

**Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» — ИФВЭ)**

25 июня 2020 г.

Заседание Диссертационного совета Д 201.004.01  
Протокол № 2020-6

**Стенограмма заседания Диссертационного совета Д 201.004.01**

**Защита диссертации Мандрика Петра Сергеевича  
«Поиск аномальных взаимодействий топ-кварков на адронных коллайдерах»  
на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.23 — физика высоких энергий**

**Председательствующий:** председатель Диссертационного совета Д 201.004.01 доктор физико-математических наук, профессор Тюрин Николай Евгеньевич

**Секретарь:** ученый секретарь Диссертационного совета Д 201.004.01 кандидат физико-математических наук Рябов Юрий Григорьевич

**Всего членов Диссертационного совета:** 22 человека

**Присутствует:** 19 человек

На заседании присутствуют следующие члены Диссертационного совета Д 201.004.01:

1. Тюрин Н.Е., доктор ф.-м.н., 01.04.02 - председатель;
2. Зайцев А.М., доктор ф.-м.н., 01.04.23 - заместитель председателя;
3. Рябов Юрий Григорьевич, канд. ф.-м.н, 01.04.23 - ученый секретарь диссовета;
4. Арбузов Б.А., доктор ф.-м.н., 01.04.02;
5. Герштейн С.С., доктор ф.-м.н., 01.04.20;
6. Денисов С.П., доктор ф.-м.н., 01.04.23;
7. Зайцев Ю.М., доктор ф.-м.н., 01.04.23;
8. Иванов С.В., доктор ф.-м.н, 01.04.20;
9. Качанов В.А., доктор ф.-м.н., 01.04.23;
10. Козуб С.С., доктор ф.-м. н., 01.04.20;
11. Мочалов В.В., доктор ф.-м.н., 01.04.23;
12. Образцов В.Ф., доктор ф.-м.н., 01.04.23;
13. Петров В.А., доктор ф.-м.н, 01.04.02;
14. Разумов Александр Витальевич
15. Саврин В.И., доктор ф.-м.н, 01.04.02;
16. Сенько В.А., доктор ф.-м.н, 01.04.20;
17. Ткаченко Л.М., доктор ф.-м.н., 01.04.20;
18. Трошин С.М., доктор ф.-м. н., 01.04.02;
19. Чесноков Ю.А., доктор ф.-м.н., 01.04.20.

Диссертационный совет Д 201.004.01 утверждён приказом по Федеральной службе по надзору в сфере образования и науки №105/нк от 11 апреля 2002 года в составе 22 человек. На заседании присутствуют 19 членов совета, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.23 — физика высоких энергий, кворум имеется. На заседании присутствует также официальные оппоненты: доктор физ.-мат. наук Сергей Павлович Баранов и доктор физ.-мат. наук Лидия Николаевна Смирнова.

**Н.Е.Тюрин:** Диссертационный совет приступает к рассмотрению диссертации на соискание учёной степени кандидата наук по специальности физика высоких энергий «Поиск аномальных взаимодействий топ-кварков на адронных коллайдерах».

**Ю.Г.Рябов** представляет материалы, имеющиеся в деле: Петр Сергеевич Мандрик, 1991 года рождения, работает в Институте физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», диссертация выполнена в Отделе экспериментальной физики. Диссертация принята к защите диссертационным советом Д 201.004.01 30 января 2020 года. Научный совет утвердил официальными оппонентами доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Физического института им. П.Н. Лебедева РАН Сергея Павловича Баранова и доктора физико-математических наук, профессора МГУ имени М.В. Ломоносова Лидию Николаевну Смирнову. Ведущая организация - Объединённый институт ядерных исследований, г. Дубна. Соискатель имеет 10 работ по теме диссертации, в том числе 4 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях. В деле имеются все документы, соответствующие требованиям ВАК для защиты диссертации.

**Н.Е.Тюрин:** Спасибо. Если нет вопросов, то мы предоставляем слово Петру Сергеевичу Мандрику для представления диссертационной работы.

