

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Былинкина Александра Александровича

”Двухкомпонентная модель для рождения адронов при  
столкновении частиц высоких энергий”,

представленную на соискание ученой степени кандидата

физико-математических наук по специальности

01.04.23 – физика высоких энергий.

Диссертация посвящена развитию феноменологических моделей описания множественного рождения адронов при высоких энергиях. Эта область является весьма важной и неотъемлемой частью физики высоких энергий и сама по себе представляет также практический интерес, особенно в свете развития Монте-Карло генераторов и описания свойств множественного рождения при высоких энергиях.

Поэтому актуальность темы диссертации не вызывает сомнения. Детальные исследования множественных процессов и поведения соответствующих распределений (множественности, спектров по поперечному импульсу и по скорости) проводились во многих экспериментах на всех значимых ускорителях ( $\mathcal{N}$ -70, FNAL, HERA, SPS, SSC, LEP и LHC ЦЕРН и др.), как на фиксированной мишени, так и в коллайдерной постановке в процессах  $pp$ ,  $\bar{p}p$ ,  $\gamma p$  и  $\gamma\gamma$ . Такой интерес к множественным процессам обусловлен тем фактом, что пертурбативная теория (КХД) может претендовать на описание данных лишь в достаточно “жестких” областях по поперечному импульсу. При  $P_T \sim < 1$  ГэВ КХД (в силу свойства асимптотической свободы) теряет свою предсказательную силу и в дело вступают феноменологические модели, основанные, в основном, на термодинамических подходах.

Тем более важными выглядят усилия по определению феноменологической параметризации, работающей в максимально широком диапазоне энергий, переданных импульсов, скоростей и ее физической интерпретации. Диссертация А.А. Былинкина является важной частью этого процесса, что определяет ее высокий научный уровень.

Остановлюсь кратко на содержании работы и на наиболее важных и интересных, с моей точки зрения, результатах диссертации.

В первой части диссертации (Главы два и три) представлен детальный обзор физических принципов, лежащих в основе различных моделей множественного рождения

(глава 2), а так же описаны основные модели, используемые на сегодняшний день как при анализе данных так и в Монте-Карло генераторах. Говоря о физических принципах, автор рассматривает все основные подходы к описанию множественных процессов (статистическая, термодинамическая и гидродинамическая модели, модель файерболов и кварк-глюонной плазмы). Подробно рассматриваются преимущества и недостатки различных подходов.

**В четвертой главе** представлен анализ большого набора экспериментальных данных с различных установок. Следует отметить, что этот набор действительно большой, охватывает различные начальные состояния, энергии и диапазоны кинематических переменных. Автор проделал, без сомнения, значительную работу по подбору и анализу экспериментального материала. Тем более убедительными выглядят выводы данной главы о том, что существующие параметризации не дают надежного описания широкой совокупности экспериментальных данных. Это касается как, например, модели Цаллиса, так и широко используемого Монте-Карло генератора PYTHIA.

*Замечание: Следовало бы, по всей видимости, привести в диссертации более детальную информацию о качестве описания данных существующими моделями. Особенно это касается генератора PYTHIA.*

Во второй части данной главы автор предлагает комбинированную параметризацию, учитывающую как КХД-мотивированную часть (степенное поведение при больших  $P_T$ ), так и “термодинамическое” экспоненциальное поведение. Проводится сравнение различных версий предлагаемой параметризации с экспериментальными данными и убедительно демонстрируется, что одна из версий наиболее точно согласуется с данными, обеспечивая наилучший  $\chi^2$  по сравнению как с другими вариантами предлагаемой параметризации, так и с моделью Цаллиса (Таблица 4.1). Качественная модель, предлагаемая автором, действительно дает разумное толкование получаемых результатов.

*Замечание: Не вполне понятно утверждение, сделанное автором на стр. 43 о том, что “в протон-протонных столкновениях КХД-флуктуации более демократичны к аромату кварков”. В КХД-лагранжиан все ароматы входят на абсолютно равных основаниях и любые отличия в сечениях рождения различных ароматов (если мы говорим именно о флуктуациях КХД) определяются только массой ароматов и носят чисто кинематический характер. В этом смысле протон-протонные столкновения ничем не выделены.*

**Пятая глава** посвящена теоретической интерпретации предложенной в предыдущей главе параметризации и предсказаниям для энергий LHC. В первой части главы автор

рассматривает интерпретацию степенного члена параметризации, основываясь на модели померонных обменов, а сам померон трактуется в модели ВФКЛ как лестничная кварк-глюонная диаграмма. Естественно, использование модели однопомеронных обменов без учета процессов перерасеяния (АГК-сокращения в инклюзивных амплитудах) приводит к аппроксимациям экспериментальных данных, основанных на степенных зависимостях от  $s$ . Автор анализирует большую совокупность данных, получает аппроксимации и делает весьма успешные предсказания на энергию ЛНС. При этом воспроизводятся основные характеристики степенного члена параметризации, предложенной в предыдущей главе. Замечание: *Следует все-таки отметить, что существуют эйкональные модели инклюзивных процессов в теории Редже. Эти модели позволяют получить согласованное описание инклюзивных и упругих амплитуд и решить проблему унитарности чисто полюсного подхода. Было бы весьма интересно проделать аналогичный анализ, основываясь на эйкональных моделях. Без сомнения это тема отдельных работ и это замечание следует воспринимать не как критику, а как некий посыл к научной дискуссии и предложение дальнейших исследований.*

Во второй части главы рассматривается интерпретация термализованной (экспоненциальной компоненты). Очень интересно и элегантно выглядит использование идей, идущих из космологии и эффекта Урну. Автору удается получить объяснение наблюдаемым линейным зависимостям между термальными параметрами и продемонстрировать это при анализе экспериментальных данных.

**В заключении (Глава 6)** перечислены основные результаты, полученные в диссертации.

Диссертация содержит анализ большого экспериментального материала. Предложенная параметризация хорошо описывает данные. Рассмотренная теоретическая интерпретация выглядит весьма убедительно и верно описывает основные черты модели. В целом диссертация выглядит весьма позитивно и характеризуют диссертанта как зрелого физика высокой квалификации и широкого кругозора.

Отдельные перечисленные недостатки ни в коей степени не снижают высокого уровня диссертации. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Следует подчеркнуть общий высокий уровень работы, актуальность и научная новизна которой не вызывают сомнений. Все полученные результаты опубликованы в ведущих реферируемых журналах. Очевиден большой, решающий вклад автора в работы, вошедшие в диссертацию.

Диссертация А.А. Былинкина является законченным научным исследованием, в котором получены новые результаты по описанию множественных процессов при столкновении



адронов высоких энергий. Все результаты опубликованы в реферируемых научных журналах, докладывались на международных конференциях и школах. Общее число публикаций по теме диссертации – 11, что значительно превосходит требование к кандидатским диссертациям. Считаю, что диссертация А.А. Былинкина безусловно удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико–математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий, а ее автор заслуживает присуждения этой степени.

Доктор физико–математических наук



О. П. Ющенко

Ющенко Олег Петрович  
Федеральное государственное бюджетное учреждение,  
Государственный научный центр “Институт Физики Высоких Энергий”,  
Научно-исследовательский центр “Курчатовский Институт”  
Ведущий научный сотрудник Отделения Экспериментальной Физики  
Тел. 8(905)7245812  
E-Mail: oleg.yushchenko@mail.ihep.ru

17 октября 2014 г.

Подпись О. П. Ющенко удостоверяю  
учёный секретарь ИФВЭ



Н.Н.Прокопенко

