экспериментов по физике элементарных частиц.

**Профессор РАН А.В. Бережной** является известным специалистом в области физики высоких энергий. Он автор многих пионерских работ по проблемам рождения дважды тяжёлых систем в различных взаимодействиях. Им впервые показано, что фрагментационный механизм в адронном рождении  $B_c$  мезонов и дважды тяжёлых барионов не является основным. А.В. Бережной впервые оценил сечение рождения Р-волновых состояний  $B_c$  мезонов в адрон-адронных, фотон-фотонных и фотон-адронных взаимодействиях. Работы А.В. Бережного по вычислению вкладов одиночного партонного рассеяния и двойного партонного



рассеяния во множественное рождение чарма сыграли решающую роль в интерпретации данных по парному рождению  $J/\psi$  мезонов в эксперименте LHCb. Его оценки сечения совместного рождения  $\Upsilon$  и  $D$  мезонов в условиях эксперимента LHCb оказались крайне важными для экспериментального определения величины эффективного сечения в двойном партонном рассеянии в кинематических условиях LHCb. А.В. Бережной является членом Коллаборации LHCb. В рамках этого эксперимента он выполняет анализ данных по многочастичным распадам прелестных барионов с открытым чармом в конечном состоянии.

**Профессор А.Н. Васильев** – признанный специалист в области физики высоких энергий и ядерной физике, соавтор 515 научных работ, индекс цитируемости около 32 000, индекс Хирша 89. Основные научные результаты А.Н. Васильева связаны, как с работой на ускорителе У-70 ИФВЭ, включая разработку и создание экспериментальных установок ПРОЗА и ПРОЗА-М и исследованиям на них, так и с работой в международных коллаборациях во FNAL (E581, E704, E781), BNL (E925, STAR) и JLaB (PRIMEX, G\_per3). На ускорителе У-70 ИФВЭ им были исследованы  $t$ -зависимости поляризации в эксклюзивных реакциях перезарядки  $\pi^-$ -мезонов с энергией 40 ГэВ с образованием  $\pi^0$ ,  $\eta$ ,  $\eta'$ ,  $\omega$ ,  $f$  мезонов, а также односпиновые асимметрии в инклюзивном образовании  $\pi^0$ -мезонов в области фрагментации различных пучков с энергиями 40-50 ГэВ. В эксперименте SELEX (E781) во FNAL при участии А.Н. Васильева исследованы образование и распады очарованных барионов. В 2000-2005 годах А.Н. Васильев, являясь руководителем от России, разрабатывал проект BTeV во FNAL по исследованию CP-нарушений в распадах  $B$ -мезонов. В эксперименте STAR в BNL была исследована возможность образования кварк-глюонной плазмы, а также односпиновая асимметрия в инклюзивном образовании  $\pi^0$ -мезонов при энергии в системе центра масс 200 ГэВ. В настоящее время А.Н. Васильев является научным руководителем нового поляризационного эксперимента СПАСЧАРМ на ускорителе У-70 в Протвино, а также научным руководителем российских ученых в проекте PANDA по поиску новых форм материи в проекте FAIR в Германии (г. Дармштадт).

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН)** является известнейшим исследовательским центром как по физике, в целом, так и по физике элементарных частиц, в частности. Среди научных отделений ФИАН выделяется Отделение теоретической физики, сотрудники которого работают практически во всех областях физики. Сотрудники Отделения Ядерной физики и астрофизики ФИАН являются активными участниками исследований, ведущихся международными научными коллаборациями такими, как ATLAS и CMS на



адронном коллайдере LHC и COMPASS на протонном синхротроне SPS в CERN (Женева, Швейцария).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1) Показано, что впервые использованные полностью реконструированные распады  $B_S$  мезонов в анализе  $B_S - \bar{B}_S$  осцилляций обеспечивают лучшую чувствительность к большим значениям частоты осцилляций  $\Delta m_{B_S}$  по сравнению с инклюзивными методами.

2) Установлен нижний предел на частоту осцилляций  $B_S$  мезонов,  $\Delta m_{B_S} > 8,5 \text{ пс}^{-1}$  на 95% уровне достоверности и с чувствительностью, равной  $12,0 \text{ пс}^{-1}$ .

3) Установлен верхний предел на относительную разницу ширин распада собственных массовых состояний  $B_S$  мезона  $\Delta\Gamma_{B_S}/\Gamma_{B_S} < 0,45$  на 95% уровне достоверности.

4) Измерено среднее время жизни  $B_S$  мезона  $\tau_{B_S} = 1,46 \pm 0,11 \text{ пс}$ .

5) Впервые выполнены измерения поляризации глюонов  $\Delta g/g$  наиболее модельно-независимым способом - методом "открытого очарования":  $\langle \Delta g/g \rangle^{LO} = -0,06 \pm 0,21(\text{стат.}) \pm 0,08(\text{сист.})$  при  $\langle x \rangle \approx 0,11$ .