**П.С.Мандрик:** Здравствуйте. Темой моей диссертации является «Поиск аномальных взаимодействий топ-кварков на адронных коллайдерах». План доклада представлен на данном слайде.

Нейтральные токи, меняющие аромат кварков, (FCNC) отсутствуют в Стандартной модели на древесном уровне. Примеры диаграмм подобного рода взаимодействий в распадах топ-кварка с излучением фотона, глюона, нейтрального Z-бозона или бозона Хиггса представлены на данном слайде. С другой стороны, нейтральные токи, меняющие аромат кварков, могут возникать в Стандартной модели за счёт вклада диаграмм следующего порядка, в частности, пример нейтральных токов, меняющих аромат кварков, идущих за счёт «петлевых» диаграмм с распадом топ-кварка представлен на данном слайде. Подобного рода взаимодействия подавлены в Стандартной модели за счёт GIM-механизма, вероятность распада топ-кварка через FCNC, предсказываемая в рамках Стандартной модели, находится за пределами экспериментальной чувствительности существующих экспериментов и наблюдения подобного рода сигнала станет явным указанием на существование физики за пределами Стандартной модели.

Непосредственно для топ-кварка исследование нейтральных токов, меняющих аромат кварка, обусловлено тем, что топ-кварк является наиболее массивным из известных элементарных частиц, и, как следствие, именно в его взаимодействиях, возможно, будет давать наибольший вклад новая физика. Топ-кварк имеет крайне небольшое время жизни в сравнении с характерным временем адронизации и распадается до образования связанного состояния. Таким образом, теоретические предсказания распадов топ-кварка лишены неопределённостей, связанных с учётом вклада эффектов адронизации. Так же на сегодняшний день Большой адронный коллайдер (БАК) является единственной действующей «фабрикой» по созданию топ-кварков, представляя уникальную возможность к их исследованию.

Исследование распадов топ-кварков было “горячей” темой в течении работы БАК Run I и Run II. Результаты данных исследований в виде верхних ограничений на вероятности FCNC распадов топ-кварков представлены на этом слайде. Чёрной линией показаны предсказания на вероятности FCNC распадов топ-кварков, вычисленные в рамках Стандартной модели. Также показаны предсказания альтернативных моделей.

Compact Muon Solenoid (CMS) - это один из двух крупнейших универсальных детекторов элементарных частиц, работающий на Большом Адронном Коллайдере в ЦЕРН при протон-протонных, протон-ионных и ион-ионных столкновениях. Детектор CMS был спроектирован для работы при энергии протон-протонных столкновений 14 ТэВ. High-Luminosity Large Hadron Collider (HL-LHC) - утверждённый в рамках программы исследований ЦЕРН в области ФВЭ проект модернизации ускорителя LHC, целью которого является достижение пиковой светимости пятикратно превышающей светимость БАК. Проект модернизации эксперимента CMS, известный как «Phase-II Upgrade», предназначен для подготовки детектора к работе в условиях рекордных показателей светимости HL-LHC, превышающей рабочую светимость детектора CMS, заложенную при проектировании. Цели проекта включают в себя сохранение качества работы детектора в новых условиях по показателям эффективности реконструкции, разрешения и подавления фона. Изучение эффективности работы модернизированного детектора CMS на основе Монте-Карло моделирования является важным этапом проектирования.

FCC-hh (Future Circular Collider) - проектируемый адронный коллайдер, являющийся одним из кандидатов на роль следующего главного Европейского ускорителя после завершения работы LHC и HL-LHC. К основными целевым параметрам FCC-hh, приведённым в таблице [\ref{table\\_colliders}](#), относятся достижение энергии пучка 50 ТэВ, пиковая светимость на уровне в тридцать раз превышающая светимость БАК. Важной задачей, влияющей на принятие решения о строительстве ускорителя, является разработка физической программы исследований и изучение потенциала экспериментов на FCC-hh, оценка их стоимости. В рамках решения данной задачи коллаборацией FCC была разработана модель реалистичной детектирующей установки общего назначения (далее “тестовый” детектор), основанная на опыте создания и управления детекторами CMS и ATLAS и повторяющая структуру последних.

