

УДК 519.999

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХЧАСТИЧНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕЙТРАЛЬНЫХ БОЗОНОВ ХИГГСА МССМ С УЧЕТОМ ЮКАВСКИХ ОДНОПЕТЛЕВЫХ ПОПРАВOK¹

© 2006 Ю.П. Филиппов²

В работе представлены новые результаты расчета констант связи λ_{hhh} , λ_{hhH} с учетом юкавских однопетлевых поправок. Показано, что данные поправки являются значительными и должны быть учтены в расчете наблюдаемых. Выбор констант связи и методики их расчета основывается на последовательном анализе результатов теоретических и экспериментальных исследований последних лет, посвященных решению проблемы определения констант трехчастичного самодействия нейтральных бозонов Хиггса МССМ.

Введение

На сегодняшний день механизм генерации масс (МГМ) фундаментальных частиц не получил экспериментального обоснования. Ведущие коллаборации мира проводят активную работу по решению этой проблемы. Для полной экспериментальной верификации МГМ необходимо идентифицировать константы (каплинги)³ трех- и четырехчастичного взаимодействия бозонов Хиггса (БХ) [1].

В данной работе представлены новые результаты расчета каплингов λ_{hhh} , λ_{hhH} с учетом юкавских однопетлевых поправок. Показано, что данные поправки являются значительными и должны быть учтены в расчете наблюдаемых. Выбор каплингов и методики их расчета основываются на последовательном анализе результатов теоретических и экспериментальных исследований последних лет, посвященных решению проблемы определения каплингов трехчастичного взаимодействия нейтральных бозонов Хиггса МССМ.

¹Представлена доктором физико-математических наук И.П. Волобуевым.

²Филиппов Юрий Петрович (yuphil@front.ru), кафедра общей и теоретической физики Самарского государственного университета, 443011, Россия, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

³В англоязычной литературе указанные константы связи бозонов Хиггса принято называть каплингами (self-couplings). Отдавая дань общепринятому формализму англоязычной терминологии, мы будем в дальнейшем именовать указанные параметры каплингами.

1. Выбор каплингов для исследования на e^+e^- -коллайдере

В рамках МССМ предсказывается большое количество процессов, порождаемых e^+e^- — пучками и характеризующихся каплингами трехчастичного взаимодействия [2]:

$$\begin{aligned} \text{Хиггс-излучение} & : e^+e^- \rightarrow ZH_iH_j, & ZAA, \\ WW\text{-аннигиляция} & : e^+e^- \rightarrow \bar{\nu}_e\nu_e H_iH_j, & \bar{\nu}_e\nu_e AA, \\ \text{трехчаст. рождение БХ} & : e^+e^- \rightarrow AH_iH_j, & AAA, \quad [H_{i,j} = h, H]. \end{aligned}$$

Если бы сечения всех процессов были доступными на эксперименте, то можно было бы однозначно определить все каплинги трехчастичного взаимодействия (метод восходящей линии). Однако не все сечения смогут быть измерены на эксперименте, поскольку некоторые из них являются слишком малыми. В этом случае, проводя сравнительный анализ предсказаний теории с данными эксперимента для доступных каналов, фиксируя значения свободных параметров, можно строго определить каплинги взаимодействия БХ (метод нисходящей линии).

В отличие от СМ в рамках МССМ допускается производство тяжелого бозона Хиггса H , сопровождающееся резонансным распадом $H \rightarrow hh$. Данный распад играет важную роль в процессах производства БХ при условии, что масса последнего заключена в интервале $[200, 350]$ ГэВ, для малых значений $\tan\beta$ (~ 3) [3]. Согласно [2], резонансный распад H -бозона увеличивает полное сечение процесса парного рождения h -бозона на порядок величины, т.о. увеличивая возможность измерения каплинга λ_{hhH} .

