

УТВЕРЖДАЮ

Проректор федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский
государственный университет имени
М. В. Ломоносова»,
д. ф.-м. н., проф.

Федянин Андрей Анатольевич

« 24 » мая 2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кафедры общей ядерной физики физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»

Диссертация «Прецизионные измерения характеристик $B_{(s)}$ -мезонов и их распадов в эксперименте ATLAS» выполнена на кафедре общей ядерной физики физического факультета МГУ.

В период подготовки диссертации аспирант Маевский Артём Сергеевич работал в отделе экспериментальной физики высоких энергий Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» в должности младшего научного сотрудника.

В 2013 г. окончил физический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова по специальности «физика атомного ядра и частиц».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова».

Научный руководитель — доктор физико-математических наук Смирнова Лидия Николаевна, профессор кафедры общей ядерной физики физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова».

По итогам обсуждения принято следующее решение:

Основные результаты, полученные в данной работе:

1. В стандартных пакетах программного обеспечения (ПО) эксперимента ATLAS реализована возможность проведения полного математического моделирования трекового детектора переходного излучения (TRT) методом Монте-Карло при заполнении отдельных модулей TRT новыми газовыми смесями на основе аргона и криптона. Осуществлено моделирование условий регистрации переходного излучения при использовании этих смесей.
2. Определены калибровочные константы для регистрации переходного излучения в TRT при использовании газовой смеси на основе аргона.
3. Проведено прецизионное измерение массы B^+ -мезона по первым данным pp -соударений в сеансе Run-2 в эксперименте ATLAS при энергии 13 ТэВ.
4. В рамках анализа по измерению параметров CP-нарушения в распадах $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ в эксперименте ATLAS разработана методика учета вкладов резонансного фона от процессов $B_d^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$, $B_d^0 \rightarrow J/\psi K^+\pi^-$ и $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p^+ K^-$.

5. В результате анализа данных pp -соударений при энергии 8 ТэВ, набранных в эксперименте ATLAS в 2012 г. и соответствующих интегральной светимости 14.3 fb^{-1} , измерены значения CP-нарушающей фазы ϕ_s и разницы $\Delta\Gamma_s$ ширины легкого и тяжелого состояний B_s^0 -мезона в распадах $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$. Полученные значения статистически скомбинированы с результатами аналогичного измерения ATLAS на данных 7 ТэВ, соответствующих интегральной светимости 4.9 fb^{-1} . Результат ATLAS находится в согласии с результатами аналогичных измерений коллабораций DØ, CDF, CMS и LHCb, а также с предсказанием Стандартной Модели. Измеренные в ATLAS значения параметров ϕ_s и $\Delta\Gamma_s$ дают значимый вклад в мировое среднее значение этих параметров, определенное коллаборацией HFAG.

Личный вклад диссертанта состоял в активном участии в работе коллаборации TRT и группы B -физики эксперимента ATLAS. Им осуществлена модификация стандартных пакетов ПО эксперимента ATLAS для моделирования использования газовых смесей на основе аргона и криптона в различных модулях TRT. В ходе данной работы диссертантом была обнаружена и решена при его участии проблема, связанная с двойным учетом вклада от дельта-электронов при моделировании сигналов TRT. Диссертант произвел определение калибровочных констант, используемых для описания регистрации переходного излучения в TRT с помощью активной газовой смеси на основе аргона, по данным соударений протонов с ионами свинца в начале 2013 г. Он участвовал в 2015 и 2016 гг. в экспериментах на тестовых пучках SPS, посвященных изучению свойств переходного излучения и его регистрации в дрейфовых трубках при использовании различных радиаторов и газовых смесей. Диссертант был задействован в предварительной подготовке к этим экспериментам и в сменных дежурствах. Им также была осуществлена калибровка результатов эксперимента 2015 г.

Диссертант принимал участие в измерении параметров CP-нарушения по угловым и временным характеристикам распадов $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ по полному набору данных сеанса Run-1 и в реконструкции массы B^+ -мезона по данным сеанса Run-2. Диссертантом проведена оценка числа событий от фоновых процессов $B_d^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$ и $B_d^0 \rightarrow J/\psi K^+\pi^-$ в анализе распадов $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$. Для этого же анализа им были осуществлены моделирование, оценка вклада и определение систематических неопределенностей от распадов $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p^+ K^-$. Участие диссертанта в реконструкции массы B^+ -мезона по распадам $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$ заключалось в моделировании, фитировании и оценке систематических неопределенностей от фонового процесса $B^+ \rightarrow J/\psi\pi^+$.