На данном слайде приведены результаты исследования чувствительности к FCNC взаимодействию топ-кварка в вершине топ- $q$ -фотон (где  $q$  – это  $u$ -кварк или  $s$ -кварк) модернизированного детектора CMS, которая может быть достигнута на ускорителе HL-LHC.

Ограничения на вероятности распада находятся путём анализа реакций с одиночным рождением топ-кварка в паре с фотоном через FCNC взаимодействие. Конечное состояние сигнального процесса характеризуется наличием изолированного высокоэнергетичного фотона и продуктов CM распада топ-кварка. На данном слайде показаны верхние ограничения на уровне достоверности 95% на вероятности распадов топ-кварков и их зависимость от интегральной светимости, приведено сравнение с текущими экспериментальными ограничениями и предыдущими оценками.

В данной главе приведены результаты исследования чувствительности к FCNC взаимодействию топ-кварка в вершине топ- $q$ -глюон (где  $q$  – это  $u$ -кварк или  $s$ -кварк) модернизированного детектора CMS, которая может быть достигнута на ускорителе HL-LHC. Конечное состояние характеризуется наличием продуктов распада топ-кварка и дополнительной струи. На данном слайде показаны верхние ограничения на уровне достоверности 95% на вероятности распадов топ-кварков и их зависимость от интегральной светимости, приведено сравнение с текущими экспериментальными ограничениями и предыдущими оценками. Также показаны ограничения, полученные в предположении наличия двух сигнальных процессов одновременно.

Далее приведены результаты исследования чувствительности к FCNC взаимодействию топ-кварка в вершинах топ- $q$ -Хиггс и топ- $q$ -фотон (где  $q$  – это  $u$ -кварк или  $s$ -кварк), которая может быть достигнута на ускорителе FCC-hh. Наилучшие на сегодняшний день ограничения на вероятности распада FCNC топ-кварка с излучением фотона были получены из анализа процесса с одиночным рождением топ-кварка в паре с фотоном. Однако, особенностью ускорителя FCC-hh является рекордное значение энергии со ударами 100 ТэВ, приводящее к росту эффективного сечения событий процессов с большими значениями поперечных импульсов ( $> 100$  ГэВ). С другой стороны, рекордные значения светимости, которые могут быть достигнуты на FCC-hh, сопряжены с ростом числа сопутствующих протон-протонных взаимодействий за единичное пересечение пучковых сгустков.

В рамках данного исследования не представляется возможным произвести учёт влияния продуктов реакций из сопутствующих вершин вследствие имеющихся ограничений в компьютерных ресурсах, необходимых для моделирования и хранения значительно более объёмных в этом случае данных. Вместо этого приведённый в данной работе анализ основывается на использовании топологии высокоэнергетических событий в процессе с парным рождением топ-кварка, в которых один из топ-кварков распадается по доминирующему SM распаду, а другой через FCNC взаимодействие. Конечное состояние характеризуется наличием двух больших “толстых” (fat) высокоэнергетических струй (см. далее алгоритм и параметр расстояния  $R$ ), одна из которых содержит  $b$ -помеченную струю меньшего размера, а другая – высокоэнергетичный фотон. Аналогично для исследования процессов с взаимодействием в вершине топ- $q$ -Хиггс использовалась топология высокоэнергетических событий в сигнальном процессе с парным рождением топ-кварка, в которых один из  $t$ -кварков распадается по доминирующему SM распаду, а другой через FCNC взаимодействие, а бозон Хиггса распадается по доминирующему каналу на пару  $b$ -кварков. Переменные, использованные для многомерного анализа, приведены на данном слайде. Систематическая ошибка оценена консервативно в 30%. Приведены найденные верхние ограничения на вероятности FCNC распадов топ-кварка и их зависимость от набранной интегральной светимости.

