

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Голованова Георгия Анатольевича "Многочастичные взаимодействия в протон-антипротонных столкновениях в эксперименте D0 на коллайдере Тэватрон", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16-физика ядра и элементарных частиц

Основной целью данной диссертации является исследование характеристик процессов ассоциативного рождения струй в протон-антипротонных столкновениях при энергии 1.96 ТэВ. Рассматриваемые характеристики измерялись на недавно завершившем свою деятельность ускорителе Тэватрон (Лаборатория им. Ферми, США) международными коллаборациями CDF и D0, результаты которой, полученные при непосредственном участии Голованова Георгия Анатольевича, составляют экспериментальную основу данной работы. Конкретные измерения и вошедшие в диссертацию обработки полученных данных нацелены на изучение возможности развития методов современной теории сильных взаимодействий - квантовой хромодинамики (КХД), направленных на описание взаимодействия между образующими струи несколькими партонами, не столь ярко проявлявшихся в более ранних экспериментах при более низких энергиях на детекторе UA2 -коллаборации и установке ISR на SpS коллайдере в ЦЕРН, Швейцария.

Привлекательной стороной представленных в диссертации исследований является их логическая связь с проводящимися в настоящее время исследованиями аналогичных многоструйных процессов при более высоких энергиях на действующем протон-протонном Большом адронном коллайдере LHC в международном центре ЦЕРН (Швейцария). При этом программа части уже проведенных на LHC экспериментов и их теоретическая обработка во многом опирается на вошедшие в диссертацию результаты, полученные ее автором в составе международной коллаборации D0 в Фермилабе. Весьма актуальной является выполненная с коллегами из ОИЯИ (Дубна) авторская работа по оценке связанного с изучавшимся при обработке данных Тэватрона фона 2-х партонового КХД взаимодействия к сигналу распада на пару $b\bar{b}$ -кварков бозона Хиггса Стандартной Модели электрослабых взаимодействий, извлеченных из сохраненных данных $p\bar{p}$ коллайдера в Фермилабе лишь после достоверного обнаружения на LHC этой долгожданной частицы с массой 125 ГэВ.

В связи с отсутствием доказательства свойства удержания (конфайнмента) партонов в адронах существующие в настоящее время модели структуры адронов во многом носят феноменологический характер. Это требует привлечения как низкоэнергетических, так и высокоэнергетических экспериментальных данных для фиксации (или оценки) существующих в различных моделях характерных параметров. Вошедшие в диссертацию результаты по измерению коллаборацией D0 доли событий, связанных с проявлением двух-партоновых взаимодействий в описании данных для процесса $p\bar{p} \rightarrow \gamma + 3$ адронные струи и определение зависимости от поперечного импульса следующей за лидирующей струи трехструйных событий эффективного сечения много-партоновых взаимодействий представляются мне наиболее важными защищаемыми автором результатами.

Проведенные исследования возможности описания полученных трех экспериментальных значений, приведенных на рисунке 4.13 и в таблице 4.7 четвертой Главы данной работы методами КХД являются украшением диссертации. Они уже инициировали целый ряд научных работ, появившихся после опубликования результатов диссертации в ведущих научных журналах. К числу наиболее интересных недавних исследований относится работа Б.Блока, Ю.Л. Докшитцера, Л. Франкфурта и М. Стрикмана, Eur.Phys. J. C74 (2014) 2926, в которой полученные в диссертации данные были описаны методами теретико-возмущенческой КХД, дополненной непертурбативными условиями, фиксированными из сохраненных данных электрон-протонного коллайдера HERA (Гамбург, Германия). Другим важным развитием результатов более экспериментально-направленной диссертации явилась разработка обобщения использовавшихся методов на случай актуального в настоящее время для ЛНС изучения процессов трех-партонового рассеяния в рамках КХД (см. А.М. Снигирев, Phys. Rev. D94 (2016) 034026).

Подчеркну, что для представления и анализа приведенных в диссертации экспериментальных результатов автором был написан целый комплекс дополнительных компьютерных программ и продемонстрировано искусство владения искусственными нейронными сетями для разделения сигнальных и фоновых событий к процессу “фотон+3 адронные струи”, а так-же понимание устройства активно используемых для моделирования различных процессов в постоянно обновляемых известных компьютерных программ PITHIA, SHERPA и HERWIG.

