ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ П.Н. ЛЕБЕДЕВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 07 декабря 2020 г. № 39

о присуждении Беляеву Никите Леонидовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Эффекты СР-нарушения и аномальные взаимодействия в хиггсовском секторе» по специальности 01.04.23 — «Физика высоких энергий» принята к защите 21 сентября 2020 года, протокол заседания № 38, диссертационным советом Д002.023.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук, 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53 (ФИАН) приказом № 717/нк от 9 ноября 2012 года.

Соискатель Беляев Никита Леонидович, 1990 года рождения, в 2015 году окончил факультет Экспериментальной и теоретической физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», успешно защитив выпускную квалификационную работу. С 1 сентября 2015 года обучался в аспирантуре НИЯУ «МИФИ» по специальности 01.04.23 - «Физика высоких энергий» и закончил её 31 августа 2019 года, сдав все экзамены на «отлично». В настоящее время Н.Л. Беляев работает на кафедре №40 «Физика элементарных частиц» НИЯУ «МИФИ» в должности инженера.

Диссертационная работа Н.Л. Беляева выполнена на кафедре №40 «Физика элементарных частиц» НИЯУ «МИФИ».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Рубин Сергей Георгиевич, главный научный сотрудник кафедры №40 «Физика элементарных частиц» НИЯУ «МИФИ».

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор Коноплич Ростислав Всеволодович, глава физического департамента Манхэттенского колледжа.

Официальные оппоненты:

– Красников Николай Валерьевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий Отделом теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт ядерных исследований Российской академии наук»;

– Лыкасов Геннадий Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник сектора элементарных частиц Лаборатории ядерных проблем им. В.П. Дзелепова Международной межправительственной организации «Объединенный институт ядерных исследований»,

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «КИ» - ИФВЭ), город Протвино, в своем положительном отзыве, подписанном Зайцевым Александром Михайловичем, доктором физико-математических наук, руководителем Отделения экспериментальной физики НИЦ «КИ» - ИФВЭ, и утверждённом Ивановым Сергеем Владиславовичем, доктором физико-математических наук, академиком РАН, директором НИЦ «КИ» - ИФВЭ, указала, что диссертация полностью удовлетворяет научно-квалификационным требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней,

предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 — «Физика высоких энергий».

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 9 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК.

В диссертации публикации соискателя отражены правильным образом.

Результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Belyaev, N., Konoplich, R. and Prokofiev, K. CP Sensitive Observables of a Hypothetical Heavy Spin-0 Particle with the Dominant Photon–Photon Interaction. *Phys. Atom. Nucl.* Vol. 81, no. 6. 2018. P. 758.
2. Aaboud, M., Belyaev, N. et al. [ATLAS Collaboration]. Measurement of inclusive and differential cross sections in the $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$ decay channel in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector. *JHEP.* Vol. 10. 2017. P. 132.
3. Aaboud, M., Belyaev, N. et al. [ATLAS Collaboration]. Measurement of the Higgs boson coupling properties in the $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$ decay channel at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector. *JHEP.* Vol. 03. 2018. P. 095.
4. Belyaev, N. L. and Konoplich, R. V. Study of the CP-violating effects with $gg \rightarrow H \rightarrow \tau^+\tau^-$ process. *Phys. Atom. Nucl.* Vol. 78, no. 13. 2015. P. 1489.
5. Belyaev, N. et al. Angular asymmetries as a probe for anomalous contributions to HZZ vertex at the LHC. *Phys. Rev. D.* Vol. 91, no. 11. 2015. P. 115014.
6. Belyaev, N. Measurement of cross sections and couplings of the Higgs Boson in bosonic decay channels with the ATLAS detector. *EPJ Web Conf.* Vol. 182. 2018. P. 02013.