Распространённым способом учёта систематической ошибки, связанной с конечностью статистики используемых в анализе МК наборов сигнальных и фоновых процессов при построении функции правдоподобия является метод Барлоу и Бистон. Однако данный метод, использующий в своей оригинальной формулировке распределения Пуассона для установления связи между неизвестным “истинным” числом событий из моделирования в пределе бесконечной статистики и полученным из МК набора конечного размера, не учитывает возможность наличия событий с отрицательными весами, встречающихся в ряде современных генераторов. В диссертации было показано, что вероятность получить определённое распределение (гистограмму) при фиксированном числе МК событий, в которую будут заноситься только отрицательные веса, может быть задана аналогично вероятности получить определённое распределение (гистограмму) для набора событий с только положительными весами, т.е. посредством мультиномиального распределения, которое обычно аппроксимируют произведением независимых распределений. На данном слайде показано выведенное выражение для модификации метода Барлоу и Бистон на случай наличия событий с отрицательными весами и его упрощённая версия.

Далее приведены положения, выносимые на защиту:

- впервые получены ожидаемые верхние ограничения на уровне достоверности 95% для величин  $B(t \rightarrow u\gamma) < 0.9 \times 10^{-5}$  и  $B(t \rightarrow c\gamma) < 7.4 \times 10^{-5}$  для реалистичных условий

детектора CMS Phase II Upgrade при интегральной светимости  $3000 \text{ fb}^{-1}$  и энергии  $\sqrt{s}=14$  ТэВ ускорителя HL-LHC;

- впервые получены ожидаемые верхние ограничения на уровне достоверности 95% для величин

$B(t \rightarrow ug) < 3.8 \times 10^{-6}$  и  $B(t \rightarrow cg) < 32.1 \times 10^{-6}$  для реалистичных условий детектора CMS Phase II Upgrade при интегральной светимости  $3000 \text{ fb}^{-1}$  и энергии  $\sqrt{s} = 14$  ТэВ ускорителя HL-LHC;

- впервые получены ожидаемые верхние ограничения на уровне достоверности 95% для величин  $B(t \rightarrow u\gamma) < 1.8 \times 10^{-7}$  и  $B(t \rightarrow c\gamma) < 2.4 \times 10^{-7}$  для реалистичных экспериментальных условий интегральной светимости  $30000 \text{ fb}^{-1}$  и энергии протон-протонных соударений  $\sqrt{s} = 100$  ТэВ ускорителя FCC-hh;

- впервые получены ожидаемые верхние ограничения на уровне достоверности 95% для величин:

$B(t \rightarrow uH) < 4.8 \times 10^{-5}$  и  $B(t \rightarrow cH) < 4.3 \times 10^{-5}$  для реалистичных экспериментальных условий интегральной светимости  $30000 \text{ fb}^{-1}$  и энергии протон-протонных соударений  $\sqrt{s} = 100$  ТэВ ускорителя FCC-hh;

- разработан алгоритм построения функции правдоподобия с учётом систематической ошибки, связанной с конечностью статистики Монте-Карло для случая наличия событий с отрицательными генераторными весами.

Диссертация основана на десяти печатных работах, в том числе 4 работах, опубликованных в рецензируемых научных изданиях:

1. P. Azzi, ..., P. Mandrik *et al.*, «Report from Working Group 1: Standard Model Physics at the HL-LHC and HE-LHC», CERN Yellow Rep. Monogr. 7, 1 (2019), doi:10.23731/CYRM-2019-007.1, arXiv:1902.04070 [hep-ph];
2. A. Cerri, ..., P. Mandrik *et al.*, «Report from Working Group 4: Opportunities in Flavour Physics at the HL-LHC and HE-LHC», CERN Yellow Rep. Monogr. 7, 867 (2019), doi:10.23731/CYRM-2019-007.867, arXiv:1812.07638 [hep-ph];
3. A. Abada, ..., P. Mandrik *et al.* [FCC Collaboration], «FCC Physics Opportunities: Future Circular Collider Conceptual Design Report Volume 1», Eur. Phys. J. C 79, no. 6, 474 (2019), doi:10.1140/epjc/s10052-019-6904-3;
4. P. Mandrik [FCC study Group], «Prospect for top quark FCNC searches at the FCC-hh», J. Phys. Conf. Ser. 1390, no. 1, 012044 (2019), doi:10.1088/1742-6596/1390/1/012044,[arXiv:1812.00902 [hep-ex]];
5. P. Mandrik [CMS Collaboration], «Top FCNC searches at HL-LHC with the CMS experiment», EPJ Web Conf. 191, 02009 (2018), doi:10.1051/epjconf/201819102009, [arXiv:1808.09915 [hep-ex]];
6. P. S. Mandrik, «Methods of statistical analysis in collider experiments by incorporating different types of systematic and statistical uncertainties», Phys. Part. Nucl. 49, no. 1, 73 (2018), Fiz. Elem. Chast. Atom. Yadra 49, no. 1 (2018), doi:10.1134/S1063779618010288;

