

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 201.004.01,
созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения
«Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»,
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14.10.2021 г. № 2021-8

О присуждении **Рыжову Андрею Валерьевичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация Рыжова А.В. «Исследование парного рождения векторных бозонов с последующим распадом на заряженные лептоны и адроны в эксперименте ATLAS» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – «физика высоких энергий» принята к защите 06.08.2021 (протокол заседания № 2021-7) диссертационным советом Д 201.004.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», 142281, пл. Науки, д.1, г. Протвино Московской области приказом Минобрнауки РФ № 105/нк от 11.04.2012 г. с частичными изменениями в соответствии с приказом по Федеральной службе по надзору в сфере образования и науки № 898/нк от 23 июля 2021 года.

Соискатель, Рыжов Андрей Валерьевич, 1991 года рождения, в 2014 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», в 2020 году – аспирантуру НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ, работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логуова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Диссертация выполнена в Отделении экспериментальной физики НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ.

Научный руководитель – Мягков Алексей Григорьевич, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Отделения экспериментальной физики НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ.

Официальные оппоненты:

- Гаврилов Владимир Борисович, доктор физико-математических наук, начальник лаборатории экспериментальной ядерной физики высоких энергий НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ;
- Дудко Лев Владимирович, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией электрослабых и новых взаимодействий НИИЯФ МГУ;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) г. Дубна, в своём положительном отзыве, подписанном Глаголевым Владимиром Викторовичем, доктором физико-математических наук, заместителем директора Лаборатории ядерных проблем (ЛЯП) ОИЯИ по научной работе, и Бедняковым Вадимом Александровичем, доктором физико-математических наук, директором ЛЯП ОИЯИ, утвержденном директором ОИЯИ, доктором физико-математических наук, академиком РАН Трубниковым Григорием Владимировичем, указала, что Рыжовым А.В. проведено оригинальное исследование в актуальной области современной физики высоких энергий, а полученные результаты являются новыми, достоверными и обладают существенной теоретической и практической значимостью. Диссертация соискателя соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013, (п. 9-14).

Соискатель имеет девять опубликованных работ по теме диссертации, в том числе шесть работ опубликованы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах Web of Science и/или Scopus:

1. *Aaboud M., ..., Ryzhov A. [et al.]*, “Searches for heavy diboson resonances in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector” // JHEP. – 2016. – Vol. 09. – P. 173;
2. *Aaboud M., ..., Ryzhov A. [et al.]*, “Searches for heavy ZZ and ZW resonances in the $llqq$ and $vvqq$ final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector” // JHEP. – 2018. – Vol. 03. — P. 009;
3. *Aad G., ..., Ryzhov A., [et al.]*, “Search for heavy diboson resonances in semileptonic final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector” // Eur. Phys. J. C. – 2020. – Vol. 80, no. 12. – P. 1165;
4. *Ryzhov A.*, “ATLAS searches for resonances decaying to boson pairs” // EPJ Web Conf. – 2017. – Vol. 158. – P. 02003;
5. *Ryzhov A.*, “The Level-1 Tile-Muon Trigger in the Tile Calorimeter upgrade program” // JINST. – 2016. – Vol. 11, no. 12. – P. C12049;
6. *Aad G., ..., Ryzhov A., [et al.]*, “Search for electroweak diboson production in association with a high-mass dijet system in semileptonic final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector” / Phys. Rev. D. – 2019. – Vol. 100, no. 3. – P. 032007.

Все работы, вошедшие в диссертацию, выполнены при определяющем вкладе соискателя, что подтверждается официальным письмом от коллаборации ATLAS.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы.

а) Оппонента Гаврилова В.Б., сделавшего следующие замечания:

- при идентификации электронов остается непонятным, как учитывается информация о величине сигналов детектора переходного излучения;
- в механизме удаления совпадений в случае разделения мюонов и струй остается непонятным, как мюон с большим поперечным импульсом

может давать сигнал в калориметре с близкой энергией (на стр.63 сказано: «Аналогично для мюонов – тонкая струя удаляется, если $\Delta R(j, \mu) < 0.2$ и либо струя имеет меньше трех связанных с ней треков, либо разница в энергии и импульсе между мюоном и струей невелика»).

б) Оппонента Дудко Л.В., который сделал следующие замечания:

- на странице 9 приведены теоретические предсказания сечений без указания как были получены эти числа, пояснения можно найти в последующих главах;
- в секции 1.5, страница 19, было бы уместно привести эффективный лагранжиан исследуемой модели, учитывая своеобразную параметризацию констант связи;
- на странице 68 и далее при описании статистического анализа выбрано странное наименование для части случайных (nuisance) параметров – «неинформативные параметры»;
- в секциях 5.3 и 5.4 было бы уместно написать об используемой программной реализации методов статистического анализа и деревьев решений;
- возможно, логичнее было бы поменять местами главы 6 и 7, и первым представлять результаты по измерению сечения в рамках Стандартной модели (СМ), а в следующей главе описывать поиск отклонений от предсказаний СМ;
- существенная часть исследований посвящена созданию нового триггерного пути, но нет описания коррекции эффективности триггера в моделировании; только на странице 88 упоминается, что такие поправочные коэффициенты малы;
- в таблице 14, стр.112, можно было прояснить, что чем меньше уровень значимости переменной, тем она более значима;

- исходя из утверждения на стр. 111, что наиболее значимой переменной для RR области является ширина струи, было бы закономерно привести эту переменную на рисунке 7.3, стр.114, а не в приложении в конце диссертации;
- в таблице 16 секции 7.5, стр.119, наибольшая неопределенность связана с конечностью статистики смоделированных событий, но нет пояснения как вычислялась эта ошибка. Обычно, этот вклад оценивается методом Барлоу-Бистона.

