

“УТВЕРЖДАЮ”

Проректор Московского Государственного
Университета им. М. В. Ломоносова

доктор физ-мат. наук
профессор

А.А. Федянин



24 октября 2014 г.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТЗЫВ

ведущей организации – Московского Государственного Университета им.
М. В. Ломоносова о диссертационной работе Горбунова И. Н.
"Измерение асимметрии «вперед-назад» в процессах рождения мюонных
пар при столкновении протонов в эксперименте CMS на LHC",
представленной на соискание учёной степени кандидата
физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика
атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертация И. Н. Горбунова посвящена изучению методических задач реконструкции и измерения характеристик процессов Дрелла-Яна с парой мюонов в конечном состоянии на коллайдере протонов LHC.

Большой интерес к этим процессам на коллайдере LHC связан не только с тем, что коллайдер открыл для исследований новую область кинематики. Процессы Дрелла-Яна предоставляют возможность исследовать распределения морских кварков в нуклоне, поиска гипотетических частиц и сил, предсказываемых моделями расширения Стандартной модели. Актуальность изучения характеристик процессов Дрелла-Яна этим не исчерпывается. Образование лептонных пар имеет заметное сечение и чёткую сигнатуру в детекторе. Поэтому эти процессы можно использовать для мониторинга светимости пучков и калибровки детекторов.

Работа выполнена на основе экспериментальных данных, полученных с помощью установки CMS на протон-протонном коллайдере LHC в научном центре CERN (г. Женева, Швейцария). Измерения были проведены в 2012 г во время работы коллайдера при светимости пучков $10^{34} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ и энергии в системе центра масс столкновения 8 ТэВ.

Основной составляющей работы является разработка и всесторонняя проверка диссертантом различных методов реконструкции и идентификации зарегистрированных мюонов, критериев отбора событий Дрелла-Яна и методов измерения параметра асимметрии A_{FB} углового распределения мюона, методов оценки и вычитания примеси событий фоновых процессов. Решение поставленных задач потребовало написания соответствующего программного обеспечения большого объема, значительных вычислительных усилий и ресурсов.

Настройка методических алгоритмов осуществлялась методами Монте-Карло моделирования. События сигнала и фоновых процессов были смоделированы при помощи программ-генераторов POWHEG, PYTHIA, TAUOLA и MadGraph, параметры которых были настроены на данные коллайдера LHC. Геометрия и материалы детектора, а также сигналы пересекающих его объем частиц, моделировались при помощи пакета программ GEANT4. Детальное сравнение методических алгоритмов между собой и варьирование множества параметров позволило создать рабочий инструментарий для реконструкции и отбора событий pp-столкновений с мюонами в конечном состоянии с самыми высокими эффективностью и точностью, возможными в настоящее время. Этот инструментарий представляет собой самостоятельную ценность и может быть использован в других исследованиях при помощи детектора CMS.

Важным и трудоемким этапом измерений является анализ и поиск возможностей минимизации систематических погрешностей. Всего было изучено 7 источников систематических погрешностей (см. главу 5). Среди них, в частности, – настройки параметров Монте-Карло генераторов, излучение в конечном и/или начальном состоянии, существенно влияющие на результат и точность измерения параметра A_{FB} .

Применение созданного методического инструментария позволило отобрать $\sim 8 \cdot 10^6$ событий $q\bar{q} \rightarrow \mu^+\mu^-$, соответствующих интегральной светимости $\sim 19.6 \text{ фб}^{-1}$, что вчетверо превышает статистику измерений при энергии в системе центра масс 7 ТэВ в 2011 г. Для измерения параметра асимметрии углового распределения мюона A_{FB} отбирались мюоны с поперечными импульсами $P_T > 20 \text{ ГэВ/с}$ и псевдобыстротой $-2.4 < \eta < +2.4$. Параметр A_{FB} впервые измерен в широком диапазоне инвариантных масс пары мюонов $40 < M_{\mu+\mu^-} < 2000 \text{ ГэВ}$ в доступной области быстрот $-2.4 < Y_{\mu+\mu^-} < +2.4$ с высокой статистической точностью при умеренных систематических погрешностях. Сравнение измеренных дважды дифференциальных зависимостей параметра A_{FB} от $M_{\mu+\mu^-}$ и $Y_{\mu+\mu^-}$ с расчетами при помощи программы-генератора POWHEG с функциями партонных распределений протона STEQ(CT10) в пределах экспериментальных погрешностей не обнаружило отклонения предсказаний стандартной модели от данных.

