

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н.
ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 8 апреля 2026 г. № 21

О присуждении Шоркину Роману Андреевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование лептонной универсальности в распадах В-мезонов на Большом адронном коллайдере» по специальности 1.3.15 – Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий принята к защите 17 декабря 2025 года (протокол заседания № 17) диссертационным советом 24.1.262.03, созданным 18 октября 2023 года приказом № 1973/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Шоркин Роман Андреевич, 11 июня 1998 года рождения, в 2021 году с отличием окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ), Физический факультет по специальности «Физика», направлению подготовки «Физика ядра и элементарных частиц». В 2025 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС) по направлению 03.06.01 – «Физика и астрономия» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель исследователь». С 2021 года является сотрудником НИТУ МИСИС. В настоящее время работает в должности инженера научного проекта в Центре инфраструктурного взаимодействия MegaScience НИТУ МИСИС.

Диссертационная работа Шоркина Р.А. выполнена в Центре инфраструктурного взаимодействия MegaScience НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Холоденко Сергей Анатольевич, ведущий эксперт научного проекта Центра инфраструктурного взаимодействия MegaScience НИТУ МИСИС.

Официальные оппоненты:

1. Ким Виктор Тимофеевич, доктор физико-математических наук, заместитель руководителя Отделения физики высоких энергий Федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ) (Ленинградская обл., г. Гатчина);
2. Слабоспицкий Сергей Ростиславович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ) (Московская обл., г. Протвино)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН), г. Новосибирск, в своём положительном отзыве, подписанном доктором физико-математических наук Шварцем Борисом Альбертовичем, главным научным сотрудником лаборатории 3-3 ИЯФ СО РАН, кандидатом физико-математических наук Резниченко Алексеем Викторовичем, ученым секретарем ИЯФ СО РАН, и утвержденном академиком РАН, доктором физико-математических наук Логачевым Павлом Владимировичем, директором ИЯФ СО РАН, указала, что диссертация Шоркина Р.А. выполнена на высоком уровне и соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15 – «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий».

Соискатель имеет более 130 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 3 работы. Все 3 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Scopus.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Шоркиным Р.А. работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. Aaji R., ..., Shorkin R. et al. (LHCb Collaboration), Measurement of the branching fraction ratio R_K at large dilepton invariant mass // *Journal of High Energy Physics*. – 2025. – Т. 2025, № 7. – С. 198. doi: 10.1007/JHEP07(2025)198
2. Shorkin R.A., Beam Composition Analysis Using a Single SHASHLIK-Type Calorimeter Module // *Physics of Atomic Nuclei*. – 2023. – Т. 86, № 6. – С. 1421-1425. doi: 10.1134/S1063778823060236
3. Shorkin R.A., Optimization of Rare Event Selection in the Presence of Unextractable Dominant Background // *Bulletin of the Lebedev Physics Institute*. – 2025. – Т. 52, № 9. – С. 456-465. doi: 10.3103/S1068335625602882

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области физики элементарных частиц, а ведущей организации – её репутацией признанного научного центра, проводящего исследования в области физики элементарных частиц, включая физику прелестных адронов.

Диссертация Шоркина Р.А. посвящена решению актуальной научной задачи – исследованию лептонной универсальности в полулептонных распадах заряженных B -мезонов: $B^\pm \rightarrow K^\pm e^+ e^-$ и $B^\pm \rightarrow K^\pm \mu^+ \mu^-$, измерению отношения вероятностей указанных распадов R_K в области квадрата инвариантной массы лептонной пары $q^2 > 14,3 \text{ ГэВ}^2/c^4$. Работа проводилась с использованием экспериментальных данных, набранных экспериментом LHCb Большого адронного коллайдера (БАК) в период 2011–2012 гг. и 2015–2018 гг. в протон-протонных столкновениях с энергией в системе центра инерции $\sqrt{s} = 7,8$ и 13 ТэВ.

