

УТВЕРЖДАЮ

Директор

НИЦ «Курчатовский институт» ИФВЭ,

д.ф.м.н., академик

С.В. Иванов

19 _____ 2021



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения
«Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Диссертация на тему «Исследование парного рождения векторных бозонов с последующим распадом на заряженные лептоны и адроны в эксперименте ATLAS» выполнена Рыжовым Андреем Валерьевичем, младшим научным сотрудником Отделения экспериментальной физики НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ.

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

В 2014 году Рыжов А.В. окончил физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, а в 2020 году окончил аспирантуру НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ. За время обучения в аспирантуре Рыжов А.В. сдал кандидатские экзамены: «Английский язык» (отл.), «История и философия науки» (удовл.), «Физика высоких энергий - 01.04.23» (отл.).

По итогам обсуждения на заседании семинара Отделения экспериментальной физики НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ принято следующее заключение:

Диссертационная работа Рыжова А.В. выполнена на высоком научном уровне при непосредственном участии соискателя. В диссертации обобщены результаты поисков тяжёлых дибозонных резонансов и поиска ассоциированного электрослабого рождения пары векторных бозонов VV ($ZZ/WW/WZ$) с массивной двухструйной системой jj . Исследования проведены в эксперименте ATLAS на данных, полученных в протон-протонных столкновениях с энергией в системе центра масс $\sqrt{s} = 13$ ТэВ. Рыжов А.В. является ведущим специалистом по полулептонному каналу распада дибозонов $ZV \rightarrow llqq$, в котором Z распадается на лёгкие заряженные лептоны, а второй Z - или W -бозон распадается по адронной моде. В процессе проведения анализа автором были отобраны дибозонные события, получены оценки вкладов фоновых процессов, выбраны дискриминирующие переменные, определены сигнальные и контрольные области, проведена оценка влияния систематических неопределённостей, выполнена проверка статистической совместимости экспериментальных данных с предсказаниями Стандартной Модели.

При активном участии Рыжова А.В. в 2015 году введён в эксплуатацию новый мюонный триггер адронного калориметра (L1 Tile-Muon), который позволил значительно подавить фон в передних кинематических областях детектора ATLAS. Автором разработано программное обеспечение по контролю и управлению электронной платы L1 Tile-Muon триггера. Во время сеанса 2015-2018 гг. Рыжовым А.В. проводился мониторинг эффективности работы триггера, осуществлялась поддержка программного обеспечения и сопутствующей инфраструктуры триггерного процессора.

В диссертации представлены:

1. Результаты триггерного подавления ложных мюонных событий в передних кинематических областях детектора ATLAS за счёт введения в эксплуатацию L1 Tile-Muon триггера.
2. Результаты оптимизации критериев отбора событий, а также классификации событий по сигнальным и контрольным областям для поиска тяжёлых дибозонных резонансов и поиска событий электрослабого рождения $VVjj$.
3. Результаты работы классификатора событий, основанного на одном из методов машинного обучения – ансамбле деревьев решений (BDT), который увеличивает эффективность разделения сигналов электрослабого рождения $VVjj$ и фоновых процессов.
4. Результаты оценки систематических погрешностей моделирования методом Монте-Карло фоновых и сигнальных процессов.
5. Результаты статистического анализа по оценке степени согласованности между экспериментальными данными и предсказаниями Стандартной Модели.
6. Верхние пределы на сечения рождения резонансов X , умноженные на вероятности их дибозонного распада, $\sigma \times \text{Br}(X \rightarrow ZV)$, и нижние пределы на массы X , при которых существование резонансов с меньшими массами исключено, на уровне достоверности 95% для модели тяжёлого векторного триплета (существование W' -бозона с массами ниже 4 ТэВ исключено), двухдублетной хиггсовской модели и расширенной модели Рэндалл-Сандрума (существование гравитона G_{KK} с массами ниже 2 ТэВ исключено). Полученные оценки пределов на сечения и массы резонансов являются наилучшими из существующих на данный момент.
7. Результаты первого измерения сечения электрослабого рождения $VVjj$ по всем полулептонным конечным состояниям ($\sigma = 45.1 \pm 8.6(\text{стат.}) \pm_{14.6}^{15.9}(\text{сисм.}) \text{ фб}$), и, в частности, результаты измерения в канале $ZV \rightarrow llqq$ ($\sigma = 14.2 \pm 3.6(\text{стат.}) \pm_{4.2}^{4.6}(\text{сисм.}) \text{ фб}$) находятся в согласии с предсказаниями Стандартной Модели.

Материалы диссертации опубликованы в 9 научных работах, из которых 6 опубликованы в рецензируемых научных журналах, индексируемых в базах Web of Science и 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. — DOI: 10.1007/JHEP09(2016)173. — arXiv: 1606.04833 [hep-ex].
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. — DOI: 10.1007/JHEP03(2018) 009. — arXiv: 1708.09638 [hep-ex].

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. — DOI: 10.1140/epjc/s10052-020-08554-y. — arXiv: 2004.14636 [hep-ex].
4. Ryzhov A., "ATLAS searches for resonances decaying to boson pairs" // EPJ Web Conf. — 2017. — Vol. 158. — P. 02003. — DOI: 10.1051/epjconf/201715802003.
5. Ryzhov A., "The Level-1 Tile-Muon Trigger in the Tile Calorimeter upgrade program" // JINST. — 2016. — Vol. 11, no. 12. — P. C12049. — DOI: 10.1088/1748-0221/11/12/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. — DOI: 10.1103/PhysRevD.100.032007. — arXiv: 1905.07714 [hep-ex].
7. ATLAS Collaboration, "Search for diboson resonances in the $llqq$ final state in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector" — ATLAS-CONF-2015-071. — Geneva, 2015. — URL: <http://cds.cern.ch/record/2114843>.
8. ATLAS Collaboration, "Search for ZZ resonances in the $llqq$ final state in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector" — ATLAS-CONF-2016-016. — Geneva, 2016. — URL: <http://cds.cern.ch/record/2141005>.
9. ATLAS Collaboration, "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" — ATLAS-CONF-2016-082. — Geneva, 2016. — URL: <http://cds.cern.ch/record/2206275>.

Теоретическая и экспериментальная части работы представлены в диссертации в надлежащем объёме. Тематика работы полностью соответствует специальности 01.04.23 – физика высоких энергий. Диссертационная работа рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Заключение принято на заседании семинара Отделения экспериментальной физики НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ. На заседании присутствовало 16 человек, среди которых 6 докторов и 4 кандидата физико-математических наук. Результаты открытого голосования: «за» – 16 человек, «против» – 0 чел., «воздержались» – 0 чел., протокол № 4/21 от 12 апреля 2021 г.

Секретарь семинара ОЭФ,
д. ф.-м. н., внс
НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ

 С.А. Садовский