

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата физико-математических наук Макаренко В.В.
на диссертационную работу Терешко П.В.

«Исследование мягких процессов квантовой хромодинамики и корреляционных явлений в протон-протонных взаимодействиях в эксперименте ATLAS на Большом адронном коллайдере»,

представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий

Актуальность темы диссертационного исследования обоснована важностью анализа и систематизации экспериментальных данных по эффектам сильного взаимодействия при низких энергиях. Исследование непertурбативной области квантовой хромодинамики и создание эффективной феноменологической или теоретической модели для численных предсказаний наблюдаемых явлений в этой области (значения множественности, адронизация, эволюция адронных струй, объяснение значений масс и магнитных моментов адронов и т.д.) остается одной из важнейших задач современной физики высоких энергий. Исследования автора диссертации вносят существенный вклад в решение этой проблемы: автором проведен последовательный экспериментальный анализ ряда наблюдаемых эффектов низкоэнергетического сильного взаимодействия в новой, неисследованной ранее кинематической области, включая сравнение с предсказаниями существующих феноменологических моделей. Проведенное автором исследование свойств энергетического отклика модулей адронного калориметра эксперимента ATLAS также напрямую влияет на точность полученных в эксперименте данных, включая данные по проявлениям низкоэнергетического сильного взаимодействия – множественному рождению заряженных частиц при минимальном переданном импульсе, процессам образования и эволюции адронных струй и др.

Тематика диссертационного исследования Терешко П.В. соответствует п.1 Перечня приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь на 2021–2025 годы, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь № 156 от 07.05.2020.

Степень новизны научных результатов диссертационной работы и положений, выносимых на защиту, заключается в следующем:

- на этапе создания экспериментальной установки были получены электромагнитные калибровочные константы для модулей адронного калориметра эксперимента ATLAS;

- впервые получены зависимости распределений зарядовой множественности в pp-столкновениях в эксперименте ATLAS при энергии 13 ТэВ в широкой кинематической области;

- впервые проверен эффект КНО-масштабируемости в протонных столкновениях при высокой энергии и выявлена область, в которой эффект наблюдается экспериментально;

- Впервые проведено исследование двухчастичных корреляций Бозе-Эйнштейна в области высокой множественности событий (более 100) и описан эффект выполаживания параметров корреляций от значения множественности.

Результаты, выносимые на защиту, опубликованы в рецензируемых научных изданиях и апробированы на международных и республиканских конференциях.

Соответствие содержания диссертации отрасли науки и специальности

Считаю, что содержание диссертационной работы Терешко П.В. полностью соответствует отрасли физико-математические науки и специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

От специальности 01.04.02 работу отличает экспериментальный подход к исследованию явлений и использование существующих феноменологических моделей, а от специальности 01.04.16 – кинематическая область исследуемых процессов, существенно превышающая область влияния коллективных эффектов в адронах.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов диссертации

Обоснованность и достоверность основных результатов и выводов защищаемых положений не вызывает сомнения ввиду

- использования адекватных методов анализа результатов измерений,
- корректного сопоставления полученных результатов с исследованиями в экспериментах предыдущих поколений при низкой энергии,
- сравнения результатов с предсказаниями основных существующих феноменологических моделей.

Положения и выводы диссертации были апробированы на республиканских и международных конференциях.

Научная, практическая, социальная и экономическая значимость полученных результатов

Научная значимость диссертации обусловлена необходимостью построения эффективной вычислительной модели для описания наблюдаемых явлений в области непертурбативной квантовой хромодинамики, что требует получения экспериментальных данных о различных проявлениях этих явлений в как можно более широкой кинематической области. Также научная значимость обусловлена необходимостью экспериментальной проверки явления КНО-скейлинга в новой кинематической области, а также исследования коллективных эффектов при рождении пары тождественных частиц.

Практическая значимость заключается в том, что данные калибровки адронного калориметра были использованы при проведении эксперимента ATLAS, а полученные распределения наблюдаемых будут использованы для создания и калибровки будущих теоретических моделей сильного взаимодействия при низких переданных импульсах.

Полученные результаты также могут быть использованы как учебно-методический материал при обучении студентов физических специальностей, а также магистрантов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь.

Опубликованность результатов диссертационной работы в рецензируемых журналах и их апробация

Все научные результаты диссертации и положения, выносимые на защиту, опубликованы в 14 научных работах, из которых 6 статей в ведущих международных рецензируемых научных журналах.

Общий объем опубликованного материала научных публикаций по теме диссертации соответствующих пункту 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь составляет __ авторских листа.

