

ИЗМЕРЕНИЕ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ НА ТЭВ-КОЛЛАЙДЕРАХ

Э.Э. Дустмуродов, Ф.Ш.Хусниддинов, О.А.Эгамбердиев, З.Л.Нумонов

Ташкентский государственный университет транспорта

eldordustmurodov@mail.ru

Мы изучили, что данные БАК для процессов стандартной модели (СМ) охватывают очень широкий кинематический диапазон, доступ к поперечным импульсам и массам порядка ТэВ и выше. Для точного понимания в таких масштабах необходимо учитывать электрослабые (ЭС) поправки более высокого порядка в дополнение к поправкам КХД.

Данные СМ, полученные при 7 ТэВ и 8 ТэВ, с их небольшими статистическими погрешностями и уменьшающимися (с течением времени) систематическими ошибками, полезны не только для проверки теоретических прогнозов, но и в качестве входных данных для глобальной функции распределения партонов (PDF).

Ключевые слова: функции распределение партонов (PDF), pA – протон-ядро, КХД – квантовая хромодинамика, NLO – рядом с ведущим порядком поперечное сечение.

MEASUREMENT OF THE STANDARD MODEL ON TEV COLLIDERS

Dustmurodov E.E, Xusniddinov F.SH, Egamberdiyev O.A, No'monov Z.L

Tashkent State University of Transport, Tashkent, Uzbekistan

eldordustmurodov@mail.ru

We studied that the LHC data for Standard Model (SM) processes cover a very wide kinematic range, access to transverse momenta and masses of the order of TeV and above. For an accurate understanding on such scales, higher order electroweak (EW) corrections must be taken into account in addition to higher order QCD corrections.

The SM data taken at 7 TeV and 8 TeV, with their small statistical errors and decreasing (over time) systematic errors, are useful not only for testing theoretical predictions, but also as input to the global parton distribution function (PDF).

Keywords: function of the parton distribution (PDF), pA – proton-nucleus, QCD – quantum chromodynamics, NLO – next-to-leading order cross section.

Введение. Среди различных механизмов образования бозона Хиггса (H) в рамках стандартной модели глюон-глюонный синтез (GGF) через виртуальную петлю из топ-кварков имеет наибольшее поперечное сечение на Большом адронном коллайдере (БАК). Хотя прямые измерения свойств бозона Хиггса в

этом канале, без применения каких-либо ограничений на дополнительные струи, затруднены из-за большого фона КХД, точные теоретические прогнозы для ассоциированного образования бозона Хиггса и струй в GGF важны по нескольким аспектам. С одной стороны, возможность надежной оценки теоретической неопределенности при наложении вето на джет в значительной степени зависит от знания инклюзивных и исключаяющих поперечных сечений образования бозона Хиггса и дополнительных струй, с другой стороны, образование бозона Хиггса вместе с двумя струями в GGF является одним из основных неприводимых предпосылок для получения бозона Хиггса. образование бозона Хиггса при векторном слиянии бозонов (VBF), которое позволяет непосредственно исследовать связь бозона Хиггса с другими электрослабыми бозонами.

Вклад ведущего порядка (LO) в образование бозона Хиггса в сочетании с двумя струями (H+2-струи) и тремя струями (H+3-струи), сохраняющий полную зависимость максимальной массы (m_t), был вычислен соответственно в ссылках [1]. Эти расчеты показали, что приближение большой верхней массы ($m_t \rightarrow \infty$) справедливо всякий раз, когда масса частицы Хиггса и рТ струй ненамного больше массы верхнего кварка. В представленных здесь результатах мы принимаем это приближение и вводим набор эффективных вершин, которые непосредственно связывают частицу Хиггса с двумя, тремя и четырьмя глюонами [2].

Результаты. Мы начнем наше обсуждение с представления нескольких предсказаний для распределения скорости бозона Хиггса на рис.1. На всех трех панелях этого рисунка мы показываем один и тот же прогноз NLO для производства H+3-струй (красные линии) и сравниваем его на двух левых панелях с двумя различными прогнозами точности LO для H +3-струй (синие линии). Мы наблюдаем большие, O (50%), положительные поправки, которые распределены почти равномерно по всему диапазону скорости H; они увеличиваются в прямой/обратной области. На крайней левой панели оба прогноза LO и NLO были получены из одного и того же набора NLO PDF, то есть CT10nlo. Как видно на средней панели, исправления уменьшаются на ~ 20%, если в качестве обработки используется порядок, который согласуется между PDF-файлами и вычислениями на уровне parton. Тогда половину эффекта можно просто отнести к большему значению $\alpha_s(M_Z)$ параметризации `cteq6l1`, которое мы использовали для вычисления результата LO на средней панели. Масштабные неопределенности центральных прогнозов показаны соответствующими конвертами того же цвета. Повышая точность описания до NLO, мы обнаруживаем уменьшение этих ошибок с $\pm 50\%$ до менее чем 30% по модулю, что также означает, что полосы изменения масштаба из довольно симметричных превращаются в довольно односторонние.

