

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Азаркина Максима Юрьевича «Множественное рождение частиц в адрон-адронных столкновениях при энергиях Большого Адронного Коллайдера», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Наиболее характерной особенностью взаимодействия частиц при сверхвысоких энергиях, достигнутых на Большом адронном коллайдере в Европейском центре ядерных исследований (CERN) в Женеве является экстремально большая множественность рожденных при столкновении частиц, которая на одно взаимодействие при столкновении ядер может достигать нескольких тысяч на единицу быстроты или десятка тысяч во всем фазовом объеме. Поэтому задача исследования взаимодействия становится значительно более сложной, чем в ранних работах при более низких энергиях. В то же время именно при сверхвысоких энергиях можно ожидать проявления новых физических явлений, таких, как кварк глюонная плазма, суперсимметрии, открытие новых резонансов. Поэтому тематика исследований, проведенных М.Ю.Азаркиным и лежащих в основе его диссертационной работы, является весьма актуальной на данном этапе развития физики высоких энергий.

Несмотря на большой объем экспериментальных данных, получаемых в каждом событии при столкновении адронов, извлечение физической информации и ее анализ в условиях большой множественности представляется чрезвычайно сложной задачей, которая требует нового подхода и новых методов, основанных на имеющихся теоретических моделях. Новизна представленной диссертации заключается в проведении детального анализа множественного рождения частиц на основе данных установки CMS, в обнаружении связи между различными характеристиками множественного рождения, в объяснении новых корреляционных эффектов и азимутальной анизотропии при столкновении протонов и ядер свинца.

Значительная часть диссертации посвящена обзору существующих теоретических моделей и разработанных генераторов. Такое построение диссертации представляется весьма целесообразным, так как в дальнейшем автор проводит сравнение полученных экспериментальных данных с результатами расчета по имеющимся генераторам событий. В то же время проведенное обсуждение моделей позволяет сделать вывод о сложности

рассматриваемого процесса множественного рождения и прогнозировать дальнейшее развитие теории, а также указать на необходимость получения новых экспериментальных данных.

Во второй главе диссертации приведено краткое описание установки CMS, анализ данных которой является основным содержанием диссертации. Кроме конструкции установки, рассмотрены также необходимые для анализа кинематические параметры продуктов реакции.

Одним из основных результатов, приведенных в третьей главе диссертации, является получение данных о величине среднего поперечного импульса, заряженных частиц в зависимости от множественности событий при протон-протонном столкновении при энергии 7 ТэВ. При этом получены данные, как для заряженных частиц, принадлежащих струям, так и не принадлежащим. Обнаружено, что эти экспериментальные данные удовлетворительно описываются известными генераторами только при малых и средних множественностях, а при максимальных множественностях расхождение достигает двух-трех раз, причем экспериментальные данные превышают результаты теоретических расчетов.

В четвертой главе диссертации автор рассмотрел возможные объяснения эффекта «хребта» в двух частичной корреляции по псевдобыстроте и азимутальному углу, обнаруженного коллаборацией CMS в протон-протонных столкновениях с высокой множественностью. Показано, что этот эффект не может быть объяснен с помощью известного генератора PYTHIA со стандартными параметрами. Выключение вклада от жестких процессов улучшает согласие с экспериментом. Качественно можно объяснить эффект с помощью механизма цветового пересоединения, который может давать вклад при большой множественности процесса.

В диссертации получена зависимость множественности от величины прицельного параметра столкновений, который был определен по данным упругого рассеяния в тех же событиях. Оказалось, что множественность увеличивается при уменьшении прицельного параметра до 0.4 Фм, что, по-видимому, соответствует центральным лобовым столкновениям. Однако, имеется значительная доля событий, около 5%, которые имеют большее значение множественности, что невозможно объяснить с помощью простых геометрических соображений. Этот интересный эффект автор диссертации объясняет вкладом взаимодействия глюонов и усилением поглощения. Поскольку эти вклады могут действовать в разных направлениях, было бы желательно дать более подробную интерпретацию обнаруженного эффекта.

При изучении связи между множественностью заряженных частиц и прицельным параметром столкновения автор впервые обнаружил универсальную связь между относительными выходами струй и рождения чармония и W -мезонов в жестких процессах.

Важная часть диссертации посвящена также анализу данных установки CMS о столкновении ядер свинца при энергии 2.76 ТэВ. Дан обзор различных методов измерения параметра эллиптического потока: по определению плоскости реакции, по двух и четырех частичным корреляциям и по методу нулей Ли-Янга. По данным о азимутальной анизотропии получены значения коэффициента эллиптического потока в функции поперечного импульса и псевдобыстроты для 12 интервалов центральности. Сравнение с данными при более низких энергиях 0.2 ТэВ на установке RHIC, проведенное автором, показывает слабую зависимость величины эллиптического потока от энергии, но указывает на небольшой рост при больших поперечных импульсах.

Важным преимуществом проведенного анализа данных асимметрии является использование всех трех доступных методов, перечисленных выше, и сравнение полученных значений параметра эллиптического потока. Наблюдаемое расхождение этого параметра, полученного разными методами, автора объясняет наличием флуктуаций и отмечает, что аналогичный эффект наблюдался и при энергиях коллайдера RHIC.

В приложениях к диссертации подробно рассмотрены вопросы отбора событий и их реконструкция, анализ эффективности отбора, корреляция реконструированных треков и систематические погрешности как для событий протон-протонных, так и ядро-ядерных взаимодействий.

В оформлении диссертации можно отметить некоторые недостатки. Так, например, текст диссертации иногда не соответствует приведенным рисункам (стр.56, рис.4.1 d и стр.64 рис. 5.1). Неудачно введение термина «фоновое событие» на стр.65 и стр.68.

В заключение надо отметить, что диссертация является законченной научной работой, основанной на анализе полученных данных установки CMS на коллайдере LHC, в которой получены важные результаты о процессе множественного рождения частиц при максимальных энергиях протон-протонных и ядро-ядерных столкновений.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Положения и выводы диссертации достоверны и обоснованы. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих реферируемых журналах. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, представляет собой законченную научно-квалификационную работу и удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением

Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук в части касающейся диссертаций на соискание степени кандидата наук, а ее автор, Азаркин Максим Юрьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц.

Доктор физико-математических наук,
Заведующий Лабораторией релятивистской ядерной физики
Института ядерных исследований Российской Академии наук,



Курепин Алексей Борисович

Электронный адрес: kurepin@inr.ru

18 ноября 2015_г

Подпись Курепина Алексея Борисовича заверяю:
Ученый секретарь Института ядерных исследований Российской Академии наук,

Кандидат физико-математических наук



Степидовкин Андрей Дмитриевич

117312, Москва, В-312, проспект 60-летия октября, 7а.
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт ядерных исследований Российской Академии наук»
Тел.: +7 (499)135-77-60 Факс: +7(495) 135-22-68
Электронный адрес: inr@inr.ru