7. P. Mandrik, «The evaluation of the systematic uncertainties for the finite MC samples in the presence of negative weights», EPJ Web Conf. **158**, 06005 (2017), doi:10.1051/epjconf/201715806005, arXiv:1708.07708 [physics.data-an];
8. P. Azzi, ..., P. Mandrik *et al.* [CMS Collaboration], «The Phase-2 Upgrade of the CMS Endcap Calorimeter», CERN-LHCC-2017-023, CMS-TDR-019;
9. P. Azzi, ..., P. Mandrik, ..., et al., [ATLAS and CMS Collaborations], «Addendum to the report on the physics at the HL-LHC, and perspectives for the HE-LHC: Collection of notes from ATLAS and CMS», CERN Yellow Rep. Monogr. 7, Addendum (2019)
10. E. Boos, L. Dudko, P. Mandrik, S. Slabospitskii, «Top Quark: Results and Prospects», Phys. Part. Nucl. **50**, no. 3, 231 (2019), Fiz. Elem. Chast. Atom. Yadra **50**, no. 3 (2019), doi:10.1134/S106377961903002X;

Результаты диссертации докладывались мной устно на международных конференциях: "Международная сессия-конференция Секции ядерной физики Отделения физических наук РАН" (Дубна – 2016 г.); "International work shop on Quantum Field Theory and High Energy Physics" – QFTHEP (Ярославль - 2017 г.); "International seminar on High Energy Physics" – QUARKS" (Валдай - 2018 г.); "IV International conference on Particle Physics and Astrophysics" ICPPA (Москва - 2018 г.); представлялись в качестве постера на конференции "The 2017 European School of High Energy Physics" (Evora, Portugal 2017); а также включались в доклады, представленные другими членами коллаборации CMS: by C.Helsens, at "XXXIX International conference on High Energy Physics" ICHEP (Seoul, Korea - 2018); by G.Vorotnikov and M.Perfilov, at "5th CMS Single Top workshop" (Oviedo - 2018).

В заключении мне хочется выразить искреннюю благодарность Сергею Ростиславовичу Слабоспицкому за плодотворное научное руководство, многочисленные обсуждения полученных результатов. Выражаю глубокую благодарность Василию Александровичу Качанову и коллегам по сектору за создание в секторе прецизионной электромагнитной калориметрии, благоприятной для проведения научных исследований атмосферы, Битюкову Сергею Ивановичу за многочисленные и плодотворные обсуждения вопросов статистического анализа, а также выражаю благодарность руководству ИФВЭ, в частности, Александру Михайловичу Зайцеву, за интерес, проявленный к моей работе. Отдельно хочу поблагодарить коллег по коллаборации CMS, в частности, благодарю J.Bendavid, P.H.Chen, E.Yazgan и Q.Li. Выражаю благодарность своим соавторам, с которыми были получены результаты, представленные в диссертации, за проделанную совместно работу и возможность многому у них научиться. В частности, выражаю благодарность Л.В.Дудко, Г.А.Воротникову, П.В.Волкову, М.А.Перфилову, М.Seidel, А.Савину, К.Сковпень, М.Verzetti, J.Kieseler, С.Helsens и Н.Gray.

**Н.Е.Тюрин:** Спасибо. Вопросы пожалуйста.

**А.Г.Мягков:** Вами было рассказано о сигнальных процессах, но, вероятно, ввиду отсутствия времени, не было рассказано о фоновых процессах. Для анализа вершины топ- $q$ -фотон наибольший вклад даёт фон от одиночного рождения топ-кварка с фотоном?