6) Измерена средняя величина поляризации глюонов в интервале  $0,12 < x < 0,33$  в следующем за лидирующим порядке теории возмущений КХД (NLO), которая тоже оказалась близкой к нулю:  $\langle \Delta g/g \rangle^{NLO} = -0,13 \pm 0,15(\text{стат.}) \pm 0,15(\text{сист.})$  при  $\langle x \rangle \approx 0,20$ . Этот результат согласуется с более поздними прямыми измерениями методом "больших  $p_T$ " коллаборациями SMC, HERMES и COMPASS.

7) Получена величина первого момента распределения спиральности глюонов  $\Delta G = 0,22 \pm 0,08$  из КХД анализа, в который было включено измеренное значение  $\langle \Delta g/g \rangle^{NLO}$ .

8) Выполнена оценка вклада орбитального момента кварков и глюонов в полный спин протона, составившая  $\sim 18\%$ , в соответствии с правилом сумм для спиральности протона.

#### **Актуальность и новизна**

Диссертационная работа О.М. Кузнецова объединила в единый цикл экспериментальные исследования, выполненные автором в течение длительного времени. Задачи, положенные в основу этой работы, возникли в физике частиц практически одновременно в 1987-1988 годах. В экспериментах Argus и UA1 были зарегистрированы первые переходы частица-античастица в секторе нейтральных  $B_d$  мезонов, и измерение частоты  $B_S - \bar{B}_S$  осцилляций/смешивания становится приоритетной целью физики элементарных частиц. В эти же годы в эксперименте



ЕМС было показано, что вклад валентных кварков в полный спин протона мал, что, как видно сейчас, надолго вошло в физику, как затяжной спиновый кризис.

Диссертация О.М. Кузнецова построена на едином подходе к исследованию с помощью очарованных  $D_s$  и  $D^0$  мезонов двух различных разделов физики частиц, начиная с поиска  $B_s - \bar{B}_s$  осцилляций, одного из основных предсказаний Стандартной Модели, и заканчивая измерением глюонной компоненты в полном спине нуклона в плане поиска ответа на природу спинового кризиса, при этом очарованные мезоны, как правило, полностью реконструировались. Это позволяло изучать процессы в наименее модельно чувствительном приближении.

Актуальность первой части диссертации состояла в проверке предсказаний СМ, а также в поиске отклонения от предсказываемого значения частоты  $B_s - \bar{B}_s$  осцилляций, как возможного проявления новой физики. Процессы описываемые в Стандартной модели в нижнем порядке теории возмущений были достаточно хорошо протестированы и не предоставили какого-либо указания на новую физику.

Ожидание проявления новой физики при изучении осцилляций базировалось на том, что смешивание  $B_s - \bar{B}_s$  являются прямым следствием слабого взаимодействия во втором порядке и описывается петлевыми диаграммами. Измеренная величина частоты осцилляций  $B_s - \bar{B}_s$  могла бы дать указание на новую физику в доступном энергетическом масштабе. В любом варианте измерение частоты осцилляций представляло огромный интерес, либо как подтверждение Стандартной модели, либо как указание на новую физику.

Актуальность второй части диссертации связана с тем, что проблема спинового кризиса до сих пор далека от завершения. Предсказывание в рамках "глюонной аксиальной аномалии" большого вклада величины первого момента,  $\Delta G$ , спиральности глюонов в полный спин нуклона, давало надежду на преодоление спинового кризиса. Именно измерению величины этого вклада посвящена вторая часть диссертации.

Научная новизна работы в обоих случаях состояла в применении новаторских методик исследования. Впервые полностью реконструированные  $B_s$  мезоны были использованы в поиске  $B_s - \bar{B}_s$  осцилляций, которые обеспечивают чувствительность к значительно большим значениям частоты осцилляций,  $\Delta m_{B_s}$ , чем полулептонные распады  $B_s$ , доминирующие в области малых значений  $\Delta m_{B_s}$ .

Впервые для изучения внутренней структуры нуклона использовались частицы с тяжелым кварком, что позволило измерить поляризацию глюонов  $\Delta g/g$  через двойную спиновую асимметрию  $A^{\gamma N \rightarrow D^0 X}$  выхода очарованных  $D^0$  мезонов в реакции фотон-глюонного слияния ГНР.



В первом случае, использованная методика стала базовой для открытия  $B_s - \bar{B}_s$  осцилляций, во втором случае было показано, что вклад глюонов в полный спин нуклона, если он положителен, составляет  $\Delta G \approx 0,2$ .