Достоверность полученных в диссертации результатов и сделанных на их основании выводов обоснованна. Она подтверждается детальным исследованием погрешностей измерений и проведением их адекватных коррекций. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на международных конференциях и рабочих совещаниях коллаборации CMS. Они были также опубликованы в шести научных статьях.

Диссертация демонстрирует знакомство автора работы с теоретическим описанием процессов Дрелла-Яна, подтверждает владение методами идентификации исследуемых событий и моделирования современного эксперимента физики высоких энергий. Диссертация содержит обширный иллюстративный материал, отражающий разнообразные аспекты экспериментальной работы.

В качестве замечаний к представлению материалов диссертационной работы можно отметить следующее.

1. Недостаточно подробно описаны свойства процессов Дрелла-Яна и данные их экспериментального исследования, имеющиеся в литературе.

2. Некоторым понятиям не дано определение. Например, "Сшивка" сегментов мюонного трека, зарегистрированных трекером и мюонным спектрометром, проводится в "локальной (камерной) системе координат", которой не дано определения.

3. В диссертации имеются отдельные неточности. Например, в системе координат Колинса-Сопера ось z делит пополам угол между вектором импульса кварка и вектором, направленным противоположно импульсу антикварка. В диссертации написано, что ось z делит пополам угол между векторами импульсов кварка и антикварка.

4. Иногда изложение материала не полно и требует обращения к публикациям, что затрудняет чтение работы и не соответствует цели написания диссертационной работы дать более подробное, чем в публикации, описание методики получения результата, самого результата и его обсуждения. Трудности при чтении работы представляет также обилие в тексте диссертации англоязычных аббревиатур, смысл которых порой раскрывается существенно позже их первого упоминания. Уместно было бы где-то привести все используемые аббревиатуры и их расшифровки.

5. Затрудняет чтение текста также употребление одинаковых обозначений для разных величин. Например: символ Q используется для обозначения заряда мюона, инвариантной массы $M_{\mu^+\mu^-}$ и четырёх-импульса пары мюонов.

6. Представляется излишним список публикаций материалов диссертации во введении, который повторно приводится в заключении.

Указанные замечания носят либо рекомендательный, либо стилистический характер и не снижают научной ценности результатов, полученных в диссертации, представляющей законченное экспериментальное исследование.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации, отмечает личный вклад автора, а материал диссертации в полной мере отражен в публикациях, указанных в автореферате.

Диссертация Горбунова Ильи Николаевича отвечает всем требованиям "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного Постановлением 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Диссертация основана на опубликованных работах, в том числе в реферируемых высокорейтинговых журналах. Результаты исследований многократно докладывались автором на семинарах и международных конференциях. Выводы диссертации обоснованы и соответствуют поставленной задаче. Автореферат полно и ясно отражает содержание диссертации. Полученные диссертантом результаты могут использоваться во всех организациях, ведущих исследования в области физики высоких энергий, в том числе ИФВЭ, ИЯИ, ИТЭФ, НИИЯФ, ОИЯИ, ФИАН, а также других научных центрах России, Европы, Азии и США.

Считаем, что Илья Николаевич Горбунов заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц.

Результаты диссертационной работы и отзыв обсуждались на семинаре Отдела экспериментальной физики высоких энергий НИИЯФ МГУ 22 сентября 2014 г.

Директор НИИЯФ им. В.Д. Скобельцына
МГУ им. М.В. Ломоносова
доктор физ-мат. наук профессор

Заведующий ОЭФВЭ НИИЯФ МГУ
доктор физ-мат. наук профессор


Отзыв составил:

Старший научный сотрудник НИИЯФ МГУ
кандидат физ-мат. наук



М. И. Панасюк

Э. Э. Боос



И. А. Коржавина