**П.С.Мандрик:** Да.

**А.Г.Мягков:** А какое отношение между ними?

**П.С.Мандрик:** Сравнение распределений сигнальных и фоновых событий после отборов приведено в тексте диссертации, соответственно, требуемое отношение можно получить из данных распределений.

**Н.Е.Тюрин:** Ещё вопросы? Тогда слово предоставляется научному руководителю.

**С.Р.Слабоспицкий:** Физика топ-кварка действительно интересная, для поиска новой физики необходимы точные теоретические предсказания, и топ-кварк действительно позволяет проводить точные теоретические расчёты, мы избегаем эффектов адронизации в расчётах с топ-кварком. С другой стороны топ-кварков сейчас производится на БАК действительно много, таким образом топ-кварк является уникальным объектом для поиска физики за рамками Стандартной модели. С этой точки зрения диссертация является актуальной. Работа выполнена на высоком уровне, внесён существенный индивидуальный вклад в коллективную работу международных коллабораций CMS и FCC-hh. В целом диссертация представляет из себя законченное научное исследование, материал изложен достаточно подробно, результаты хорошо обоснованы. Приведены критерии отбора, формулы, оценки точностей полученных параметров. Результаты, приведённые в диссертации, являются достоверными и обоснованными. Новизна и значимость не вызывают сомнений. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, которые предъявляет ВАК и её автор несомненно заслуживает присуждения степени учёной кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 — физика высоких энергий. (Полный текст отзыва имеется в диссертационном деле).

**Ю.Г.Рябов:** Заключение организации, где была выполнена диссертационная работа (НИЦ «Курчатовский институт» — ИФВЭ), принято на заседании семинара Отделения экспериментальной физики. На заседании 2-го октября 2019 года присутствовал 21 человек, среди которых 5 докторов и 6 кандидатов физико-математических наук. В заключении организации указано, что диссертация Мандрика Петра Сергеевича «Поиск аномальных взаимодействий топ-кварков на адронных коллайдерах» рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий. (Полный текст Заключения имеется в диссертационном деле)

Ведущая организация Объединённый институт ядерных исследований, г. Дубна, в своём положительном отзыве, подписанном Д. В. Пешехоновым, кандидатом физико-математических наук, учёным секретарём Лаборатории физики высоких энергий Объединённого института ядерных исследований, В. А. Никитиным, доктором физико-математических наук, профессором, руководителем общелабораторного семинара ЛФВЭ ОИЯИ, В. Д. Кекелидзе, доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН, директором ЛФВЭ ОИЯИ, привела следующие замечания: неудачное название диссертации, в котором топ-кварк назван во множественном числе, приводятся указания на опечатки и наличие профессионального жаргона и неточных переводов иностранных терминов, используются формулы без вывода. Приведено ошибочное значение времени жизни топ-кварка. Приведённые недостатки не влияют на положительный отзыв, согласно которому по своей актуальности, новизне полученных результатов и важности выводов, диссертация Мандрика П.С. «Поиск аномальных взаимодействий топ-кварков на адронных коллайдерах» соответствует всем критериям на соискание учёной степени кандидата наук. (Полный текст отзыва имеется в диссертационном деле).

**П.С.Мандрик:** Согласен с приведёнными замечаниями.

**Н.Е.Тюрин:** Переходим к выступлениям официальных оппонентов. Доктор физ.-мат. наук Сергей Павлович Баранов.

**С.П.Баранов:** Здравствуйте, уважаемые коллеги. Диссертация хорошая, содержит много новых результатов. Лично мне показалась наиболее интересной та часть, которая содержит описание метода для учёта отрицательных весов при статистическом анализе. Потому что в природе отрицательные веса не бывают, а в генераторах бывают. Наличие ограниченной статистики приводит к необходимости её корректного учёта. И оригинальная часть диссертации посвящена методам решения данной задачи. Замечания сводятся к опечаткам, иногда появляющимся в

