

Минобрнауки России

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

им. Г.И. Будкера

Сибирского отделения Российской академии наук
(ИЯФ СО РАН)

Проспект ак. Лаврентьева, д. 11, г.

Новосибирск, 630090

телефон: (383) 329-47-60, факс: (383) 330-71-63

<http://www.inp.nsk.su>, e-mail: inp@inp.nsk.su

ОКПО 03533872 ОГРН 1025403658136

ИНН/КПП 5408105577 / 540801001

от 11 МАР 2026 № 15311 – 39/11-38/548

на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о.директора

Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
ядерной физики им. Г. И. Будкера
Сибирского отделения Российской
академии наук

доктор физико-математических наук,
академик РАН

Лобачев Павел Владимирович



2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Шоркина Романа Андреевича «Исследование лептонной универсальности в распадах В-мезонов на Большом адронном коллайдере»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15 – «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий»

Актуальность темы диссертации

Диссертация Шоркина Романа Андреевича «Исследование лептонной универсальности в распадах В-мезонов на Большом адронном коллайдере» посвящена измерению относительных вероятностей полулептонных распадов заряженных В-мезонов $B^+ \rightarrow K^+\mu^+\mu^-$ и $B^+ \rightarrow K^+e^+e^-$ в данных эксперимента LHCb Большого адронного коллайдера при энергиях протон-протонных соударений $\sqrt{s} = 7,8$ и 13 ТэВ. В Стандартной Модели (СМ) упомянутые процессы описываются диаграммами с нейтральным током, изменяющим тип (аромат) кварка (т.н. НТИА). В СМ вероятность таких распадов крайне мала, а отклонение от предсказаний СМ было бы свидетельством Новой Физики. Таким образом, актуальность точных измерений вероятностей изучаемых в данной работе распадов не вызывает сомнений. Помимо задач по анализу данных автором выполнен ряд методических работ, необходимых для успешного набора данных и их последующего физического анализа.

Новизна работы заключается в новом измерении величины R_K – отношении вероятностей полулептонных распадов В-мезонов $B^+ \rightarrow K^+\mu^+\mu^-$ и $B^+ \rightarrow K^+e^+e^-$ со значительно лучшей точностью чем та, что была достигнута коллаборациями Belle и BaBar. Новое измерение со значительно лучшей точностью однозначно указывает на сохранение лептонной универсальности Стандартной модели. Методы анализа экспериментальной информации, разработанные и примененные в рассматриваемой работе, могут быть использованы для дальнейшего анализа при увеличении статистики, а также для анализа

других процессов.

Научная и практическая значимость работы обусловлены следующими факторами. Полученные автором результаты измерения отношения лептонной универсальности дополняют ранее выполненные работы и будут использованы при интерпретации аномалий в пингвинных распадах -мезонов.

Выполненные автором измерения на тестовом пучке и сравнение отклика тестовых модулей электромагнитного калориметра эксперимента LHCb с моделированием является важной задачей всего эксперимента, в которой автор принял непосредственное участие.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация Шоркина Р.А. представляет собой завершенное исследование. Ее содержание и структура соответствуют заявленной специальности и цели исследования.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, включающих 39 рисунков и 21 таблицу, заключения и списка литературы, содержащего 161 наименование. Во **введении** автор приводит обоснование актуальности выбранной темы исследования. Описаны цели и задачи, приведена информация об изучаемых объектах и методах исследования, приведена информация о новизне и научной значимости выполненной работы. Также во введении указаны положения, выносимые на защиту, и вся необходимая информация о личном вкладе диссертанта и проведенной апробации работы.

Первая глава диссертации посвящена обзору опубликованных работ по теме диссертации. Вводится понятие нейтрального тока с изменением аромата, приведены аргументы в пользу актуальности экспериментального исследования данного класса процессов. Приведен подробный анализ теоретических работ, посвященных вычислению амплитуд кваркового перехода $b \rightarrow s$ с парой заряженных лептонов в конечном состоянии.

