ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 201.002.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт теоретической и экспериментальной физики имени А. И. Алиханова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело №	

Решение диссертационного совета от 12 октября 2021 г., протокол № 10.

О присуждении Степеннову Антону Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Образование векторных бозонов в сопровождении адронных струй» по специальности 01.04.23 – Физика высоких энергий принята к защите 01 июля 2021 г., протокол № 6., диссертационным советом Д 201.002.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт теоретической экспериментальной физики имени А.И. Алиханова Национального И исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ, 117218, г. Москва, ул. Большая Черемушкинская, д. 25), созданным приказом Минобрнауки РФ от 15.02.2013 № 75/нк.

Соискатель, Степеннов Антон Дмитриевич, 14 ноября 1991 года рождения, в 2015 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)». В 2019 г. окончил аспирантуру ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет). Приказом от 19.03.2021 № 118 прикреплен в качестве экстерна к аспирантуре НИЦ «Курчатовский институт» — ИТЭФ для сдачи кандидатского экзамена по специальности. Соискатель работает инженером лаборатории экспериментальной ядерной физики высоких энергий НИЦ «Курчатовский институт» — ИТЭФ. Диссертация выполнена в вышеуказанной лаборатории.

Научный руководитель: Гаврилов Владимир Борисович, доктор физ.-мат. наук, начальник лаборатории экспериментальной ядерной физики высоких энергий НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ.

Официальные оппоненты:

- 1. Образцов Владимир Федорович, доктор физ.-мат. наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»;
- 3. Друцкой Алексей Георгиевич, доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории тяжёлых кварков и лептонов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ), в своем положительном заключении, подписанном Сивоклоковым Сергеем Юрьевичем, кандидатом физ.мат. наук, ведущим научным сотрудником лаборатории тяжелых частиц и резонансов Отдела экспериментальной физики высоких энергий и Боосом Эдуардом Эрнстовичем, доктором физ.-мат. наук, членом-корреспондентом РАН, директором НИИЯФ МГУ, указала, что диссертация отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, А.Д. Степеннов заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 444 научные работы (в соавторстве, как участник коллаборации CMS), по теме диссертации – 5 статей в рецензируемых научных изданиях, общим объемом 94 п.л. Две работы выполнены лично автором, остальные – в нераздельном соавторстве. Диссертант внес определяющий вклад в получение всех физических результатов и подготовку публикаций. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Sirunyan A.M.,..., Stepennov A.D. et al. Measurement of differential cross sections for Z bosons produced in association with charm jets in pp collisions at ps = 13 TeV // Journal of High Energy Physics. 2021. Vol. 04. P. 109. 2012.04119.

- 2. В.Б. Гаврилов, А.Д. Степеннов. Исследование радиационных повреждений в переднем калориметре CMS // Ядерная физика и инжиниринг. 2018. Vol. 9, no. 6. P. 526.
- 3. Sirunyan A.M.,..., Stepennov A.D. et al. Electroweak production of two jets in association with a Z boson in proton–proton collisions at ps = 13 TeV // The European Physical Journal C. 2018. Vol. 78, no. 7. P. 589.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

В.Ф. Образцов – крупный специалист по экспериментальной физике высоких энергий, широко известный в российском и мировом научном сообществе. Среди его научных результатов следует отметить обнаружение новых адронных состояний, а также исследование редких электромагнитных распадов лёгких мезонов; поиск бозона Хиггса в широком диапазоне масс 0–115 ГэВ/с² на коллайдере LEP. В настоящий момент работает в эксперименте LHCb на Большом адронном коллайдере (ЦЕРН).

А.Г. Друцкой — известный физик-экспериментатор, участвовал в эксперименте Belle (КЕК, Япония). С 2012 года он работает в коллаборации ILD на будущем международном линейном коллайдере ILC (Япония), руководитель группы ФИАН. Последнее время он изучает возможности измерения распадов бозона Хиггса, в частности в конечные состояния Z*Z и W*W для ILC. Параллельно с 2014 г. он работает в эксперименте D0 на коллайдере Tevatron (FNAL, США).

НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ является одним из ведущих в России центров по теоретической и экспериментальной физике элементарных частиц. НИИЯФ МГУ проводит исследования в широком диапазоне научных вопросов и, в частности, близкие к теме диссертации – в области физики бозона Хиггса и физики за пределами Стандартной модели.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– измерено связанное с радиационными повреждениями кварцевых волокон ослабление сигнала в переднем калориметре для данных, набранных в 2016-2018 гг.;

- получена параметризация ослабления сигнала в зависимости от набранной в эксперименте светимости;
- измерены дифференциальные и интегральные сечения событий с Z-бозоном и струей, инициированной очарованным кварком, при энергии столкновения протонов 13 ТэВ, с использованием данных, набранных в 2016 году;
- измерены сечения процессов электрослабого рождения W- или Z-бозонов с двумя струями при энергии столкновения протонов 13 ТэВ, с использованием данных, набранных в 2016 году. Получены ограничения на параметры аномального трехбозонного взаимодействия.