### **Теоретическая и практическая значимость**

Из-за отсутствия достаточной статистики  $B_s$  мезонов на LEP вообще и в эксперименте DELPHI в частности, измерить частоту  $B_s - \bar{B}_s$  осцилляций не удалось. Однако, было получено указание на сигнал в интервале  $(15 - 20) \text{ ps}^{-1}$  и вклад соискателя в составе DELPHI в этот поиск был одним из основополагающих. В свою очередь методы поиска  $B_s - \bar{B}_s$  осцилляций, представленные в диссертации, явились решающими в последующие годы для их открытия во FNAL в 2006-ом году. Измеренное при поиске осцилляций время жизни  $B_s$  мезона внесло вклад в уточнение механизмов распада тяжёлых частиц. А результаты измерения распределения поляризации глюонов  $\Delta g/g$  (с последующим извлечением вклада глюонов  $\Delta G$  в спин нуклона) показали, что для решения спинового кризиса необходимо измерение вклада орбитальных моментов кварков и глюонов, а также позволили предсказать величину этого вклада. Полученный в диссертации результат малости вклада глюонов  $\Delta G$  в полный спин нуклона придает проектам по измерению вклада орбитального момента кварков и глюонов в полный спин нуклона первоочередную роль в решении затяжного спинового кризиса

Результаты диссертации могут быть использованы для проведения как теоретических, так и экспериментальных исследований во всех Российских и мировых зарубежных центрах физики элементарных частиц. В образовательных целях, описанные в диссертации методы поиска  $B_s - \bar{B}_s$  осцилляций, а также уникальный метод "открытого очарования", для измерения вклада глюонов в полный спин нуклона, могут быть использованы в учебных пособиях и курсах лекций для студентов физических вузов.

### **Достоверность результатов**

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждена независимыми экспериментальными измерениями, моделированием методом Монте-Карло и согласием с теоретическими ожиданиями и вычислениями. Прежде всего, это относится к открытию  $B_s - \bar{B}_s$  осцилляций на основе предложенного и реализованного диссертантом метода полностью реконструированных  $B_s$  мезонов в эксперименте CDF во FNAL, согласием измеренного среднего времени жизни  $B_s$  мезонов с более точными значениями, полученными позднее, согласием результата измерения распределения поляризации глюонов  $\Delta g/g$  в лидирующем порядке КХД с измерениями экспериментов SMC и HERMES, а также согласием величины первого



момента распределения спиральности глюонов  $\Delta G \approx 0,2$  со значениями, полученными в КХД анализах с использованием данных экспериментов на RHIC.

Результаты, приведенные в диссертации, опубликованы как в высокорейтинговых научных журналах, так и в рецензируемых научных изданиях, входящих в базы данных РИНЦ, Web of Science и Scopus, и регулярно цитируемых в научной литературе. Наличие достаточного числа содержательных публикаций в сочетании с широкой апробацией на международных конференциях подтверждают вывод об актуальности, научной новизне, достоверности и научно-практической значимости, выносимых на защиту результатов.

### **Личный вклад соискателя**

Диссертация О.М. Кузнецова основана на работах, выполненных автором в рамках международных коллабораций DELPHI (1994-2004) и COMPASS (2007-2015).

В эксперименте DELPHI он участвовал в работах по поиску  $B_s - \bar{B}_s$  осцилляций в составе группы «осцилляции и времена жизни» с момента ее образования: в итоговой работе по их поиску, направленной на международную конференцию ICHEP 2000 (Osaka) от эксперимента DELPHI, среди девяти человек, подписавших ее, есть и фамилия О.М. Кузнецова, что прекрасно характеризует его личный вклад. Его вклад в эту область исследований проявился еще раз позднее, когда  $B_s - \bar{B}_s$  осцилляции были открыты в эксперименте CDF, анализируя полностью реконструированные  $B_s$  мезоны. Перспективность поиска осцилляций этим методом, обладающим наилучшей чувствительностью в области высоких частот осцилляций  $\Delta m_{B_s}$ , впервые была показана О.М. Кузнецовым во время его работы в DELPHI.

Имея громадный опыт работы с очарованными частицами, начиная с кандидатской диссертации и поиска  $B_s - \bar{B}_s$  осцилляций, в эксперименте COMPASS он внес значительный вклад в измерение поляризации глюонов методом "открытого очарования" и снискал уважение коллег в области анализа данных в целом.

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы.

На заседании 19 апреля 2018 года диссертационный совет сделал вывод о том, что диссертация О.М. Кузнецова содержит оригинальные исследования, в которых на основании работ, выполненных автором, получены результаты, имеющие важное научное значение как для проверки Стандартной модели и поиска новой физики вне ее рамок, так и для поиска решения спинового кризиса, путем измерения вклада глюонов в полный спин нуклона. В целом эти исследования могут быть квалифицированы, как новые крупные достижения в развитии физики элементарных



частиц. Диссертация соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней. Совет принял решение присудить Олегу Михайловичу Кузнецову учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 6 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 31 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту нет, проголосовал: за присуждение учёной степени 22, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Заключение подготовили:

доктор физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

  
Водопьянов Александр Сергеевич

доктор физико-математических наук,

  
Капишин Михаил Николаевич

кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

  
Арефьев Валентин Александрович

Председатель диссертационного совета,  
доктор физико-математических наук,  
профессор

  
Малахов Александр Иванович

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

  
Арефьев Валентин Александрович



« 27 » апреля 2018 года