тексте, на рисунках, несогласовании в роде, числе и падеже. В целом диссертация удовлетворяет всем требованиям на соискание учёной степени кандидата наук. (Полный отзыв имеется в диссертационном деле)

**Н.Е.Тюрин:** Спасибо, Сергей Павлович. Переходим к выступлению доктора физ.-мат. наук Лидии Николаевны Смирновой.

**Л.Н.Смирнова:** Диссертация актуальна вследствие важности исследований топ-кварка. Путь от планирования эксперимента, до его постановки, является в настоящее время действительно долгим и трудоёмким и важно иметь оценки того, какие результаты можно будет получить и какими методами. А методы постоянно развиваются, совершенствуются, на каждом этапе требуется учитывать и изменения установок и регистрации процессов. Достоинство этой работы в наличие различных выполненных анализов, в каждом из которых был проведён адекватный учёт условий. Достижением работы является получение количественной оценки на вероятности аномальных распадов. Анализы являются оригинальными и взаимно дополняющими с существующими оценками коллаборации ATLAS. К недостаткам относятся существующие опечатки, которые можно простить с учётом большого объёма работы. Автор продемонстрировал владение современными методами физического анализа и умение самостоятельно решать физические задачи. В заключении, диссертация удовлетворяет всем требованиям на соискание учёной степени кандидата наук, её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 — физика высоких энергий. (Полный отзыв имеется в диссертационном деле)

**П.С.Мандрик:** Согласен с приведёнными замечаниями и учту их в будущем.

**Н.Е.Тюрин:** Переходим к дискуссии.

**В.А.Качанов:** Работа Мандрика П.С. действительно ценится, как в коллаборации CMS, так и в группе, которая занимается анализом будущих работ на FCC-hh. Хочу также отметить его преподавательскую деятельность. Безусловно, Мандрик П.С. стал настоящим учёным, более того, весьма самостоятельным, и заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

**Н.Е.Тюрин:** Спасибо, Василий Александрович. Думаю, вопрос ясен. Заключительное слово диссертант уже сказал, выразив благодарности. В таком случае, давайте изберём счётную комиссию, Владимир Фёдорович Образцов, Леонид Михайлович Ткаченко и Сергей Михайлович Трошин.

**Перерыв на голосование. Проводится голосование.**

**Н.Е.Тюрин:** Давайте заслушаем результаты голосования.

**Председатель счётной комиссии В.Ф.Образцов:** Результаты счётной комиссии: роздано бюллетеней - 19, осталось не роздано - 3, после вскрытия в урне оказалось - 19, "за" присуждение учёной степени кандидата физико-математических наук - 19, "против" - нет, недействительных бюллетеней - нет.

**Диссертационный совет утверждает результаты голосования.**

**Н.Е.Тюрин:** Теперь мы должны обсудить и утвердить проект Заключения о научном значении диссертации П.С. Мандрика. Члены совета ознакомились с проектом заключения? Есть ли какие-либо замечания или предложения? Если замечаний нет, то давайте проведём открытое голосование по проекту Заключения о научном значении диссертации.



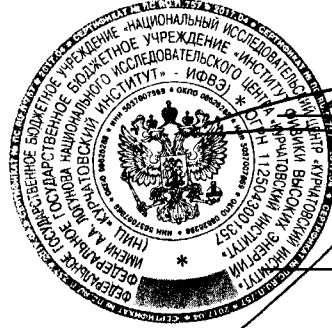
Прошу проголосовать. Единогласно. Спасибо. Пётр Сергеевич, поздравляю вас с успешной защитой и желаю вам дальнейших ярких и интересных результатов!

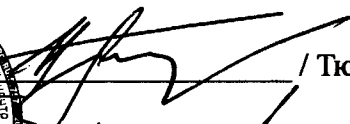
**Диссертационный совет закончил обсуждения данной диссертации.**

Председатель  
диссертационного совета

Учёный секретарь  
диссертационного совета

25 июня 2020 г.



 / Тюрин Н.Е. /

 / Рябов Ю.Г. /