Это следствие установки центральных шкал/шкал по умолчанию именно там, где находится плоскогорье поперечного сечения NLO.

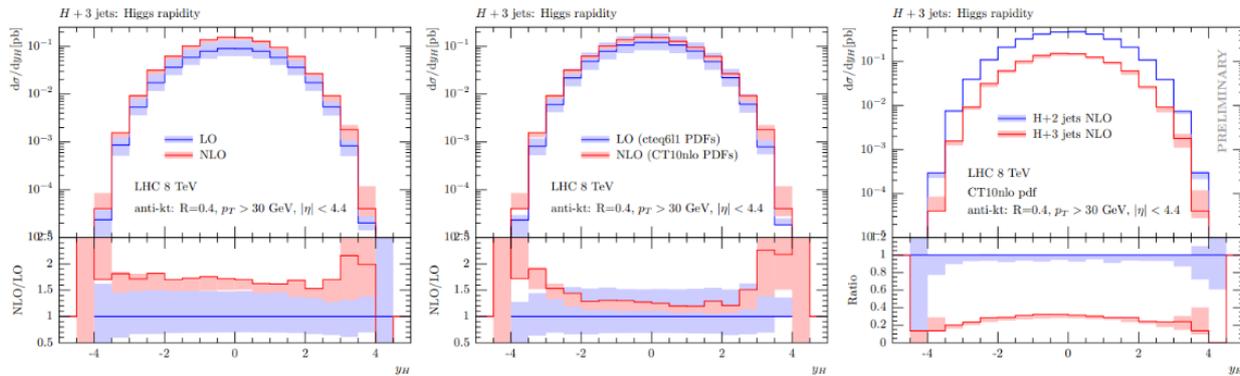


Рис.1: Распределения скоростей бозонов Хиггса и их неопределенности в масштабе $\mu_{R,F}$ (показаны полосами пастельного цвета) при образовании $H+3$ -струй на БАКЕ $E_{ст} = 8$ ТэВ. На двух графиках слева показано сравнение прогнозов NLO (красный) и LO (синий), где результат LO на левой панели был получен с использованием того же PDF-файла, что и для вычисления NLO. Графики соотношения внизу визуализируют изменение K-фактора в диапазоне скоростей бозона Хиггса. На самой правой панели сравниваются распределения y_H образцов NLO с 3-мя струями (красная) и 2-мя струями (синяя) (требуется только две маркирующие струи), а в нижней части показано их дифференциальное соотношение поперечных сечений.

График справа от рис.1 представляет собой прямое сравнение распределений y_H , полученных в образцах NLO с 2 струями (синий) и 3 струями (красный). Колебания масштаба приводят к O (20%) неопределенностям в довольно широком диапазоне y_H . Хотя две выборки NLO отличаются на порядок α_s , связанные с ними масштабные неопределенности сопоставимы по размеру и лишь несколько меньше для случая $H+2$ -jets. Поскольку нам не требуется больше двух маркирующих струй, линия $H+3$ -струй на нижнем графике фактически визуализирует количество $r^{3/2}$ по-разному в зависимости от y_H . Оно незначительно варьируется в пределах включительно, -0,3 значения, приведенного в таблице выше. Дифференциальное соотношение также показывает, что образование бозонов Хиггса в образце с 3 струями занимает несколько более центральное место, чем в образце с 2 струями [3].

