

**ОТЗЫВ
официального оппонента доктора физико-математических наук
Казакова Дмитрия Игоревича**

**на диссертацию
Никитенко Александра Николаевича**

**«Поиски хиггсовских бозонов вне рамок Стандартной модели на
большом адронном коллайдере», представленную на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.23
– Физика высоких энергий**

Диссертация Никитенко А.Н. посвящена экспериментальному поиску хиггсовских бозонов, предсказываемых теориями, выходящими за рамки Стандартной модели, на Большом адронном коллайдере.

Актуальность темы диссертации определяется тем, что автор работает в коллаборации CMS, которая, наряду с коллаборацией ATLAS, находится на переднем крае современной физики высоких энергий. Поиск новой физики на максимальных энергиях сейчас всецело связан с этими коллаборациями, и автор принимает в этом самое активное участие. Среди первостепенных задач, решаемых на БАК, исследование хиггсовского сектора следует признать приоритетным. Выяснение природы открытого хиггсовского бозона, а также поиск новых бозонов, предсказываемых практически во всех расширениях Стандартной модели, занимает центральное место. Эти проблемы находятся в центре внимания как теоретиков, так и экспериментаторов, и вызывают большой интерес.

Целью диссертационной работы было обнаружение дополнительных бозонов Хиггса и нестандартных распадов h -бозона на установке CMS на Большом адронном коллайдере с использованием событий протон-протонных соударений, набранных за период с 2010 по 2018 годы при энергиях 7, 8 и 13 ТэВ. Поскольку таких событий обнаружено не было, то были измерены верхние пределы на сечения исследуемых процессов и получены ограничения на модели новой физики.

Первая глава диссертации содержит введение и повторяет содержание автореферата. Здесь также подробно описан личный вклад автора, перечислены те работы в коллaborации, которыми он непосредственно занимался, ибо все работы, на которых основана диссертация, являются публикациями коллаборации CMS.

Вторая глава посвящена феноменологии изучаемых процессов в хиггсовском секторе, причем изложена в основном феноменология суперсимметричного расширения Стандартной модели. Рассмотрена вкратце также двухдублетная модель общего вида. Коротко обсуждаются возможные редкие распады хиггсовского бозона. Эта глава претендует на обзор существующей ситуации и обзор имеющейся литературы, но в таком кратком виде эта задача не вполне решена. Практически не обсуждаются альтернативы суперсимметричной модели, а также другие расширения, помимо МССМ. Совсем не обсуждаются составные модели хиггсовского сектора. В целом не возникает полной картины возможной новой физики вне Стандартной модели.

Третья глава диссертации посвящена описанию детектора CMS. Эта глава занимает 2 страницы: рисунок детектора и описание на полстраницы. На мой взгляд, этого недостаточно. Автор не объясняет, в чём состоит особенность данного детектора, чем он отличается от главного конкурента, принимал ли он сам участие в создании какой-либо части детектора, к какой конкретной части (трековый детектор, мюонной системе и т.д.) относится его работа по анализу данных, какой объем данных с детектора проанализирован. Небезинтересен также вопрос о том, в чём состоит особенность и конкурентные преимущества детектора CMS по анализу хиггсовского сектора.

Главы с 4 по 10 посвящены анализу конкретных процессов. Здесь собственно и изложены основные результаты, опубликованные в 13 статьях коллаборации CMS при активном участии автора. К сожалению, автор не приводит свои другие, в частности, сольные, публикации по докладам на международных конференциях. Вообще, апробация результатов выглядит несколько странно: там отмечены доклады на турецко-иранском совещании и совсем нет докладов на российских конференциях, хотя, насколько мне известно, автор принимал участие и выступал на совещании RDMS CMS.

В главах 4-10 автор достаточно подробно описывает анализ различных

реакций распада хиггсовских бозонов при энергии 7, 8 и 13 ТэВ. Обсуждаются различные ограничения, накладываемые на кинематику процессов при анализе данных. Эта часть диссертации показывает, что автор безусловно является специалистом в анализе данных и им проделана огромная работа по поиску всевозможных мод распада хиггсовского бозона и по поиску новых тяжёлых бозонов. Автор был первым координатором Хиггсовской группы CMS (с 2002 по 2007 годы) и занимался развитием и расширением физической программы CMS по поиску бозонов Хиггса, сформулированной в декларации о намерениях коллаборации CMS. И хотя новые редкие распады хиггсовского бозона и новые хиггсовые бозоны не обнаружены, в диссертации проделана важная и необходимая работа, которая нашла своё отражение и подробном анализе данных, систематизации погрешностей измерения, оценках пределов на сечения и относительные выходы частиц. Обсуждается также вопрос моделирования сигнала и фона и принципы отбора событий. Интерпретация событий производится главным образом в рамках наиболее популярных сценариев суперсимметричного расширения Стандартной модели. В 10 главе диссертации рассмотрен процесс невидимого распада хиггсовского бозона, представляющий интерес в связи с хиггсовскими моделями тёмной материи. При малых значениях массы такой анализ имеет преимущества по сравнению с прямым детектированием тёмной материи. К сожалению, в отсутствие положительного сигнала получены только лишь ограничения на сечения взаимодействия, которые, впрочем, являются самыми сильными.

В заключении подведены итоги и сформулированы выводы, поставлены задачи для дальнейшего поиска бозонов Хиггса на Большом адронном коллайдере повышенной светимости.

Таким образом, в диссертации подытожены многолетние экспериментальные исследования и представлены результаты, полученные при **личном участии** автора. Все исследования выполнены на высоком международном уровне в рамках коллаборации CMS и были подвергнуты тщательной проверке как в самой коллаборации, так и конкурентами.

К недостаткам диссертации, помимо уже отмеченных, можно отнести изобилие англицизмов, которые при желании вполне можно было бы заменить русскоязычными терминами. Это, как и излишняя краткость первых трёх глав диссертации, свидетельствуют о некоторой небрежности автора при написании диссертации.

Приведенные замечания не умаляют значимости полученных в диссертации результатов и не влияют на ее общую высокую оценку. Диссертация Никитенко А.Н. представляет собой законченный научный труд. Основные защищаемые положения диссертации являются **новыми**, их **достоверность** не вызывает сомнений, они докладывались автором на международных конференциях и опубликованы в ведущих научных журналах.

Основные результаты диссертации, разработанные методы и подходы, актуальны и востребованы в институтах, занимающихся фундаментальными исследованиями в области физики элементарных частиц как в России, так и за рубежом при исследовании физики за пределами Стандартной модели и проектировании новых экспериментов.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная выполнена на высоком научном уровне, представляет собой законченную научно-квалификационную работу и удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, **Никитенко Александр Николаевич**, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

Директор Лаборатории теоретической физики
Объединённого института ядерных исследований
доктор физ.-мат. наук



Казаков Дмитрий Игоревич

6 ноября 2019 г.
тел. +7 496 2165495

e-mail: kazakovd@theor.jinr.ru

Лаборатория теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова
Объединённый институт ядерных исследований,
141980, г.Дубна, Московской области, ул Жолио-Кюри 3

Подпись Д.И. Казакова заверяю

6 ноября 2019 г.



Учёный секретарь ЛТФ ОИЯИ
Кандидат физ.-мат. наук А.В. Андреев