Достоверность результатов моделирования условий регистрации переходного излучения подтверждается соответствием между модельными и экспериментальными характеристиками регистрации переходного излучения в модулях TRT, заполненных газовой смесью на основе аргона. Разработанные алгоритмы учета альтернативных газовых смесей в математической модели TRT вошли в стандартные пакеты ПО эксперимента ATLAS и используются коллаборацией при полном математическом моделировании детектора методом Монте-Карло.

Результаты измерения массы B^+ -мезона находятся в согласии с аналогичными измерениями эксперимента LHCb и с мировым средним и свидетельствуют о стабильной работе внутреннего детектора в сеансе Run-2. Достоверность результата измерения параметров CP-нарушения в распаде $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ определяется стабильной работой подсистем установки ATLAS в течение сеанса Run-1.

Научная новизна работы обусловлена тем, что результаты были получены с использованием данных, набранных в крупнейшем эксперименте на Большом Адронном Коллайдере при недостижимых ранее значениях энергии соударений протонов и светимости.

В связи с возникшими в конце сеанса Run-1 проблемами газовой системы TRT во время периода длительной остановки коллайдера в 2013 – 2015 гг. были проведены разработки, обеспечивающие возможность использования новых альтернативных газовых смесей без изменения конструкции детектора ATLAS. Впервые осуществлено моделирование условий регистрации переходного излучения в TRT при использовании альтернативных

газовых смесей.

В сеансе Run-2 впервые при энергии сталкивающихся протонов 13 ТэВ в эксперименте ATLAS выполнена реконструкция массы B^+ -мезона с большой статистической точностью. Показано высокое качество работы внутреннего детектора после его модификации путем введения дополнительного слоя пиксельных детекторов.

Параметры CP-нарушения в распаде $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ измерены с использованием полного набора данных сеанса Run-1, отобранных для анализа и соответствующих интегральным светимостям 4.9 и 14.3 fb^{-1} при энергиях pp -соударений в системе центра масс 7 и 8 ТэВ соответственно. Впервые осуществлен учет вклада фоновых событий $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p^+ K^-$. Полученные результаты сопоставимы с аналогичными измерениями коллабораций DØ, CDF, CMS и LHCb и дают значимый вклад в мировое среднее значений слабой фазы ϕ_s и разницы $\Delta\Gamma_s$ ширины легкого и тяжелого массовых состояний B_s^0 -мезона.

Практическая значимость работы обусловлена важностью стабильной работы детектора TRT и всего внутреннего детектора для успешного проведения измерений характеристик b -адронов в эксперименте ATLAS. Внутренний детектор осуществляет реконструкцию треков, определение координат вершин распада и рождения и измерение импульсов частиц. С помощью измерений TRT внутренний детектор наряду с электромагнитным калориметром позволяет осуществлять идентификацию электронов, которая используется как при физическом анализе данных, так и в триггере. В связи с этим обеспечение стабильной работы TRT в новых условиях сеанса Run-2 существенно для качественного функционирования внутреннего детектора и всей установки ATLAS.

Результаты реконструкции массы B^+ -мезона и их стабильность в различных областях детектора демонстрируют высокое качество настройки подсистем внутреннего детектора. Эти результаты являются основой для дальнейшего проведения измерений времени жизни и сечений рождения B^+ -мезонов. Использованный распад $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$ является калибровочным в анализах редких распадов B_d^0 и B_s^0 -мезонов на пару мюонов, а также используется для калибровки мечения начального аромата b -кварка при измерении параметров CP-нарушения в распадах $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$. Алгоритмы реконструкции данного распада, адаптированные в ходе измерения массы B^+ -мезона для ПО эксперимента ATLAS, используемого в сеансе Run-2, будут использованы при анализе соответствующих распадов.

Новые измерения параметров CP-нарушения в канале $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ по полному набору данных сеанса Run-1 позволяют улучшить общий мировой результат для этих величин, что важно для проверки Стандартной Модели и поиска возможных проявлений новой физики.