7. Belyaev, N., Konoplich, R. and Prokofiev, K. CP-sensitive observables of a hypothetical heavy spin-0 particle with the dominant $\gamma\gamma$ and $Z\gamma$ -interaction. J. Phys. Conf. Ser. Vol. 798, no. 1. 2017. P. 012094.
8. Belyaev, N., Konoplich, R. and Prokofiev, K. Study of kinematic observables sensitive to the Higgs boson production channel in $pp \rightarrow Hjj$ process. J. Phys. Conf. Ser. Vol. 934, no. 1. 2017. P. 012030.
9. Belyaev, N. and Reid, T. Limits on Higgs boson couplings in Effective field theory. J. Phys. Conf. Ser. Vol. 675, no. 2. 2016. P. 022023.
10. Belyaev, N., de Florian, D. et al. Handbook of LHC Higgs Cross Sections: 4. Deciphering the Nature of the Higgs Sector. CERN Monography, 2016. DOI:<http://dx.doi.org/10.23731/CYRM-2017-002>.
11. Belyaev, N. et al. Prospective results for vector-boson fusion-mediated Higgs-boson searches in the four lepton final state at the High Luminosity Large Hadron Collider. ATLAS Public Note, 2016. ATLPHYS-PUB-2016-008, ATL-COM-PHYS-2015-1507. URL: <https://cds.cern.ch/record/2145377>.
12. Abidi, S. H., Belyaev, N. et al. Couplings and simplified cross section studies in the $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow l+l-l+l-$ channel. ATLAS Internal Note, 2016. ATL-COM-PHYS-2016-1604. URL: <https://cds.cern.ch/record/2231596>.
13. Kaluza, A., Belyaev, N. et al. A morphing technique for signal modelling in a multidimensional space of coupling parameters. ATLAS Public Note, 2015. ATL-COM-PHYS-2015-457, ATL-PHYS-PUB-2015-047. URL: <https://cds.cern.ch/record/2018491>.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием признанных достижений в области физики высоких энергий.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Получены аналитические выражения, связывающие параметры широко используемых феноменологических моделей взаимодействия бозона Хиггса с частицами Стандартной модели в рамках эффективной теории поля, а также определены области значений параметров данных моделей на уровне современных экспериментальных ограничений.
2. Получены ожидаемые пределы на величину угла смешивания CP-четных и CP-нечетных физических состояний бозона Хиггса, а также на величину сечения процесса $gg \rightarrow H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$ на уровне интегральных светимостей в 300 фб^{-1} и 3000 фб^{-1} .
3. Установлена чувствительность к значению CP-чётности бозона Хиггса специальных угловых переменных в процессах $gg \rightarrow H \rightarrow \tau^+\tau^- \rightarrow \pi^+\pi^-\nu_\tau\tilde{\nu}_\tau$ и $gg \rightarrow H \rightarrow \tau^+\tau^- \rightarrow \rho^+\rho^-\nu_\tau\tilde{\nu}_\tau$ при учёте адронизации конечного состояния и упрощённого учёта детекторных эффектов установки ATLAS.
4. Рассчитаны спиральные амплитуды взаимодействия гипотетического тяжёлого бозона Хиггса S_0 с фотонами и Z-бозонами и получена теоретическая зависимость сечения от разности азимутальных углов адронных струй в процессе $qq' \rightarrow qq'S_0$. Также получены расчётные распределения по кинематическим переменным, чувствительным к CP-природе тяжёлого бозона Хиггса в данном процессе.
5. Получены расчётные распределения по оптимальным наблюдаемым для случаев распада бозона Хиггса в четыре лептона и его рождения посредством механизма VBF в рамках модели SMEFT, а также ожидаемые пределы, соответствующие интегральной светимости в 140 фб^{-1} .

Значимость полученных результатов определяется тем, что:

1. Полученные соотношения между параметрами рассмотренных феноменологических моделей позволили сравнивать между собой результаты, получаемые коллаборациями ATLAS и CMS, а также результаты независимых научных групп.
2. Впервые было установлено, что вклады интерференционных эффектов в кинематические распределения в процессе распада бозона Хиггса в четыре лептона ожидаются на уровне нескольких процентов. Также впервые была проведена оценка чувствительности интерференционных эффектов к значению CP-чётности бозона Хиггса в данном процессе.
3. Были разработаны методы поиска возможных эффектов CP-нарушения в процессах с участием бозона Хиггса и проведена оценка их эффективности путём получения ожидаемых пределов на параметры рассматриваемых феноменологических моделей.
4. Впервые в рамках коллаборации ATLAS был реализован метод морфинга для моделирования характеристик сигнальных событий и продемонстрирована его работоспособность на основе анализа процессов рождения бозона Хиггса и его распада в четыре лептона. Кроме того, был разработан и реализован метод расширенного морфинга, а также проведена его апробация с помощью наборов Монте-Карло данных. Вышеописанные методы впоследствии неоднократно использовались научными группами коллаборации ATLAS в ходе анализов данных, направленных на поиск отклонений от Стандартной модели.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что обоснованность выводов диссертационной работы обеспечивается использованием надежных теоретических и феноменологических подходов, их согласием с опубликованными теоретическими работами и экспериментальными результатами, опубликованными в том числе коллаборациями ATLAS и CMS, а также апробацией результатов на различных международных конференциях.

Все представленные в диссертации результаты являются оригинальными и получены лично автором либо при его непосредственном участии.

На заседании 07 декабря 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Беляеву Н.Л. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 — «Физика высоких энергий» за разработку методов поиска эффектов CP-нарушения и аномальных взаимодействий в процессах рождения и распада бозона Хиггса в бозонных и фермионных каналах и оценку их эффективности.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.23 — «Физика высоких энергий»), участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение ученой степени - 17,

против присуждения ученой степени - 0,

недействительных бюллетеней - 0.

Председатель совета,

член-корреспондент РАН,

доктор физ.-мат. наук

_____ Арсеев Пётр Иварович

Ученый секретарь совета,

канд. физ.-мат. наук

_____ Вагин Константин Юрьевич

07 декабря 2020 года