Вторая глава дополняет обзор литературных источников. В ней приведены результаты экспериментальных исследований в области изучения процессов с кварковым переходом $b \rightarrow s$. Выделены перспективные направления дальнейших исследований, подчеркнута актуальность и новизна измерения, выполненного в работе.

В **третьей главе** автор приводит описание эксперимента LHCb Большого адронного коллайдера в состоянии на период сбора анализируемых данных.

Четвертая глава диссертации посвящена описанию выполненного измерения отношения вероятностей распадов $B^+ \rightarrow K^+ l^+ l^-$. Подробно описаны критерии отбора, фоновые процессы и способы их подавления и учета. Большое внимание уделено особенностям измерения состояния $B^+ \rightarrow K^+ e^+ e^-$ в эксперименте LHCb.

В **пятой главе** автор рассказывает о ряде методических задач, решенных в процессе работы над диссертационным исследованием. Они включают в себя измерения на тестовом пучке и сравнение отклика тестовых модулей электромагнитного калориметра LHCb с моделированием, а также анализ применения техники отбора событий при помощи обучаемого дерева решений.

В **заключении** приведены основные результаты и выводы.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Исследования, представленные в диссертации, выполнены на высоком уровне. В диссертации эти исследования описаны полно и ясно, хорошим языком. В целом, диссертация оставляет хорошее впечатление. Имеется лишь несколько замечаний.

В разделе 4.1 «Стратегия анализа» написано «Общая стратегия анализа основана на стремлении к максимизации чистоты исследуемого набора данных (т.е. минимизации фоновых вкладов), а не оптимизации максимального числа сигнальных событий.» Это решение не кажется очевидным с учетом того, что в конечном результате данной работы превалирует статистическая погрешность, приведенные аргументы не подкреплены какими-то данными или расчетами.

В разделе «Идентификация кандидатов» на стр.84 и далее приводятся ограничения на параметры идентификации, по-видимому, стандартно применяемые в анализе эксперимента LHCb. Для читателя, не работающего в этом эксперименте, было бы полезно привести понятные параметры, такие как вероятности правильной идентификации мюона, пиона, электрона и, соответственно, вероятности ошибочной идентификации.

Хотя в целом диссертация хорошо написана и оформлена, имеются некоторые погрешности. Так, в заголовке раздела 4.4.1 «Поправки к разрешению детектора» следовало бы указать разрешение по какому параметру имеется в виду, в заголовке раздела 4.5.2 «Параметризация фона с ошибкой идентификации частиц ...» также не вполне понятно, о чем идет речь. Присутствует некоторое злоупотребление жаргоном, например, «...применяется обрезание на расстояние от центра ливня ...» или использования термина «фидуциарные требования».

Перечисленные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации, представляющей собой законченное исследование. Достоверность выводов и результатов диссертации, а также их новизна и актуальность не вызывают сомнений. Основные результаты работы опубликованы в ведущих научных журналах и представлены на российских и международных научных конференциях.

Личный вклад соискателя в получении результатов исследования.

Личный вклад автора в описанное исследование является определяющим. Вынесенные на защиту результаты получены автором лично, либо при его определяющем участии.

Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Автореферат диссертации правильно отражает её содержание. Основные публикации автора по теме диссертации, список которых приведён в автореферате, корректно и полно отражают содержание диссертации и её основные результаты.

Степень достоверности результатов исследования. Достоверность результатов подтверждается многочисленными проверками различных параметров и распределений, использованием «слепого» анализа при обработке экспериментальных данных, обсуждениями процедуры обработки и ее результатов в коллаборации LHCb, а также хорошим согласием рассчитанных в моделировании и измеренных параметров и спектров. Результаты представленной работы докладывались на многочисленных научных семинарах и международных конференциях и опубликованы в ведущих реферируемых журналах.

Заключение по диссертации

Диссертация Шоркина Романа Андреевича на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится

решение научной задачи «Исследование лептонной универсальности в распадах В-мезонов на Большом адронном коллайдере» имеющей важное значение для физики элементарных частиц, что соответствует требованиям п.п. 9 - 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. (в действующей редакции), а автор диссертационной работы, Шоркин Роман Андреевич, безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15 – «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий».