Экспериментальные исследования по обнаружению отклонений от предсказаний Стандартной модели являются одной из наиболее актуальных задач физики элементарных частиц. Одним из перспективных направлений таких исследований является проверка выполнения лептонной универсальности в кварковых переходах $b \rightarrow s \ell^+ \ell^-$ (где ℓ – заряженный лептон). Выполненные коллаборациями Belle, BaBar, LHCb и CMS измерения параметров распадов B -мезонов, включающих данный кварковый переход, указывают на возможные отклонения от лептонной универсальности Стандартной модели. Точное измерение отношения

вероятностей полуплептонных распадов заряженных В-мезонов R_K в кинематической области $q^2 > 14,3 \text{ ГэВ}^2/c^4$, не изученной на данных экспериментов Большого адронного коллайдера, позволяет проверить и дополнить выполненные ранее исследования. Таким образом, диссертация Шоркина Р.А. является важной и актуальной.

В результате выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. Измеренное значение отношения R_K вероятностей распадов $B^\pm \rightarrow K^\pm e^+ e^-$ и $B^\pm \rightarrow K^\pm \mu^+ \mu^-$ в области квадрата инвариантной массы лептонной пары $q^2 > 14,3 \text{ ГэВ}^2/c^4$ на данных эксперимента LHCb первого и второго сеансов БАК составило $1,079^{+0,114}_{-0,100}$.
2. Разработан и применен алгоритм введения поправок к моделированию разрешения детектора по импульсу для электронов для учета влияния алгоритма восстановления тормозного излучения. Продемонстрировано согласие экспериментальных данных и моделированных распределений с внесенными поправками. Рассчитана систематическая погрешность, связанная с введением поправок, составившая 3,18 % от отношения вероятностей распадов контрольных каналов $B^\pm \rightarrow K^\pm J/\psi(e^+ e^-)$ и $B^\pm \rightarrow K^\pm J/\psi(\mu^+ \mu^-)$ и 0,32 % от величины R_K .
3. Разработан и применен алгоритм для оценки фонового вклада событий с неправильной идентификацией одного и двух адронов как электронов $\pi^\pm \rightarrow e^\pm$, $K^\pm \rightarrow e^\pm$ в отобранный набор сигнальных данных. Рассчитана систематическая погрешность, связанная с учетом и обработкой данных каналов. Она составила 22 % от статистической погрешности R_K .
4. Определен вклад от событий резонансных инклюзивных мод распада заряженных и нейтральных В-мезонов $B \rightarrow \psi(2S)K^\pm X$ в отобранный набор сигнальных данных. Он составил пять ожидаемых событий. Рассчитана систематическая погрешность, связанная с исключением указанной компоненты из параметризации спектра инвариантных масс кандидатов В-мезонов в отобранных данных: 6,7 % от величины статистической погрешности R_K .
5. Разработан метод анализа состава выведенного адронного пучка на основе данных по энерговыделениям в модуле электромагнитного калориметра LHCb типа «шашлык», на его основе проведено

исследование состава выведенных адронных пучков Суперпротонного синхротрона в диапазоне энергий от 20 до 150 ГэВ, измерен вклад мюонной компоненты тестовых пучков.

6. Выполнен анализ применимости классификаторов на основе ансамблевых методов машинного обучения для отбора редких событий в условиях неопределенного преобладающего фона. Показано, что эффективность отбора при помощи ансамбля деревьев решений с бустингом не зависит от абсолютного вклада сигнальных событий в фоновую выборку при рассматриваемом уровне относительного смешивания сигнального и фонового наборов данных (1:1000).

Все результаты, представленные автором, являются новыми. Новизна обусловлена тем, что:

- Впервые измерено значение параметра R_K в кинематической области $q^2 > 14,3 \text{ ГэВ}^2/c^4$ на данных эксперимента LHCb;
- На основе проведенного исследования отклика калориметрического модуля на разные типы частиц разработан новый метод для анализа состава выведенного пучка;
- Впервые проведено исследование влияния вклада ошибочно меченных данных в составе выборок для обучения и оптимизации ансамблевого классификатора для отбора редких событий с целью прямого поиска частиц, не входящих в Стандартную модель. Вычислено изменение эффективностей отбора сигнала и подавления фона.