Диссертация Голованова Г.А. представлена на 149 стр. и состоит из введения, пяти глав текста, заключения, четырех приложений и библиографии, содержащей упоминание 111 научных источников.

Введение содержит авторское обоснование актуальности исследований, проведенных в данной диссертации. Приводятся формулировки целей и задач работы, кратко описывается ее структура. Первая Глава посвящена теоретическому обсуждению методов описания в рамках теоретико-возмущенческой КХД процессов жесткого взаимодействия кварков и глюонов и обоснованию возможности наблюдения процессов с многопартонными взаимодействиями и определению извлекаемого из экспериментальных данных для процессов с многопартонными взаимодействиями параметра, имеющего название эффективного сечения σ_{eff} , который выражается через сечения инклюзивных процессов с многопартонным взаимодействием (в изучаемом в диссертации процессе автор ограничивается определением этой величины для реакций с двухпартонными взаимодействиями).

В первой части второй Главы диссертации описывается конструкция активно работавшего на протяжении многих лет коллайдера Тэватрон. Во второй ее части детально обсуждается установка D0. Эта менее обзорная часть написана автором с глубоким пониманием детектора, что говорит о его реальном вкладе в проведение вошедших в диссертацию экспериментальных исследований, выполненных в составе большой международной коллаборации специалистов.

Перечислю наиболее важные экспериментальные результаты диссертации, содержащиеся в ее III, IV и V главах.

- Изучены кинематические свойства процессов, в которых в $p\bar{p}$ - соударениях явно регистрируется фотон с поперечным импульсом в области изменения от 30 до 400 ГэВ и адронные струи с $p_T=15$ ГэВ. Представлены результаты измерения трижды дифференциального сечения данного процесса и исследована зависимость этого сечения от поперечного импульса фотона при различных взаимных конфигурациях фотона и струи.
- Измерены доли подпроцессов с двухпартонными взаимодействиями в реакции $p\bar{p} \rightarrow \gamma + 3$ струи.

Следующие два результата диссертации связаны с обработкой экспериментальных данных для эффективного сечения σ_{eff} , полученных на установке D0.

- При определяющей роли автора диссертации создан комплекс компьютерных программ для моделирования сигнальных событий с многопартоными взаимодействиями .
- Предложена новая методика, минимизирующая модельную зависимость результатов измерений доли подпроцессов с двухпартоными взаимодействиями в событиях с конечными состояниями $p\bar{p} \rightarrow \gamma + 3$ струи.

Основным результатом диссертации является наиболее точное на момент опубликования работы коллаборации D0 измерение величины σ_{eff} . Как продемонстрировано Рис.4.14 результаты измерений находятся в хорошем согласии с аналогичными измерениями на ISR и результатами коллабораций UA2, CDF, другими данными коллаборации D0 и полученными позднее результатами коллабораций LHCb , а также ATLAS и CMS (но с большими ошибками и при изучении лишь 2-х адронных струй в конечном состоянии).

Актуальность описанного в Главе V заключительного результата, имеющего отношение к оценке КХД фона от проявления двух-партоных событий к сигналам процесса $p\bar{p} \rightarrow W + H + l\nu + \bar{b}b$ уже упоминалась мною выше.

Прочтение диссертации приводит к благоприятному впечатлению об экспериментальной квалификации ее автора, его интересу к пониманию теоретического объяснения полученных результатов и об отличном владении современными компьютерными программами моделирования экспериментальных результатов.

Следует отметить, что диссертант сформировался как состоявшийся специалист не только в процессе его работы в ОИЯИ, но и при свободных контактах с членами коллаборации D0 в Фермилабе. К сожалению, у этого достоинства есть и обратная сторона. Теоретическое введение в диссертацию во многом напоминает “кальку” с англо-язычного изложения. При этом бросается в глаза, что теоретическое введение написано хоть по существу правильно, но небрежно. В ряде формул замечены очевидные опечатки и недочеты. Так трехрешетное определение ренорм-групповой β -функции КХД, впервые аналитически вычисленное в ЛТФ ОИЯИ в 1979 г., приведено в формуле (1.4) с очевидной (но устранимой) опечаткой. Далее, функции партоных распределений в формулах (1.6),(1.7) и (1.9) имеют различные обозначения (в формулах (1.6)-(1.7) для их обозначения используются заглавные буквы английского алфавита F , а в формуле (1.9)-строчечные f).


