

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Федина Олега Львовича «Измерение поляризационных угловых коэффициентов в процессах лептонного распада  $Z$ -бозона в эксперименте ATLAS на LHC», представленной на соискание степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

В диссертации Федина О. Л. рассмотрены две большие задачи: прецизионное измерение зависимостей поляризационных угловых коэффициентов от поперечного импульса  $Z$ -бозонов, рожденных в протон-протонных столкновениях на коллайдере LHC в эксперименте ATLAS и созданию детектора переходного излучения TRT для торцевых частей установки ATLAS. В данной работе впервые измерены зависимости всех восьми поляризационных угловых коэффициентов от поперечного импульса  $Z$ -бозона интегрально и в трех диапазонах по быстроте.

Запуск коллайдера LHC в 2010 году ознаменовал новую эру в изучении физики частиц. Достигнутая на коллайдере LHC энергия протон-протонных столкновений и рекордная светимость позволили эксперименту ATLAS набрать беспрецедентно большую статистику лептонных распадов  $Z$ -бозонов, которая позволяет выполнить прецизионные измерения параметров данного процесса. Улучшение точности измерения параметров лептонных распадов  $Z$ -бозонов стимулирует развитие пертурбативной техники КХД вычислений и генераторов событий, описывающих такие процессы. Угловые распределения лептонов, рождающихся в таких процессах, зависят от восьми «структурных функций» или угловых поляризационных коэффициентов, которые представляют собой отношения сечений с заданной спиральностью к неполяризованному сечению. Эти коэффициенты могут быть вычислены теоретически в рамках партонной модели, используя пертурбативную КХД теорию. Сравнение измеренных коэффициентов с расчетами, выполненными в NNLO приближении в данной работе, показало необходимость учета более высоких порядков теории возмущений. С другой стороны, современные Монте-Карло генераторы событий, которые моделируют процессы рождения и распада  $Z$ -бозонов в лептоны, содержат эти угловые коэффициенты в неявном виде. Сравнение прецизионных измерений угловых коэффициентов с теоретическими, извлеченными методом моментов из Монте-Карло генераторов, позволяет улучшить точность моделирования угловых распределений лептонов не только в лептонных распадах  $Z$ -бозонов, но и  $W$ -бозонов. Прецизионное моделирование угловых распределений распадов  $W$ -бозонов является актуальной задачей, ввиду того, что перед экспериментом ATLAS стоит амбициозная цель измерения одного из важнейших параметров Стандартной модели - массы  $W$ -бозона с точностью не хуже 10 МэВ.

Методика измерения угловых коэффициентов, разработанная в данной диссертационной работе, позволила приступить к измерению другого параметра Стандартной модели, а именно электрослабого угла смешивания, который обычно извлекается из измерения асимметрии вперед-назад. Извлечение электрослабого угла смешивания из асимметрии вперед-назад являются модельно зависимыми и не позволяют уменьшить экспериментальную систематическую ошибку. С другой стороны, зависимость углового коэффициента  $A_4$  от массы лептонной пары определяется электрослабым углом



смешивания. Измерение этой зависимости позволяет извлечь угол смешивания с меньшей систематической ошибкой, модельно не зависимым способом. В настоящее время в эксперименте ATLAS выполняется работа по измерению данной зависимости с помощью методики разработанной в диссертационной работе с целью прецизионного измерения электрослабого угла смешивания.

Измерение зависимостей полного набора угловых коэффициентов от поперечного импульса позволяет восстановить спектр Z-бозонов по поперечному импульсу. Данный метод позволяет существенно уменьшить экспериментальные систематические ошибки по сравнению с прямыми измерениями спектра Z-бозонов по поперечному импульсу, особенно в области малых  $p_T^Z$ , которая наиболее интересна для сравнения с теоретическими расчетами, выполненными методом ресуммирования. Основываясь на результатах данной работы эксперимент ATLAS приступил к измерению спектра Z-бозонов по поперечному импульсу из данных по угловым поляризационным коэффициентам.

В целом можно сделать заключение о том, что результаты по первому измерению полного набора поляризационных угловых коэффициентов открывают новое направление в исследовании калибровочных бозонов на коллайдере LHC.

Вторая задача, которая успешно решена в диссертации, это создание детектора переходного излучения TRT на базе дрейфовых трубок для передней части внутреннего детектора эксперимента ATLAS. Детектор TRT позволяет не только восстанавливать треки заряженных частиц, но и выполнять дополнительную идентификацию электронов и подавление пионного фона, используя эффект переходного излучения. Созданный детектор TRT успешно работает в условиях больших нагрузок, обусловленных большой светимостью и большой частоты протон-протонных столкновений, достигнутой на коллайдере LHC. Впервые детектор переходного излучения работает в коллайдерном эксперименте.

Идентификация электронов с помощью детектора TRT использовалась для регистрации распадов Z-бозонов на электрон-позитронные пары. Это позволило дополнительно подавить КХД фон от двух-струйных процессов и значительно улучшить систематические ошибки измерения угловых коэффициентов.

Отражение в автореферате обширного списка публикаций и апробации результатов диссертационного исследования свидетельствует о весомом личном практическом вкладе О. Л. Федина.

В целом, автореферат написан хорошим языком, материал излагается последовательно и в достаточном для понимания объеме. Оформление автореферата соответствует требованиям, устанавливаемым Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации, а его автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Бердников Ярослав Александрович  
доктор физ.-мат. наук, профессор

Зав. каф. «Экспериментальная ядерная физика»

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Адрес: Ул. Политехническая 29, Санкт Петербург, 195251

тел.: +79214019442

WEB: nuph@spbstu.ru

Email: berdnikov@spbstu.ru

30 мая 2018