Текущие результаты работы неоднократно докладывались автором и обсуждались на научных конференциях «Ломоносовские чтения» МГУ имени М.В. Ломоносова, на рабочих совещаниях коллаборации TRT и группы B -физики эксперимента ATLAS и на совещаниях российских групп, являющихся участниками эксперимента. Автором были также сделаны доклады на следующих международных совещаниях, конференциях и школах:

1. TRT workshop (25 – 27 июня 2014 г., Краков, Польша);
2. Международная сессия-конференция Секции ядерной физики ОФН РАН «Физика фундаментальных взаимодействий» (17 – 21 ноября 2014 г., МИФИ, Москва, Россия);
3. The Third Annual Large Hadron Collider Physics Conference (LHCP2015, 31 августа – 5 сентября 2015 г., Санкт-Петербург, Россия);
4. 19th International Moscow School of Physics and 44th ITEP Winter School of Physics (16 – 22 февраля 2016 г., Москва, Россия);
5. 24th International Workshop on Deep-Inelastic Scattering and Related Subjects (DIS 2016, 11 – 15 апреля 2016 г., DESY, Гамбург, Германия);
6. Международная сессия-конференция Секции ядерной физики ОФН РАН «Физика фундаментальных взаимодействий» (12 – 15 апреля 2016 г., ОИЯИ, Дубна, Россия);
7. Hadron Structure and QCD: from Low to High Energies (HSQCD2016, 27 июня – 1 июля 2016 г., ПИЯФ, Гатчина, Россия);

8. The 2nd International Conference on Particle Physics and Astrophysics (ICPPA-2016, 10 – 14 октября 2016 г., Москва, Россия),

а также на научном семинаре отдела экспериментальной физики высоких энергий Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. Полученные результаты также докладывались другими участниками коллаборации ATLAS на различных международных конференциях. Диссертант является соавтором более 200 публикаций в составе коллаборации ATLAS. Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Aad G., ..., Maevskiy A. et al. [ATLAS Collaboration*]. Measurement of the CP-violating phase ϕ_s and the B_s^0 meson decay width difference with $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ decays in ATLAS // Journal of High Energy Physics. — 2016. — Vol. 08. — P. 147.
2. Болдырев А. С., Маевский А. С. Моделирование условий регистрации переходного излучения при использовании Ar и Kr смесей в TRT ATLAS // Ядерная физика и инжиниринг. — 2014. — Т. 5, No 9-10. — С. 857–860.
A. S. Boldyrev, A. S. Maevskiy. Simulation of the transition radiation detection conditions in the ATLAS TRT detector filled with argon and krypton gas mixtures // Physics of Atomic Nuclei. — 2015. — Vol. 78. — P. 1552–1555.
3. ATLAS Collaboration. B^\pm mass reconstruction in $B^\pm \rightarrow J/\psi K^\pm$ decay at ATLAS at 13 TeV pp collisions at the LHC // ATLAS-CONF-2015-064.
4. Maevskiy A. Recent results on B-Physics and Quarkonia with the ATLAS detector // PoS. — 2016. — Vol. DIS2016. — P. 136.
5. Маевский А. С. Калибровка порогов регистрации переходного излучения в TRT ATLAS для аргоновой смеси // Труды XV межвузовской научной школы молодых специалистов «Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине». — 2014. — С. 28-32.
6. Lobanov S., Maevskiy A., Smirnova L. K/π ratio and strangeness suppression in pp collisions at the LHC // PoS. — 2011. — Vol. IHEP-LHC-2011. — P. 008.
7. Boldyrev A. S., Lobanov S. Y., Maevsky A. S. et al. Measurements and simulations of b and c -quark production at hadron colliders // Proceedings of the Eighteenth Annual Seminar NPC'S'2011. — Minsk, Belarus, 2011. — Vol. 18. — P. 216-222.
8. М.И. Маликова, А.С. Маевский. Анализ вклада резонансных фононов в распаде $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ // Труды XVII межвузовской научной школы молодых специалистов «Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине». — 2016. — С. 115-117.