Сосредоточив внимание на поперечных импульсах и скоростях струй p_t, H_j (левые столбцы) и y_j (правые столбцы), как показано для трех самых сильных струй на рис.2, мы замечаем, что они демонстрируют очень похожие характеристики изменения масштаба и уменьшения ошибок, как обсуждалось для спектров y_H , представленных на рис.1. Аналогично для поправок NLO на скорости струи, мы снова находим, что они довольно хорошо описываются

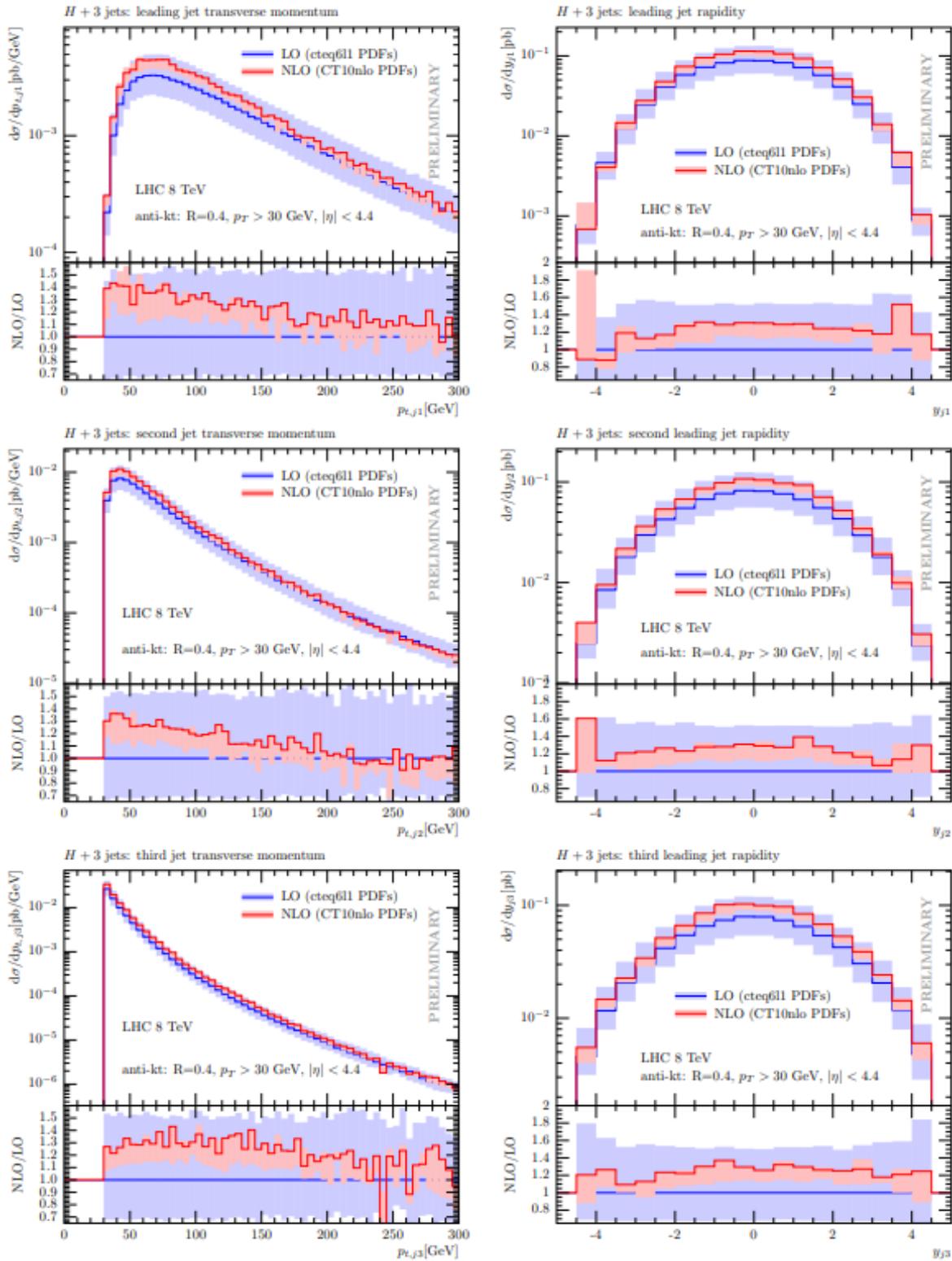


Рис.2: Образование бозона Хиггса плюс три струи в ведущем (синий) и следующем за ведущим (красный) порядках для протон-протонных столкновений при $E_{ст} = 8$ ТэВ. Поперечные моменты и скорости трех самых сильных струй показаны в левой и правой колонках соответственно. Размер погрешностей

шкалы был обозначен слегка окрашенными полосами, расположенными вокруг каждого центрального прогноза. Нижние графики показывают вариации К-фактора для каждой из этих наблюдаемых одиночных струй.