в) Ведущей организации (ОИЯИ), указавшей следующие замечания:

- в тексте используется профессиональный жаргон и присутствуют неточности перевода англоязычных терминов: «толстые струи», «тонкие струи», «фидуциарное сечение», «фидуциарный фазовый объём»;
- в параграфе 3.4 при описании программного обеспечения нового триггера, разработанного автором, полезно было бы привести наглядную блок-схему;
- в параграфе 4.6 упомянут алгоритм мечения вершины струи (JVT), но не пояснено, на чём основана логика его работы, хотя он применяется для отбора струй в ходе анализа данных.

Во всех поступивших отзывах дана общая положительная оценка на диссертацию и автореферат, а также указано, что соискатель заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высочайшим уровнем экспертизы в вопросах, на которых сосредоточена диссертация, что подтверждается соответствующими публикациями.

Диссертационный совет Д 201.004.01 отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- установлены новые ограничения по массе на существование гравитона Калуцы-Клейна (G_{KK}) в расширенной модели Рэндалл-Сандрума (существование гравитона G_{KK} с массами ниже 2 ТэВ исключено) и W' -бозона в модели тяжёлого векторного триплета (существование W' -бозона с массами ниже 4 ТэВ исключено): оценки пределов на массы дибозонных резонансов получены на уровне достоверности 95% и являются наилучшими из существующих на данный момент;
- впервые измерено сечение ассоциированного электрослабого рождения пары векторных бозонов VV ($ZZ/WW/WZ$) с массивной двухструйной системой jj по всем полулептонным конечным состояниям ($\sigma = 45.1 \pm 8.6(\text{стат.}) \pm_{-14.6}^{+15.9}(\text{сист.}) \text{ фб}$), и, в частности, проведено измерение в канале $ZV \rightarrow llqq$ ($\sigma = 14.2 \pm 3.6(\text{стат.}) \pm_{-4.2}^{+4.6}(\text{сист.}) \text{ фб}$), в котором Z -бозон распадается на лёгкие заряженные лептоны, а второй Z - или W -бозон распадается по адронной моде; полученные значения сечений находятся в согласии с предсказаниями Стандартной модели;
- введён в эксплуатацию новый мюонный триггер адронного калориметра, который позволил значительно подавить фоновые срабатывания мюонного триггера в передних кинематических областях детектора ATLAS и, как следствие, уменьшить частоту срабатывания мюонного триггера без потери эффективности к регистрации мюонов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что результаты поисков дибозонных резонансов и событий электрослабого рождения $VVjj$ фактически являются проверкой различных новых фундаментальных теорий за рамками Стандартной модели (двухдублетной хиггсовской модели, расширенной модели Рэндалл-Сандрума, модели тяжёлого векторного триплета и т.д.).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- методика отбора событий и их классификация, разработанная в ходе поиска дибозонных резонансов и электрослабого рождения $VVjj$, легла в основу дальнейших аналогичных работ коллаборации ATLAS;
- новый мюонный триггер адронного калориметра успешно функционирует в эксперименте ATLAS; усовершенствованный триггерный отбор мюонных событий положительным образом влияет на точность результатов всех анализов данных, в которых необходима реконструкция мюонов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- результаты диссертации прошли всестороннее обсуждение, строгий контроль качества и утверждены коллаборацией ATLAS;
- результаты исследований прошли неоднократную апробацию в виде публикаций в специализированных реферируемых журналах и докладов на международных конференциях по физике высоких энергий.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

- при определяющем участии соискателя разработано основное программное обеспечение анализа данных и непосредственно им выполнены все ключевые этапы работы: отобраны дибозонные события, получены оценки вкладов фоновых процессов, выбраны дискриминирующие переменные, определены сигнальные и контрольные области, выполнена оптимизация критериев отбора событий, проведена оценка влияния систематических неопределённостей, выполнена проверка статистической совместимости экспериментальных данных с предсказаниями Стандартной модели и т.д.;
- непосредственно автором разработано программное обеспечение по контролю и управлению электронной платы мюонного триггера адронного калориметра; во время сеанса 2015-2018 гг. соискателем проводился мониторинг эффективности работы триггера, осуществлялась поддержка

программного обеспечения и сопутствующей инфраструктуры триггерного процессора;

- все проведенные исследования, представленные публикации и результаты, вынесенные на защиту, получены при определяющем участии автора;
- значимость личного вклада автора подтверждает официальное письмо от коллаборации ATLAS, в котором дается согласие на использование опубликованных результатов соискателем.

На заседании 14.10.2021 г. диссертационный совет Д 201.004.01 принял решение присудить Рыжову А.В. учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

При проведении тайного голосования диссертационный совет Д 201.004.01 в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав диссертационного совета, проголосовали: за – 20, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета Д 201.004.01  Тюрин Н.Е.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 201.004.01  Прокопенко Н.Н.

14 октября 2021 г.