* Авторы статьи – участники коллаборации ATLAS из России: F. Ahmadov, A.V. Akimov, I.N. Aleksandrov, A.V. Anisenkov, A. Antonov, A. Artamonov, E.M. Baldin, A. Basalaev, V.A. Bednyakov, K. Belotskiy, V.S. Bobrovnikov, A.G. Bogdanchikov, A.S. Boldyrev, A. Borisov, I.R. Boyko, I.A. Budagov, O. Bulekov, A.R. Buzykaev, G.A. Chelkov, A. Cheplakov, E. Cheremushkina, M.V. Chizhov, D.V. Dedovich, M. Demichev, S.P. Denisov, B.A. Dolgoshein, A. Ezhilov, R.M. Fakhruddinov, O.L. Fedin, A.B. Fenyuk, I.L. Gavrilenko, L.K. Gladilin, D. Golubkov, P.A. Gorbounov, M.I. Gostkin, V. Gratchev, N. Huseynov, N. Javadov, A. Kamenshchikov, V.A. Kantserov, S.N. Karpov, Z.M. Karpova, A.N. Karyukhin, V.F. Kazanin, A.G. Kharlamov, V. Khovanskiy, E. Khranov, A.A. Komar, A.A. Korol, V.M. Kotov, A.S. Kozhin, V.A. Kramarenko, D. Krasnopevtsev, U. Kruchonak, V. Kukhtin, E. Ladygin, M. Levchenko, A. Maevskiy, V.P. Maleev, V.M. Malyshev, R. Mashinistov, A.L. Maslennikov, D.A. Maximov, A.A. Minaenko, I.A. Minashvili, M. Mineev, S.V. Mouraviev, A.G. Myagkov, P.Yu. Nechaeva, V. Nikolaenko, S.V. Peleganchuk, V.D. Peshekhonov, E. Plotnikova, I.N. Potrap, V. Pozdnyakov, O.L. Rezanova, A. Romaniouk, V.I. Rud, N.A. Rusakovich, Y.F. Ryabov, R. Sadykov, A. Sapronov, V.A. Schegelsky, E. Sedykh, D.M. Seliverstov, P.B. Shatalov, M. Shiyakova, A. Shmeleva, E. Shulga, A.N. Sisakyan, S.Yu. Sivoklokov, S.Yu. Smirnov, Y. Smirnov, L.N. Smirnova, A.A. Snesev, E.Yu. Soldatov, A.A. Solodkov, A. Soloshenko, O.V. Solovyanov, V. Solovyev, A.M. Soukharev, E.A. Starchenko, V.V. Sulin, A.A. Talyshev, V.O. Tikhomirov, Yu.A. Tikhonov, S. Timoshenko, I.I. Tsukerman, S. Turchikhin, V.B. Vinogradov, K. Vorobev, I. Yeletskikh, A.M. Zaitsev, O. Zenin, A. Zhemchugov, K. Zhukov, N.I. Zimine

9. Ю.Ю. Овчаров, А.С. Маевский. Сравнительный анализ спектров заряженных частиц в соударениях протонов в эксперименте ATLAS // Труды XVII межвузовской научной школы молодых специалистов «Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине». — 2016. — С. 118-121.

Из них статьи 1 – 2 удовлетворяют требованиям ВАК.

