

ОТЗЫВ

научного руководителя

на диссертационную работу Терешко Павла Владимировича "Исследование мягких процессов квантовой хромодинамики и корреляционных явлений в протон-протонных взаимодействиях в эксперименте ATLAS на Большом адронном коллайдере", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – "физика высоких энергий"

Группа физиков Института физики имени Б.И.Степанова Национальной академии наук Беларуси (ИФ НАНБ), начиная с 1994 года, проводит активные научно-исследовательские работы по созданию экспериментальной установки ATLAS на Большом адронном коллайдере (БАК) в CERN (Женева) и анализу накопленной экспериментальной информации. Более 20 лет П.В. Терешко является инициативным членом коллаборации ATLAS от ИФ НАНБ и ведет активные исследования в рамках крупнейшего в мире коллайдерного эксперимента ATLAS на БАК, результаты которых значительно выподят за рамки диссертационной работы. Далеко не все научные публикации П.В.Терешко вошли в диссертационное исследование. Он является автором около 1400 научных статей с индексом Хирша более 200. Желание получить физические результаты увеличило время по одготовке диссертации.

Диссертация Терешко Павла Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, в которой обобщены результаты многолетних исследований проведенных автором: начиная с активного участия в создании адронного железно-сцинтилляционного калориметра для экспериментальной установки ATLAS на БАК, исследовании характеристик калориметра при облучении его модулей в пучках электронов, пионов, протонов, мюонов на канале ускорителя SPS (CERN), участие в накоплении экспериментальных данных с установки и проверки их добротности, активное участие в выполнении физического анализа первичной информации и получении новых знаний по физике протон-протонных (*pp*) взаимодействий при энергиях от 0.9 до 13 ТэВ, в том числе в открытии бозона Хиггса. По моему мнению, данная научно-квалификационная работа может считаться образцовой для кандидатских диссертаций, выполненных по научной специальности «физика высоких энергий».

Актуальность темы диссертации определяется важностью создания железно-сцинтилляционного адронного калориметра для крупнейшего коллайдерного эксперимента ATLAS и определение его энергетической шкалы облучением в пучках электронов. Актуальным является исследование распределений заряженных частиц в *pp* столкновениях при сверх высоких энергиях, что позволяет изучить сильные взаимодействия при малых поперечных импульсах. Теоретическое описание таких процессов отсутствует. Полученные данные служат для фиксирования свободных параметров феноменологических моделей и позволяют понять динамику *pp*-взаимодействий. Корреляции частиц играют важную роль в понимании механизма множественного рождения заряженных частиц. Исследование Бозе-Эйнштейна корреляций (БЭК) позволяет изучить простран-

ственно-временную структуру области адронизации и определить размер и форму источника излучения частиц.

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов и рекомендаций подтверждается использованием для их вывода хорошо известных методов анализа данных, а также публикацией результатов в высокорейтинговых специализированных журналах и выступлениями на международных конференциях и семинарах.

Новизна научных результатов состоит в следующем. Впервые исследованы характеристики модулей железо-сцинтилляционного адронного калориметра с использованием пучков электронов на SPS (CERN) и получена электромагнитная калибровочная константа, изучены линейность и разрешение калориметра, что позволило получить новые физические результаты, в частности, открыть бозон Хиггса, исследования процессов Стандартной модели (СМ) и поиска феноменов за ее пределами. Впервые исследованы распределения заряженных частиц в pp -взаимодействиях с энергией 13 ТэВ в эксперименте ATLAS в кинематической области $p_T > 500$ МэВ и $|\eta| < 2.5$ и проведено сравнение результатов с предсказаниями современных Монте-Карло моделей. Впервые проведен анализ распределений плотности вероятности множественности заряженных частиц, полученных в эксперименте ATLAS в диапазоне энергий 0.9 – 13 ТэВ. Показано, что распределения с нормировкой имеют тенденцию к независимости от энергии при больших энергиях. Впервые установлено, что КНО масштабная инвариантность выполняется для области, в которой нормированная средняя множественность больше единицы. Проведено исследование двухчастичных БЭК в pp столкновениях при энергии 13 ТэВ. Параметры корреляции, характеризующие радиус источника и силу корреляции, исследованы в рекордной кинематической области в зависимости от множественности заряженных частиц (до 300) и среднего поперечного импульса пары частиц (до 1.5 ГэВ). Впервые открыт эффект выполаживания зависимости параметра радиуса источника БЭК от множественности заряженных частиц в области большой множественности.