постоянными положительными сдвигами, которые здесь составляют порядка 20%, см. рис.2. В отличие от этого, все дифференциальные К-коэффициенты, связанные с распределениями p_t в струях на этом рисунке, показывают снижение в сторону больших значений p_t . Другими словами, даже несмотря на то, что скорость образования струи, связанной с Хиггсом, увеличивается при NLO, p_t -хвосты теряют твердость при принятии относительных мер. Это происходит из-за дополнительного излучения, уносимого из системы четвертой струей, которая смещает спектры всех остальных струй к более низким значениям[4].

Заключение. Воспользовавшись недавними разработками в области автоматизированного вычисления предсказаний NLO, мы сообщили о результатах КХД NLO в подобном АТЛАСУ анализе инклюзивного бозона Хиггса плюс 2-струйные и 3-струйные конечные состояния.

Амплитуды контуров были сгенерированы с помощью GoSam и вычислены с использованием новой разработки в области методов уменьшения подынтегральных выражений, основанной на разложении Лорана и реализованной в коде Ninja. Для интеграции амплитуд на уровне дерева и фазового пространства мы использовали Sherpa и MadGraph/Dipole/Event framework.

Мы считаем, что поправки NLO важны и приводят к существенному изменению скорости и твердости струи. На уровне общего включающего поперечного сечения мы обнаруживаем увеличение почти на 30% как для N+2-струй, так и для N+3-струй, в то время как изменение масштаба уменьшается примерно до 15%. Рассматривая дифференциальные распределения, мы наблюдаем, что распределения скоростей для бозона Хиггса и первых трех самых сильных струй получают положительный сдвиг примерно на 20%, что является довольно постоянным во всем кинематическом диапазоне. Вместо этого для поперечных распределений импульса струй мы наблюдаем уменьшение К-фактора в сторону больших значений p_t , тогда как в поперечном распределении импульса бозона Хиггса это уменьшение происходит очень медленно. Дифференциальные соотношения $r_{3/2}$ для скоростей довольно плоские и никогда не превышают 35%, однако в случае поперечного распределения импульсов они достигают 50% для ведущей струи и бозона Хиггса. Это показывает, что вкладом N+3-струй нельзя пренебрегать при инклюзивном анализе, чувствительном к

двум струям. Другой наблюдаемой величиной, в которой поправки NLO к N+3-струям играют важную роль, является распределение p_t в системе H_{j1j2} . Фактически, впервые распределение описано с точностью NLO для $p_t > 2p(jet) t, \min = 60$ ГэВ.

Было бы интересно изучить влияние поправок NLO, представленных здесь, при применении типичных сокращений VBF[6]. Современные инструменты Монте-Карло позволяют, кроме того, изучать эти поправки в согласованной системе NLO плюс parton shower framework, объединенной с прогнозами меньшей кратности. Мы откладываем эти исследования до будущей публикации.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. G. Soyez, Physics at TeV colliders: standard model working group report// High Energy Physics – Phenomenology, - 2014, vol.1, pp.1405-1607
2. Дустмуродов Э. Э. и др. ОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТИЦ ПРИ РЕЛЯТИВИСТСКОМ СТОЛКНОВЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР НА LHC (С ПОМОЩЬЮ GEANT4) //Science and Education. – 2020. – Т. 1. – №. 9. – С. 59-65.
3. Юлдашев, Б. С., Дустмуродов, Э. Э., Турдиев, Б. Р., & Файзиев, Т. Б. (2020). РОЖДЕНИЕ БЫСТРЫХ π^0 -МЕЗОНОВ В ЯДРО-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 4, 5 А ГэВ/с С РАСЧЁТАМИ ПО МОДЕЛИ FRITIOF. *Science and Education*, 1(4), 11-15.
4. Юлдашев, Б. С., Дустмуродов, Э. Э., Турдиев, Б. Р., & Файзиев, Т. Б. (2020). ПОНИМАНИЕ БОЗОНА ХИГГСА С ПОМОЩЬЮ LheC. *Science and Education*, 1(4), 16-21.
5. Дустмуродов Э. Э. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛЮОННО-ЯДЕРНОГО PDF С ТЯЖЕЛЫМ КВАРКОМ НА LHC //O‘ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI. – 2023. – Т. 2. – №. 18. – С. 798-802.
6. Хусниддинов Ф. Ш. ЗНАЧЕНИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЯДЕРНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ //Точная наука. – 2020. – №. 81. – С. 31-32.