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений. Полученные результаты надежно обоснованы и достоверны. Материалы диссертационной работы регулярно обсуждались на совещаниях международного содружества CMS, докладывались лично автором на различных конференциях.

Научная новизна работы состоит в том, что:

- впервые была измерена величина ослабления сигнала в переднем калориметре CMS, связанного с радиационными повреждениями кварцевых волокон, в зависимости от величины набранной светимости, при энергии столкновения протонов 13 ТэВ;
- впервые измерено сечение рождения Z-бозона совместно со струей, инициированной очарованным кварком, при энергии столкновения протонов 13 ТэВ;
- впервые измерено сечение электрослабых событий с Z-бозоном и двумя струями в CMS при энергии 13 ТэВ, точность этого измерения превосходит точность ранее опубликованных результатов эксперимента ATLAS;
- впервые измерено сечение электрослабого процесса с W-бозоном и двумя струями при энергии 13 ТэВ.

Практическая ценность результатов измерения ослабления сигнала в переднем калориметре заключается в том, что они позволили внести поправки на измерения энергии в переднем калориметре, что важно, в том числе для корректного измерения энергии струй и недостающего поперечного импульса.

Измерение сечений процесса с Z-бозоном и струей, инициированной очарованным кварком, важно для определения вклада фоновых событий при поиске новой физики со схожей сигнатурой, кроме того, расхождения результатов измерения с теоретическими предсказаниями, полученными во втором порядке теории возмущений, указывают на необходимость настройки параметров Монте-Карло генераторов MadGraph и Sherpa и уточнении параметров партонной функции плотности очарованного кварка в протоне. Измерение сечений электрослабых событий с W- или Z-бозоном с адронными струями необходимо для определения возможного отклонения от предсказаний Стандартной модели, в частности исследование позволило установить ограничения на параметры аномального трехбозонного взаимодействия.

Теоретическая значимость работы заключается в предоставлении материала для развития теоретических методов и феноменологических моделей для описания сильных и электрослабых взаимодействий.

Достоверность полученных в работе результатов измерения ослабления стабильностью CMS сигнала переднем калориметре определяется В функционирования всех частей установки CMS, в том числе переднего калориметра в период набора данных и проведением необходимых калибровочных измерений. При получении результатов исследований процессов с W- и Z-бозонами проводилось большое количество проверок с помощью сравнения результатов компьютерного моделирования с экспериментальными данными в контрольных событиях. Также достоверность обусловлена согласием c аналогичными исследованиями в других экспериментах и теоретическими предсказаниями. Все полученные результаты многократно обсуждались внутри коллаборации CMS.

Личный вклад соискателя состоит в том, что автор внес решающий вклад в получении всех представленных результатов. Автор принимал участие в калибровке переднего калориметра CMS в процессе набора данных, провел измерения ослабления сигнала в переднем калориметре и получил их параметризации. Автор также выполнил анализ данных по измерению сечений процесса с Z-бозоном и струей, инициированной очарованным кварком, и принял активное участие в

измерении сечений электрослабых событий с W- или Z-бозонами и струями. С помощью моделирования методом Монте-Карло была учтена неопределенность, связанная с интерференцией сигнальных и фоновых событий.

По теме диссертации опубликованы статьи в ведущих реферируемых журналах. Работы известны в научном сообществе и цитируются в работах других авторов.

Содержание работы полностью соответствует заявленной специальности 01.04.23 – Физика высоких энергий.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым Положением о присуждении ученых степеней к кандидатским диссертациям.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний. На замечания в отзывах оппонентов и ведущей организации соискатель дал исчерпывающие ответы, которые отражены в стенограмме защиты.

На заседании 12 октября 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Степеннову Антону Дмитриевичу ученую степень кандидата физикоматематических наук по специальности 01.04.23 — Физика высоких энергий за решение научной задачи, имеющей значение для развития физики высоких энергий.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек (в том числе 6 докторов наук по специальности защищаемой диссертации), участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: 3a-17, против -0.

Председатель диссертационного совета доктор физ.-мат. наук

Ю.Т. Киселёв

Ученый секретарь диссертационного совета кандидат физ.-мат. наук 12 октября 2021 г.

В.В. Васильев