Высокая научная и практическая значимость результатов заключается в следующем. Константа электромагнитной калибровки используются для адронной калибровки калориметра, которая необходима для получения новых физических результатов при сверхвысоких энергиях, в частности, исследовании процессов СМ с образованием адронных ливней. Распределения заряженных частиц применяются для уточнения моделей и настройки алгоритмов новых Монте-Карло генераторов частиц. Результаты исследования корреляций будут использованы для построения теоретических моделей процессов адронизации.

Диссертационная работа отражает личный вклад автора в проведенные исследования. Им были разработаны программные средства для решения поставленных задач и проведен детальный анализ экспериментальных данных. Диссертант принимал самое активное участие в обработке данных с калориметра и их анализе для проведения электромагнитной калибровки адронного калориметра и исследования его характеристик, что позволило ввести калориметр в

эксплуатацию. В рамках проводимых широким фронтом научных работ соискатель самостоятельно разработал сложный пакет программ с использованием среды ROOT для первичной обработки данных, анализа и отображения результатов. Соискатель проявлял незаурядную творческую активность при выполнении всех этапов проводимых исследований. Хочу отметить огромную работу по расчету систематических погрешностей результатов по БЭК, вылившуюся в 100 кратные дополнительные расчеты. Результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 6 рецензируемых статьях и 13 препринтах. Объем диссертации составляет 116 страниц, в том числе 41 рисунок, 8 таблиц.

Ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – «Физика высоких энергий» предлагается присудить Терешко Павлу Владимировичу за совокупность новых научно обоснованных результатов, включающих:

1. Результаты проведения электромагнитной калибровки адронного calorиметра установки ATLAS, основанной на облучении 11% модулей calorиметра в пучках электронов с энергией от 10 до 300 ГэВ. Это позволило измерить электромагнитную калибровочную константу calorиметра равную 1.050 ± 0.003 пКл/ГэВ, тем самым определив шкалу по энергии. Измерены базовые характеристики calorиметра для электронов: энергетическое разрешения, равное $\sigma/E = 28\% / \sqrt{E} \oplus 2.8\%$, и линейность, с разбросом $\pm 3\%$.
2. Результаты измерений распределений заряженных частиц, полученных в pp -взаимодействиях с энергией 13 ТэВ и $p_T > 500$ МэВ в эксперименте ATLAS в зависимости от множественности заряженных частиц, поперечного импульса и псевдобыстроты, зависимость среднего поперечного импульса от множественности заряженных частиц. Сравнение экспериментальных данных с предсказаниями ряда современных Монте-Карло моделей.
3. Результаты исследований распределений заряженных частиц для pp -взаимодействий при энергиях 0.9, 2.36, 7, 8 и 13 ТэВ на данных эксперимента ATLAS в зависимости от множественности заряженных частиц нормированной на их среднюю множественность. Показано, что при сверхбольших энергиях от 7 до 13 ТэВ нормированные распределения по множественности имеют тенденцию к независимости от энергии, то есть выполняется масштабная инвариантность или КНО скейлинг. Впервые в широкой области по псевдобыстроте $|\eta| < 2.5$ установлено, что масштабная инвариантность выполняется для множественностей заряженных частиц, для которых нормированная средняя множественность больше единицы.

4. Результаты исследования двухчастичных Бозе-Эйнштейн корреляций в *pp*-столкновениях при энергии 13 ТэВ в эксперименте ATLAS. Впервые в широкой кинематической области (число заряженных частиц до 300, средний поперечный импульс пары частиц до 1.5 ГэВ) изучены параметры БЭК, характеризующие радиус источника и силу корреляции частиц в зависимости от множественности заряженных частиц и среднего поперечного импульса пары частиц. Впервые измерены дважды дифференциальных БЭК в зависимости от множественности заряженных частиц и среднего поперечного импульса пары частиц, что позволило впервые для дважды дифференциальных БЭК обнаружить эффект выполаживания радиуса источника БЭК в зависимости от множественности заряженных частиц в области сверхвысоких множественностей заряженных частиц.

Я, Кульчицкий Юрий Александрович, даю согласие на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Государственного научного учреждения «Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси».

Научный руководитель,
доктор физ.-мат. наук, доцент,
ведущий научный сотрудник Института физики имени Б.И. Степанова
Национальной академии наук Беларуси,
начальник научного сектора Лаборатории ядерных проблем им. В.П. Джелепова,
Объединённого института ядерных исследований (Дубна).

Кульчицкий Юрий Александрович

25.11.2025



С отзывом ознакомлен  Терехин П.В.