

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

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

Александр Юрьевич Верхеев начал работать с 2006 года в Лаборатории ядерных проблем им. В.П. Дзелепова Объединенного института ядерных исследований как студент пятого курса Самарского государственного университета, проходивший также обучение в Учебно-научном Центре ОИЯИ. С самого начала он принимал участие в работе, выполняемой в секторе ТФАФВЭ ЛЯП, связанной с физико-теоретическим анализом экспериментальных данных, получаемых во время работы сектора в эксперименте D0 в ускорительном центре Фермилаб (Батавия, Чикаго) на антипротон-протонном коллайдере при энергии сталкивающихся пучков $\sqrt{s} = 1.96$ ГэВ. Во время производственной практики он разработал программное обеспечение для визуализации распределения конечных продуктов процессов столкновения, которые генерировались методом Монте-Карло для моделирования антипротон-протонных реакций. Проявленная им способность работать одновременно по нескольким необходимым областям способствовала его зачислению в аспирантуру УНЦ и дальнейшему росту его научного кругозора.

Основная задача, которая была поставлена перед А.Ю. Верхеевым, это участие в изучении процессов с рождением «прямых» фотонов и адронных струй при высоких энергиях. Интерес к такому процессу состоит (и будет состоять по мере роста энергий коллайдеров, например, в ЦЕРН ныне разрабатывается план будущего коллайдера с энергией в 100 TeV, FCC) в том, что он позволяет получить информацию о структуре протонов в новой, кинематической области бьёркенских переменных x и Q^2 , ранее недоступной для других крупных экспериментов как в ЦЕРН (UA2) и в Фермилаб (D0 и CDF), в которых статистики хватало лишь на изучение событий с рождением «прямых» фотонов без осуществления регистрации адронных струй. Добавление же струй гарантирует, что такие события в основном происходят непосредственно через «калибровочные» КХД кварк-партоновые процессы, а именно кварк-антикварк аннигиляция “quark+antiquark→gamma+gluon” и процесс “quark+gluon→quark+gamma” («комптоновское» рассеяние).

Такое измерение было впервые выполнено для тройного дифференциального сечения процесса с рождением прямого фотона и адронной струи при 1.0 fb^{-1} в 2008 году дубненской КХД группой, состоявшей в начале из 3-х сотрудников ТФАФВЭ и в которую позднее был включён А.Ю. Верхеев для дальнейшего развития этого направления по мере роста набора данных эксперимента D0. Считаю необходимым отметить, что А.Ю. Верхеев внёс весьма большой вклад в дальнейшее второе измерение процесса «фотон + струя», которое превысило более чем в 8 раз количество данных предыдущего первого измерения нашей группы и завершилось в 2013 году публикацией в Phys. Rev. D88 (2013) 072008. Были впервые измерены в 16 различных кинематических областях тройные дифференциальные сечения процессов с рождением прямого фотона и ассоциированной струи, что позволило покрыть весьма широкую область в x - Q^2 пространстве ($0.001 \leq x \leq 1.0$ и $400 \leq Q^2 \leq 1.6 \times 10^5 \text{ GeV}^2$) и в области быстрот фотона $|y| < 1.0$ и $1.5 < |y| < 2.5$ при интегральной светимости 8.7 fb^{-1} . Использование столь большого набора данных позволило достичь большей точности по сравнению с предыдущими измерениями на ускорителях Тэватрон и БАК. Также осуществлено сравнение полученных результатов с теоретическими предсказаниями. Установлено, что проделанные исследования позволяют увеличить точность измерения процессов с рождением прямых фотонов.

Следующим весьма важным шагом в развитии изучения роли прямых фотонов был существенный вклад А.Ю. Верхеева в измерение событий с этими фотонами, но содержащие большее количество высокоэнергичных адронных струй. Он активно участвовал во впервые выполненном наборе $\gamma + 3$ струи и $\gamma + 2$ струи событий при интегральной светимости 1.0 фб^{-1} . Полученные данные были использованы для измерения дифференциальных сечений как функций азимутальных углов в четырёх интервалах по поперечному импульсу второй струи, $(1/\sigma'3j)d\sigma'3j/d_s$ и $(1/\sigma'2j)d\sigma'2j/d_\phi$. Здесь d_s – это азимутальный угол между двумя поперечными векторами. Первый вектор состоит из суммы поперечного импульса фотона P_T' и поперечного импульса лидирующей (первой) струи P_T^{jet} . Второй вектор – это аналогичная сумма поперечных импульсов второй и третьей струй. Угол d_ϕ аналогичен углу d_s , но отличается тем, что второй вектор включает лишь вторую струю. Полученные результаты были использованы для тестирования различных вариантов структурных функций (PDF) (см. Phys. Rev. D83 (2011), 052008). Впервые определены фракции тройных партонных взаимодействий в $\gamma + 3$ струи событиях.


Особо интересный результат, с определяющим вкладом А.Ю. Верхеева, был получен путём осуществления впервые выполненного измерения значения параметра σ_{eff} , характеризующего поперечное распределение кварков в нуклоне, в процессах ранее не изученного «фотон + 3 струи» типа, когда одна из струй несёт фиксированное значение аромата кварка. Измерение сечений и других параметров при интегральной светимости 8.7 фб^{-1} показало, что в пределах ошибок значение параметра σ_{eff} в $\gamma + b/c + 2$ струи событий, содержащих струю, произошедшую из тяжёлого кварка (b/c), согласуется с σ_{eff} предыдущих наших измерений. Таким образом, впервые показано, что несмотря на разницу в массах между тяжелыми и легкими кварками, значение параметра σ_{eff} не меняется (Phys.Rev. D89 (2014), 072006).

Надо также отметить, что кроме уже указанных выше, А.Ю.Верхеев является соавтором ещё 2-х публикаций по теме измерения в коллаборации D0 «фотон + струи» событий, а так же 2-х препринтов, содержащих описание разработанных им программ для визуализации моделей сгенерированных с помощью Монте-Карло физических процессов. Он также выступал 3 раза с докладами от имени D0 на международных конференциях и 3 раза на конференциях в России.

В заключение хочу сказать, что с моей точки зрения Александр Юрьевич безусловно проявил себя как высоко квалифицированный физик, обладающий большим уровнем образования и работоспособности. Уверен, что эти его качества будут и далее развиваться и он сможет достигнуть новые результаты. Считаю, что А.Ю. Верхеев вполне достоин звания кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель,
начальник группы 1 НЭОФА ЛЯП,
д. ф.-м. н., профессор

Н.Б. Скачков

Подпись Скачкова Н.Б. 
Учёный секретарь ЛЯП ОИЯИ

И.В. Титкова