Заключение рассмотрено на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук 06.03.2026, протокол № 9.

Отзыв составил:

доктор физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц, главный научный сотрудник лаборатории 3-3 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН)

Шварц Борис Альбертович,

телефон 383 329 4376, +7 913 929 33 61

адрес электронной почты shwartz@inp.nsk.su



Ученый секретарь ИЯФ СО РАН,

кандидат физико-математических наук



/Резниченко Алексей Викторович/

Телефон: (383)329-47-99

адрес электронной почты: A.V.Reznichenko@inp.nsk.su

Проспект ак. Лаврентьева, д. 11, г. Новосибирск, 630090,

Факс: 3833307163

Список основных публикаций сотрудников ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН) по тематике диссертации Шоркина Р.А. «Исследование лептонной универсальности в распадах В-мезонов на Большом адронном коллайдере» в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Anashin, V. V., ..., Shwartz, B. A. et al. (KEDR Collaboraton), *Measurement of the Masses of Neutral and Charged D Mesons with the KEDR Detector* // Phys. Part. Nucl. 2025. – 56 (2025) 802-808
2. Anashin, V. V., ..., Shwartz, B. A. et al. (KEDR Collaboraton), *Measurement of R at the KEDR Detector* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2025. – 22 (2025) 137-141
3. Ignatov, F. V., ..., Shwartz, B. A. et al (CMD-3 Collaboration), *Measurement of the $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ cross section from threshold to 1.2 GeV with the CMD-3 detector* // Phys. Rev. D. 2024. – 109 (2024) 112002
4. Ignatov, F. V., ..., Shwartz, B. A. et al (CMD-3 Collaboration), *Measurement of the Pion Form Factor with CMD-3 Detector and Its Implication to the Hadronic Contribution to Muon ($g-2$)* // Phys. Rev. Lett. 2024. – 132 (2024) 231903
5. *Первое измерение величины конверсионного распада омега мезона в нейтральный пион и электрон-позитронную пару на детекторе КМД-3* / А. Н. Амирханов, А. В. Анисенков, В. М. Аульченко, ..., Б. А. Шварц и др. // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-математических наук. 2024. Том 60. № 1. С. 52-71.
6. Anashin, V. V., ..., Shwartz, B. A. et al. (KEDR Collaboraton), *Measurement of the branching fraction of $J/\psi \rightarrow \rho\pi$ at KEDR* // JHEP. 2023. – 06 (2023) 196
7. Anashin, V. V., ..., Shwartz, B. A. et al. (KEDR Collaboraton), *Measurement of J/ψ decays into final states $2(\pi^+\pi^-)\pi^0$, $K^+K^-\pi^+\pi^-\pi^0$, $2(\pi^+\pi^-)$ and $K^+K^-\pi^+\pi^-$* // Eur. Phys. J. C. 2022. – 82 (2022) 938
8. Gebauer, U., ..., Shwartz, B. A. et al. (Belle Collaboration), *Measurement of the branching fractions of the $B^+ \rightarrow \eta^1\pi^+\nu_1$ and $B^+ \rightarrow \eta^1\pi^+\nu_1$ decays with signal-side only reconstruction in the full q^2 range* // Phys. Rev. D. 2022. – 106 (2022) 032013
9. Li, Y. B., ..., Shwartz, B. A. et al. (Belle Collaboration), *First test of lepton flavor universality in the charmed baryon decays $\Omega_c^0 \rightarrow \Omega^-\pi^+\nu_1$ using data of the Belle experiment* // Phys. Rev. D. 2022. – 105 (2022) L091101
10. Patra, S., ..., Shwartz, B. A. et al. (Belle Collaboration), *Search for charged lepton flavor violating decays of $Y(1S)$* // JHEP. 2022. – 05 (2022) 095
11. Wehle, S., ..., Shwartz, B. A. et al. (Belle Collaboration), *Test of Lepton-Flavor Universality in $B \rightarrow K^*\pi^+\pi^-$ Decays at Belle* // Phys. Rev. Lett. 2021. – 126 (2021) 161801