

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Былинкина Александра Александровича “Двухкомпонентная модель для рождения адронов при столкновении частиц высокой энергии”, представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 - физика высоких энергий.

Результаты измерений процессов взаимодействий частиц при высоких энергиях находятся в хорошем согласии с представлениями Стандартной Модели электрослабых и сильных взаимодействий. Для количественного описания рождения кварков и глюонов с большими поперечными импульсами и тяжёлых кварков хорошо работают вычисления пертурбативной квантовой хромодинамики. Однако пертурбативные методы неприменимы к множественному рождению кварков и глюонов с небольшими поперечными импульсами и их последующей адронизации. Для описания процессов множественного рождения продуктивно используются методы Монте-Карло (МК) моделирования. Однако МК моделирование базируется на большом числе параметров и требует их настройки для хорошего описания новых экспериментов. Построение аналитических моделей множественного рождения позволяет создать основу для дальнейшего развития МК моделирования и для феноменологического анализа экспериментальных результатов. Актуальность этой работе придаёт ожидаемый в следующем году рост энергии столкновений протонов на Большом Адронном Коллайдере (БАК, LHC) и активно обсуждаемые перспективы исследований на коллайдерах следующего поколения. Таким образом, тема диссертации Былинкина А. А. является актуальной и важной для развития физики высоких энергий.

Целью диссертационной работы являлся систематический анализ закономерностей рождения адронов в столкновениях различных частиц в широком диапазоне энергий. Были проанализированы данные pp , $p\bar{p}$, $\gamma\gamma$, γp столкновений и столкновений тяжёлых ионов в интервале энергий 23 – 7000 ГэВ. Для описания этих данных предложена оригинальная двухкомпонентная модель, позволяющая хорошо описать распределения

частиц по поперечному импульсу. На основании этой модели сделаны предсказания характеристик рождения частиц на БАК. Научная новизна диссертационной работы не вызывает сомнений.

В диссертационной работе приведён детальный обзор теоретических представлений о множественном рождении от работ Гейзенберга и Ферми до сегодняшних МК моделей и мультифрактальной модели Цаллиса. Далее в диссертации проводится анализ распределений по поперечному импульсу, полученных на коллайдерах ISR, RHIC, Tevatron, LHC и HERA для центральных областей по псевдобыстроте. Показано, что распределение Цаллиса, содержащее три параметра включая нормировку, не описывает все детали экспериментальных распределений. Для улучшения описания экспериментальных данных был проведён подбор двухкомпонентных распределений, содержащих экспоненциальный и степенной члены с пятью параметрами включая две нормировки. На основании согласия со всей совокупностью данных сделан выбор распределения (4.8), которое позволяет значительно улучшить описание данных по сравнению с распределением Цаллиса. Наиболее интересным является дальнейший анализ данных на основе предложенной параметризации. Показано, что степенной член даёт вклад порядка 30% в спектры заряженных частиц в адрон-адронных взаимодействиях, но доминирует в $\gamma\gamma$ взаимодействиях и в γ -направлении γp взаимодействий. Также показано, что экспоненциальный член, доминирующий в рождении пионов в адрон-адронных взаимодействиях, не требуется для описания спектров каонов, протонов и J/ψ мезонов. На основании замеченных закономерностей сделан вывод о том, что степенной член ответственен за описание спектров частиц родившихся в процессах непосредственного взаимодействия, а степенной член описывает спектры пионов образовавшихся в процессах адронизации адронных остатков. Наиболее неожиданным результатом является замеченная сильная корреляция между температурными параметрами экспоненциального и степенного членов параметризации.

В диссертации также рассматриваются зависимости средних поперечных импульсов и плотностей частиц по псевдобыстроте от энергии взаимодействия и зарядовой множественности отдельно для экспонен-

циального и степенного членов параметризации. Аппроксимация этих зависимостей простыми функциями позволяет сделать предсказания для зависимости среднего поперечного импульса от зарядовой множественности на ЛНС. Для описания зависимости плотности частиц по псевдобыстроте от псевдобыстроты используется распределение Гаусса для степенного члена и сумма двух распределений Гаусса для экспоненциального члена. Параметризация зависимостей параметров этих Гауссовых распределений от энергии взаимодействия используется для предсказания зависимости $d\sigma/d\eta$ от псевдобыстроты на ЛНС. Эта же параметризация используется для предсказания относительного вклада степенного члена в зависимости от псевдобыстроты. Предсказания согласуются с данными при доступных энергиях. Была также проведена параметризация параметра степени в зависимости от псевдобыстроты и энергии взаимодействия, что позволило сделать предсказания для дваждыдифференциальных сечений $d^2\sigma/(d\eta dp_T^2)$ для различных энергий и интервалов по псевдобыстроте. Автором также приводится возможное объяснение корреляции температурных параметров экспоненциального и степенного членов параметризации.

Результаты, представленные в диссертации, докладывались на многих конференциях и школах, в том числе на 6 международных конференциях лично автором диссертации. Основные результаты диссертации опубликованы в 6 статьях в авторитетных реферируемых научных журналах и в трудах 4 конференций. Содержание автореферата правильно отражает основные положения диссертации.

К недостаткам диссертации можно отнести небольшое количество опечаток и сбой ссылок на единицу начиная со ссылки [8]. Вывод о плохом качестве описания экспериментальных данных МК моделями в разделе 4.4.3 не выглядит достаточно обоснованным, т.к. для сравнения использовалась только Pythia 8.1 с одним набором параметров. Использование более отлаженной версии Pythia 6.4 с различными настройками параметров могло бы улучшить согласие с экспериментом. Досадным упущением является отсутствие анализа данных статьи коллаборации ZEUS "Measurement of multiplicity and momentum spectra in the current

and target regions of the Breit frame in Deep Inelastic Scattering at HERA”, Eur. Phys. J. C 11 (1999) 251, которые позволяют провести прямое сравнение распределений частиц в 2-х направлениях γp столкновений. Для популяризации предложенной модели можно предложить создание программы со встроенными параметризациями для самостоятельного использования заинтересованными экспериментальными группами.

Отмеченные выше недостатки не затрагивают основное содержание диссертации, которая является детальным научным исследованием стимулирующим развитие физики высоких энергий. Автор проанализировал ряд измерений и обобщил наблюдения в виде оригинальной модели рождения адронов. По своей актуальности, новизне полученных результатов и важности научных выводов диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Былинкин Александр Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 - физика высоких энергий.

Официальный оппонент

Гладилин Леонид Константинович
доктор физико-математических наук
заведующий лабораторией

Научно-исследовательский институт ядерной физики
имени Д.В. Скобельцына Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова (НИИЯФ МГУ)
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2
Тел.: (495) 939-35-68; адрес электр. почты: gladilin@sinp.msu.ru

Подпись Л.К. Гладилина заверяю.

Директор НИИЯФ МГУ,
доктор физико-математических наук,
профессор



М.И. Панасюк

6 ноября 2014 г.