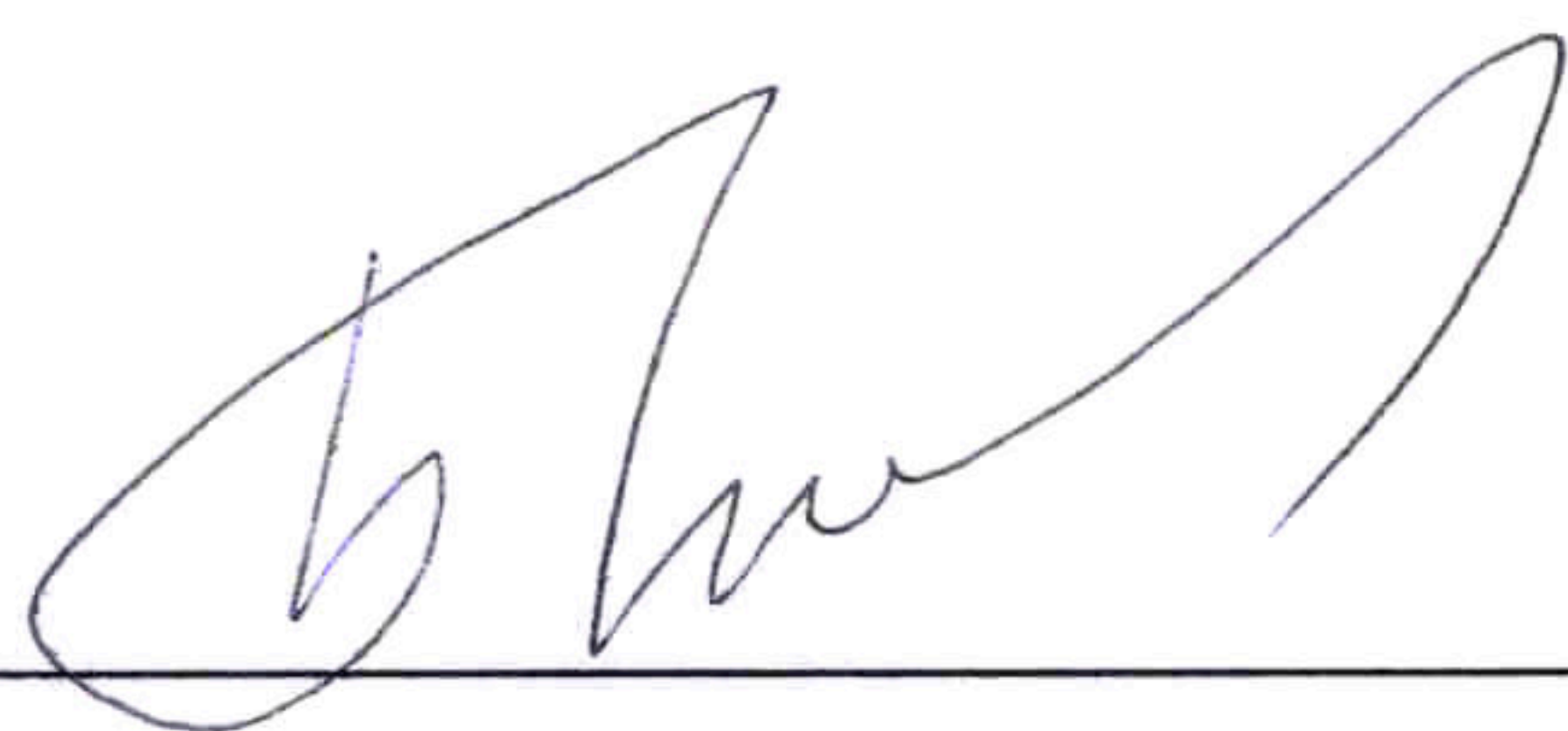
Оценка выполненной диссертантом работы. В диссертации выполнены актуальные исследования, важные для развития физики высоких энергий. Прецизионные измерения эффекта CP нарушения принципиально важны для проверки предсказаний современного состояния описания физического мира, отраженного в стандартной модели, и поиска возможных эффектов новой физики за пределами применимости стандартной модели.

Содержание диссертации достаточно полно и ясно отражено в публикациях. Полученные результаты соответствуют передовому уровню мировых достижений в данной области науки. Ценность научных работ диссертанта заключается в том, что они направлены на развитие эксперимента ATLAS и способствуют повышению точности измерения параметров CP-нарушения на мировом уровне. Диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи, имеющей существенное значение для физики высоких энергий. Диссертация соответствует специальности 01.04.23 «физика высоких энергий».

Диссертация «Прецизионные измерения характеристик $B_{(s)}$ -мезонов и их распадов в эксперименте ATLAS» Маевского Артёма Сергеевича рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 «физика высоких энергий».

Заключение принято на совместном заседании совета отдела электромагнитных процессов и взаимодействий атомных ядер Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына и кафедры общей ядерной физики физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова». Присутствовало на заседании 15 чел. Результаты голосования: «за» — 15 чел., «против» — 1 чел., «воздержалось» — 1 чел., протокол № 8 от «20» октября 2016 г.

Заведующий кафедрой общей ядерной физики физического факультета МГУ,
Заведующий отделом электромагнитных процессов и взаимодействий атомных ядер Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д. В. Скобельцына,
доктор физико-математических наук,
профессор Б. С. Ишханов



Заключение утверждено на заседании ученого совета НИИЯФ МГУ и ОЯФ (Пр. № 9)

«18» ноября 2016 г.

Директор НИИЯФ МГУ,
профессор М.И. Панасюк



Секретарь ученого совета НИИЯФ МГУ и ОЯФ,
профессор С.И. Страхова