В описательной и вводной частях диссертации встечаются и более серьезные теоретические недочеты и некорректные утверждения. Например, несмотря на то, что обработка данных проводится в следующем за лидирующем порядке теории возмущений в КХД, определение константы связи КХД в формуле (1.5) приведено лишь в лидирующем приближении, в котором упомянутое значение масштабного параметра КХД $\Lambda = 200$ МэВ имеет существенные неопределенности. Это определение не состыкуется с приведенной на Рисунке 1.1. энергетической зависимости константы связи КХД, извлеченной из характеристик различных процессов с учетом высших поправок ТВ КХД как к эволюции константы связи, так и к обсуждаемым физическим величинам. Более того, приведенное в формуле (1.5) определение не состыкуется со средне-мировым значением этого параметра $\alpha_s(M_Z) \approx 0.1185$ (см Рисунок 1.1).

Следует однако подчеркнуть, что при обсуждении партонных распределений группы STEQ6.5M автор диссертации проявил большую теоретическую осведомленность и выделил использующийся в компьютерном пакете JETPHOX нестандартный подход к определению масштабов перенормировки, факторизации и фрагментации в этих партонных распределениях. Данное обсуждение позволяет понять, что использовавшийся подход фиксации масштабов имеет аналогию с определением масштабов перенормировки и факторизации с помощью широко применяющемся в ряде других случаев метода Бродского-Лепаж-Маккензи. Напомню что как показано в ряде работ коллег из ЛТФ и автора данного отзыва, этот метод удается согласовать с общими принципами метода ренормализационной группы, детально разработанного в работах Боголюбова и Ширкова.

К недостаткам диссертации следует отнести и допущенные недочеты при цитировании ряда работ. Так в ссылке 13 имеет такой вид- Stirling W.J. private communication - не указана дата этого сообщения. На мой взгляд в этом месте следовало бы уточнить ссылку на Рисунок 1.3 построенный уже после однозначного обнаружения бозона Хиггса на ЛНС. Аналогичная неточность встречается в ссылке 80 "This scale choice is suggested by M.Fontannaz and J.P. Guillet. Private communication"- Не исключаю что и эту ссылку можно было бы уточнить. В дальнейшем рекомендую автору внимательнее относиться к цитированию коллег и ссылаться лучше на опубликованные работы или всем доступные сайты Интернета.

Сделанные замечания не снижают ценность всей диссертации в целом и могут рассматриваться как пожелания более внимательно и тщательно относиться к написанию дальнейших работ. Так же хочется выразить пожелание Голованову Георгию Анатольевичу не терять из виду тематику, существенно связанную с его диссертационной работой, а попробовать использовать свой накопленный опыт по крайней мере в стимулировании предложений продолжать аналогичные исследования на ЛНС в составе коллаборации CMS, в которой сотрудники ОИЯИ принимают активное участие.

Резюмирую отзыв прдчеркну, что диссертация Голованова Г.А. основана на результатах, доложенных на отечественных и международных конференциях, регулярных сессиях коллаборации D0 и на семинаре ИЯИ РАН. В ее основе лежат 4 работы, опубликованные в авторитетных журналах, котрые имеют высокий индекс цитирования, и один опубликованный авторский доклад на конференции 2012 г в Германии. Из содержания диссертации следует вывод что в используемых совместных работах с коллегами из коллаборации автор играл определяющую роль. Полученные результаты уже активно используются в экспериментальных и теоретических исследованиях, проводимых в крупнейших научных центрах мира и Российской Федерации. Содержание автореферата в полной мере отражает содержание диссертации. Работа Голованова Георгия Анатольевича выполнена на высоком научном уровне и полностью удовлетворяет требованиям Раздела II “Положения о порядке присуждения ученых степеней”, предъявляемым к диссертационным работам на соискание степени кандидата наук, а ее автор безусловно достоин присвоения звания кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник, Федерального Государственного Бюджетного
Учреждения Науки Институт Ядерных Исследований РАН
117312 Россия, Москва В-312, проспект 60-летия Октября 7а,
Катаев А.Л. 
e-mail:kataev@inr.ac.ru, телефон: 8(495)133-65-33

Подпись доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника
ИЯИ РАН Катаева А.Л. удостоверяю.

Заместитель директора ИЯИ РАН кандидат физ-мат наук Рубцов Г.И.