Научная значимость полученных соискателем результатов исследования состоит в первом в мире измерении параметра R_K в кинематической области $q^2 > 14,3 \text{ ГэВ}^2/c^4$ на данных эксперимента LHCb. Полученное значение является самым точным в мире измерением R_K в указанной области, что важно для модельно-независимых исследований эффективных постоянных взаимодействия (коэффициентов Вильсона) в формализме эффективной теории поля Стандартной модели, направленных на проверку гипотез новой физики. Результат измерения в пределах одного доверительного интервала согласуется с лептонной универсальностью Стандартной модели, что имеет большое научное значение для поиска эффектов новой физики в кварковых переходах $b \rightarrow s\ell^+\ell^-$. Предложенный в диссертации метод анализа отклика ячейки модуля электромагнитного калориметра позволяет проводить измерения состава выведенного

адронного пучка в режиме реального времени, что используется при исследованиях новых установок на каналах тестовых пучков. Результаты исследования классификаторов на основе ансамблевых методов машинного обучения могут послужить обоснованием для их использования в случае наличия малой сигнальной примеси в обучающих фоновых данных при отборе событий, относящихся к несбалансированным классам.

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы в Международной межправительственной научно-исследовательской организации Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ, НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ, ИЯФ СО РАН, Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ) и других.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается надёжностью применяемых методов контроля набора данных и работы детекторной установки эксперимента LHCb, выполнением калибровочных и нормировочных измерений, использованием стандартных программных пакетов Европейской организации по ядерным исследованиям. Результаты нормировочных измерений согласуются с численными расчетами и экспериментальными результатами работ других авторов. Научные результаты, представленные в работе, были дополнительно проверены в процедуре внутреннего рецензирования коллаборации LHCb.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Шоркина Р.А., получены лично автором, либо при его непосредственном участии. В частности, автором выполнена разработка и применение алгоритма внесения поправок к моделированию разрешения детектора LHCb по импульсу для электронов. Обработка и анализ вклада инклюзивного распада заряженных и нейтральных B -мезонов $B \rightarrow K^\pm \psi(2S) X$ в набор отобранных сигнальных событий выполнен лично автором. Шоркин Р.А. разработал и реализовал алгоритм вычисления вклада фона от однократной и двукратной ошибки идентификации адронов как электронов в сигнальный набор данных. Соискатель выполнил моделирование адронных, электронных и мюонных взаимодействий в модуле электромагнитного калориметра LHCb, разработал и применил алгоритм измерения состава выведенного адронного пучка, осуществил исследование его эффективности на экспериментальных данных. Работа по изучению оптимизации отбора редких событий в присутствии

неопределенного преобладающего фона на основе методов машинного обучения также была выполнена соискателем. Шоркин Р.А. является единственным автором статей, посвященных исследованиям для развития аппаратной и методической базы эксперимента LHCb (2, 3). Определяющий вклад соискателя в работу над физическим анализом R_K и подготовку публикации по итогам измерения (1) подтверждается представленным в диссертационный совет письмом председателя коллаборации LHCb.

В ходе защиты соискатель Шоркин Р.А. аргументированно ответил на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 8 апреля 2026 года диссертационный совет принял решение присудить Шоркину Р.А. учёную степень кандидата физико-математических наук за решение актуальной научной задачи в области исследования лептонной универсальности в распадах В-мезонов.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.15 – Физика атомного ядра и элементарных частиц, физика высоких энергий), участвовавшие в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени – 12,

против присуждения учёной степени – 0,

недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета
академик РАН, д.ф.-м.н.,
профессор



Данилов Михаил Владимирович

Ученый секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Баранов

Баранов Сергей Павлович