

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Верхеева Александра Юрьевича
«Изучение процессов с рождением прямых фотонов и ассоциированных адронных струй в эксперименте D0 на Тэватроне»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

Диссертационная работа Верхеева Александра Юрьевича “Изучение процессов с рождением прямых фотонов и ассоциированных адронных струй в эксперименте D0 на Тэватроне” посвящена изучению ряда интегральных и дифференциальных характеристик процессов с рождением прямых фотонов и ассоциированных адронных струй в эксперименте D0 на ускорителе Тэватрон в Фермилаб (США).

Актуальность работы определяется важностью этих измерений как одного из ключевых тестов квантовой хромодинамики (КХД), позволяющего расширить наши представления о жёстких КХД взаимодействиях, а также возможностью точной настройки различных Монте-Карло (MC) моделей для моделирования мультипартонных взаимодействий (MPI). Такие модели нужны для более точной оценки фонов в ряде измерений, таких как измерение массы t-кварка и поиски новой физики. Теоретические предсказания рождения новых частиц, а также оценка вклада фоновых событий к ним используют разные параметризации кварк-глюонных компонент структурных функций протона при различных значениях доли партонного момента x и квадрата переданного импульса Q^2 . Поэтому измерение распределения партонов в адроне (PDF) представляет большой интерес. Изучение процессов ассоциированного рождения прямого фотона и адронных струй в физике высоких энергий может улучшить представление о зависимости кварковых и глюонных распределений от передачи импульса от сталкивающихся адронов партонам.

Целью представленных в диссертации работ является изучение инклюзивных процессов, в которых рождаются фотон и ассоциированные с ним струи в антипротон-протонных столкновениях при энергии 1.96 ТэВ в системе центра масс.

Диссертационная работа Верхеева А.Ю. представлена на 143 страницах текста и состоит из введения, шести глав, заключения, двух приложений и библиографии, содержащей 140 наименований.

В её первой главе приводится краткое описание Стандартной модели и КХД, даётся общее описание изучаемых процессов, в результате которых рождаются прямой фотон и ассоциированные с ним адронные струи, а также рассматривается природа мультипартонных взаимодействий в событиях, содержащих фотон и струи.

Во второй главе диссертации описывается ускорительный комплекс Тэватрон и детектор D0.

В третьей части диссертации рассматривается триггерная система отбора событий, применяемая в эксперименте D0, а также алгоритмы реконструкции физических объектов.

Четвёртая глава диссертации посвящена измерению тройного дифференциального сечения процессов с рождением прямого фотона и адронной струи в ppbar столкновениях с энергией $\sqrt{s}=1.96$ ТэВ в системе центра масс. Найденные сечения сравниваются с предсказаниями, полученными с помощью Монте-Карло (MC) генераторов sherpa, pythia и jetphox.

В пятой главе диссертации представлены результаты измерения угловых корреляций в $\gamma + 2 \text{ jet}$ и $\gamma + 3 \text{ jet}$ событиях и описываются измерения нормированных дифференциальных сечений как функций азимутальных углов в четырёх интервалах поперечного импульса второй струи. Дополнительно получены результаты по сравнению влияния вклада различных структурных функций (PDFs), которые используются в MC предсказаниях. Также измеряются доли двойных и тройных партонных взаимодействий в $\gamma + 2 \text{ jet}$ и $\gamma + 3 \text{ jet}$ событиях.

Шестая глава диссертации посвящена измерению эффективных сечений в $\gamma + 3 \text{ jet}$ и $\gamma + b/c + 2 \text{ jet}$ ("тяжёлые кварки") событиях.

В заключении А приведены таблицы с окончательными значениями тройных дифференциальных сечений процессов с рождением прямого фотона и адронной струи. Также представлены статические и систематические неопределенности для них.

В заключении Б рассматриваются дополнительные модели, используемые для извлечения доли двойных партонных взаимодействий в процессах, содержащих фотон и три адронных струи.

Автореферат соответствует диссертации и отражает содержание работы достаточно полно.

Диссертационная работа содержит значительное количество **новых** результатов:

- 1) В 16-ти различных кинематических областях измерено тройное дифференциальное сечение процессов с рождением прямого фотона и ассоциированной струи, что позволило покрыть весьма широкую область в x - Q^2 пространстве ($0.001 < x < 1$ и $400 < Q^2 < 1.6 \times 10^5 \text{ GeV}^2$) при использовании интегральной светимости $L = 8.7 \text{ фб}^{-1}$. Впервые проведено измерение распределения сечений рождённых прямых фотонов в области их быстрот с $1.5 < |y^{\text{gamma}}| < 2.5$. Использование такого большого объёма данных позволило достичь большей точности на момент написания диссертации по сравнению с измерениями, выполненными на ускорителях Тэватрон и ЛНС. Данное измерение может быть использовано для более детального изучения структуры протонов.
- 2) Сделаны выборки событий с $\text{gamma} + 2 \text{ jet}$ и $\text{gamma} + 3 \text{ jet}$ партонными процессами, соответствующие интегральной светимости $L = 1 \text{ фб}^{-1}$. Они были использованы для изучения азимутальных корреляций, определения доли двойных партонных взаимодействий и тестирования различных моделей мультипартонных взаимодействий (MPI). С высокой точностью измерено значение эффективного сечения σ_{eff} , параметра, характеризующего поперечное партонное распределение в нуклоне и входящее в формулу для вычисления сечения двойных партонных взаимодействий. Впервые вычислены доли тройных партонных взаимодействий в $\text{gamma} + 3 \text{ jet}$ событиях.
- 3) Впервые эффективного сечения σ_{eff} , в $\text{gamma} + b/c + 2 \text{ jet}$ событиях, содержащих струю, произошедшую из тяжёлого кварка (b/c) при более высокой светимости $L = 8.7 \text{ фб}^{-1}$. Также, впервые показано, что, несмотря на разницу в массах между тяжёлыми и легкими кварками, параметр σ_{eff} не меняется.

По содержанию работы, в основном по тексту диссертации, есть несколько замечаний. Первая группа замечаний относится к тому, что в диссертации отсутствует информация о нескольких важных моментах работы и свойствах детектора и коллайдера.

- 1) При описании измерения дифференциального по p_T сечения не упоминается анфолдинг. Неясно, применялся ли он, и если нет, то почему.
- 2) Замечание, связанное с предыдущим. При описании калориметра приводится общая формула для разрешения по энергии, но сами разрешения не приводятся. Также не приводится разрешение по измеренной энергии и по углу гамма. Поэтому трудно оценить насколько важен анфолдинг.

- 3) Полностью отсутствует описание организации программного обеспечения детектора D0.
- 4) Полностью отсутствует описание моделирования прохождения частиц через детектор и отклика детектора. Невозможно даже понять, использовался ли GEANT3 или GEANT4, ссылка сделана на оба пакета. Между тем в работе широко применялись именно результаты симуляции для определения ряда поправок.
- 5) Определение светимости, которое дано в диссертации, неполное, в частности не видно от чего она зависит.
- 6) Некоторые понятия используются без предварительного определения, например масштабированный (prescaled) триггер.

Минимальная информация по пунктам, указанным выше, заняла бы 3 – 5 страниц, что немного по сравнению с общим объемом диссертации.

Следующая группа замечаний связана с языком диссертации. Возможно эта проблема возникла из-за использования автоматического переводчика.

- 1) Некоторые слова не переведены, например фракция (по-русски доля).
- 2) Некоторые слова переведены неправильно (“наборы”, нужно “выборки”).
- 3) Порядок слов во многих местах английский вместо русского.
- 4) Встречается жаргон, например “при использовании интегральной светимости” (нужно: “при использовании данных, соответствующих интегральной светимости”).
- 5) Некоторые другие ошибки в переводе и опечатки.

Сделанные замечания не умаляют значения полученных результатов и не снижают высокого научного уровня диссертации. По материалам, на которых основана диссертация, опубликовано 4 работы, 3 из которых в рецензируемых журналах, удовлетворяющих требованиям Высшей аттестационной комиссии, одна в сборнике трудов конференции. Работа апробирована диссертантом в ходе российских и международных школ и научных конференций.

Диссертация является значительной научно-исследовательской работой, выполненной автором на высоком научном уровне.

Результаты, изложенные в диссертации, могут быть использованы для:

- а) более детального изучения структуры протонов и наложения более строгих ограничений на PDF в новых x - и Q^2 - кинематических областях;

б) уменьшения систематических неопределенностей при поиске/измерении физических объектов и оценки фоновых событий, связанных с выбором MC модели, реализующей мультипартонные взаимодействия.

в) Методы анализа данных, разработанные в эксперименте D0, могут быть использовано для расширения исследований в новых и уже действующих экспериментах.

Диссертация Верхеева Александра Юрьевича «Изучение процессов с рождением прямых фотонов и ассоциированных адронных струй в эксперименте D0 на Тэватроне» полностью отвечает требованиям Раздела II «Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемых к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата наук, а сам диссертант заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

Официальный оппонент,
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник,
Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение Науки
Институт Ядерных Исследований РАН
117312, Москва, В-312, проспект 60-летия Октября, 7а
email: Mikhail.Kirsanov@cern.ch телефон: 8 (910) 428-29-23

Кирсанов М.М.

10 марта 2016 г. *М.М. Кирсанов*

Подпись кандидата физико-математических наук старшего научного сотрудника ИЯИ
РАН Кирсанова М.М. удостоверяю

Учёный секретарь ИЯИ РАН



Селидовкин А.М.