Результаты исследований, включённые в диссертацию, были доложены на большом количестве международных конференций и семинаров, включая профильные конференции коллаборации ATLAS.

Качество оформления работы.

Работа оформлена грамотно и аккуратно.

Диссертационная работа соискателя Терешко П.В. состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников. Текст диссертации оформлен согласно требованиям высшей аттестационной комиссии.

Анализ проведен с использованием современного пакета статистического анализа и визуализации данных ROOT и созданного автором специализированного программного кода.

Ссылки на литературные источники приведены в корректном порядке, а список литературы соответствует содержанию диссертации.

Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует.

На основании ознакомления с текстом диссертации, автореферата и научными публикациями автора можно утверждать, что диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, а соискатель заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

Замечания по диссертации.

По работе можно сделать несколько замечаний.

1. Предлагаю автору выбрать и использовать один из используемых русскоязычных терминов для эффекта pile-up вместо использованного "пайлап": эффект наложения событий, эффект нагромождения и т.п. Терминология еще не устоялась, и автор может сам внести вклад в развитие терминологии.
2. В подписи к Рис. 2.11 и ссылке на него на стр. 33 указаны различные значения угла облучения модулей электронами (20 и 90 градусов соответственно). Вероятно, опечатка в тексте.
3. На Рис. 4.7.(а) не нанесены экспериментальные точки ATLAS при энергии 2.36 ТэВ. Понимаю, что статистика недостаточная (и в тексте это указано), что видно по данным CMS на этом же графике и соседнему графику 4.7(б).
4. Возможно опечатка в знаке ">" на стр. 11:

...Генератор PYTHIA 8 A2 описывает данные в области $p_{ch} \geq 50$, но при этом занижает количество событий в области больших p_{ch} ...

... Генераторы ... неплохо описывают поведение данных в области $p_{ch} > 30$, но завышают количество событий в середине диапазона...

Кажется, в обоих случаях знак должен быть знак "<".

5. Из текста не всегда понятен выбор точных значений критериев отбора событий. А это действительно очень интересно.

В частности интересно, обусловлен ли выбор порога $p_{Tmin} = 100$ МэВ энергетическим разрешением калориметра, необходимостью соответствия с другими сравниваемыми экспериментами или чем-то еще.

Также интересно, как выбрано значение порога времени жизни первичных частиц (именно 300 пс), и какие фоновые явления (возможно) можно подавить этим выбором.

Этот вопрос не является недостатком текста.

Замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации и являются по большей части проявлением любопытства оппонента.

Заключение

Диссертационная работа Терешко Павла Владимировича является завершённым самостоятельным квалификационным исследованием, соответствующим требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (пп. 20–26 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь).

Диссертация Терешко П.В. содержит новые научно обоснованные экспериментальные результаты, совокупность которых вносит существенный вклад в решение одной из важнейших задач современной физики высоких энергий – последовательного описания явлений в области непertурбативной квантовой хромодинамики. Соискателю Терешко П.В. предлагается присудить учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий за совокупность следующих научных результатов:

- Результаты проведённой электромагнитной калибровки адронного калориметра установки ATLAS в пучках, полученных на ускорителе SPS, включая значения электромагнитной калибровочной константы и линейности, позволившие корректно оценить систематическую ошибку подсистемы детектора.

- Результаты проведенного исследования распределений заряженных частиц в протон-протонных столкновениях взаимодействиях в эксперименте ATLAS в недостижимой ранее кинематической области: распределение событий по множественности и кинематическим свойствам первичных заряженных частиц, зависимости среднего поперечного момента импульса от множественности, а также сравнение с основными феноменологическими моделями.

- Результаты анализа распределений множественности заряженных частиц в эксперименте ATLAS в широком диапазоне энергий, нормированной на среднюю

множественность, и впервые сделанные выводы о масштабируемости распределений в новых кинематических областях.

• Результаты исследования двухчастичных корреляций Бозе-Эйнштейна в эксперименте ATLAS, которые позволили вычислить основные параметры корреляции – радиус источника и силу корреляции частиц в неисследованной ранее кинематической области высокой множественности, результаты дважды дифференциальных распределений по множественности заряженных частиц и поперечному импульсу пары, а также впервые установленный эффект выполаживания зависимости радиуса источника от множественности в области сверхвысоких множественностей заряженных частиц.

Несмотря на отмеченные замечания, диссертационная работа «Исследование мягких процессов квантовой хромодинамики и корреляционных явлений в протон-протонных взаимодействиях в эксперименте ATLAS на Большом адронном коллайдере» отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор, Терешко Павел Владимирович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент,
кандидат физико-математических наук,
заведующий лабораторией
НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ

 Макаренко В.В.