Рассмотрим парное рождение БХ посредством механизма Хиггс-излучения. Дифференциальное сечение процессов $e^+e^- \rightarrow ZH_iH_j$ в случае неполяризованных пучков было представлено в работах [2, 4, 5], сечение процесса $e^+e^- \rightarrow ZAA$ — в работе [6]. На рис. 1 представлена зависимость полного сечения процесса $e^+e^- \rightarrow Zh h$ от массы БХ с учетом поляризации пучков, эффектов смешивания ($A = 1$ ТэВ, $\mu = -1(1)$ ТэВ), при энергии $\sqrt{s} = 500$ ГэВ для $\tan\beta = 3(50)$. Здесь точечная кривая характеризует поведение СМ-аналога, а пунктирная кривая определяет вклад резонансного распада $H \rightarrow hh$. Очевидно, что в случае, когда процесс не сопровождается резонансным распадом, сечение процесса в МССМ значительно меньше СМ-аналога. Однако, если распад $H \rightarrow hh$ является кинематически возможным, то полное сечение процесса возрастает на порядок величины. При достижении M_h максимального значения при фиксированном $\tan\beta$, массы H - и A -бозонов являются очень большими и соответствующие слагаемые амплитуды перестают давать существенный вклад в определение наблюдаемых (предел невзаимодействия), так что сечение процесса достигает величины сечения СМ-аналога. В этом пределе распад $H \rightarrow hh$ кинематически запре-

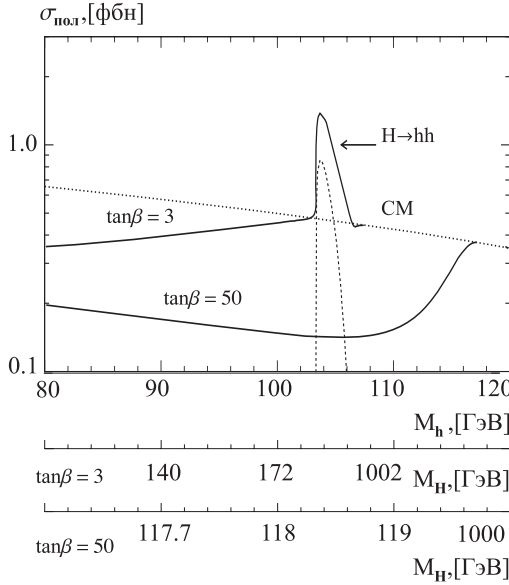


Рис. 1. Сечение процесса $e^+e^- \rightarrow Zhh$ при $\tan\beta = 3, 50$, $\sqrt{s} = 500$ ГэВ, $A = 1$ ТэВ, $\mu = \pm 1$ ТэВ

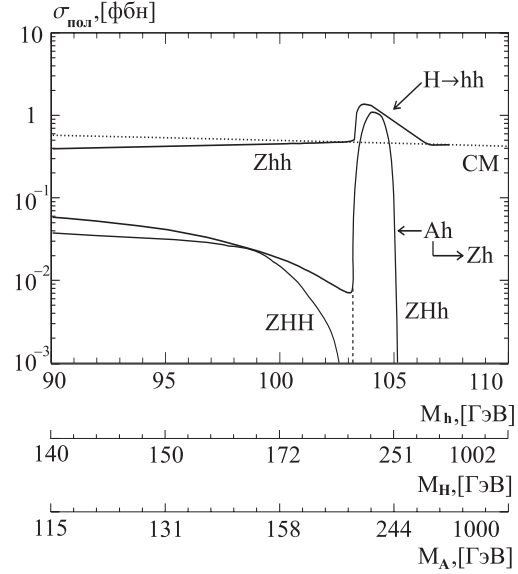


Рис. 2. Сечения процессов с конечными состояниями Zhh , ZHh and ZHH для $\sqrt{s} = 500$ ГэВ и $\tan\beta = 3$, $A = 1$ ТэВ, $\mu = -1$ ТэВ

щен, однако и здесь СМ-, МССМ-сечения имеют один порядок величины в силу малости вершины ZZH .

Сечения других процессов с учетом поляризации вместе с СМ — аналогом представлены на рис. 2. Здесь энергия в системе центра масс составляет 500 ГэВ и $\tan\beta = 3$. Очевидно, что в отдельных областях сечения процессов с конечными состояниями Zhh , ZHh , ZHH становятся одного порядка со значениями СМ-аналога.

Рассмотрим парное рождение БХ посредством WW -аннигиляции. Сечения процессов такого типа были вычислены без каких-либо приближений с учетом противоположной ориентации e^+e^- -пучков и представлены в работе [6]. Можно показать, что сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \bar{\nu} \nu hh$ существенно меньше своего СМ-аналога, за исключением той области пространства параметров модели, где возможен распад $H \rightarrow hh$ (при малых $\tan\beta$). При больших значениях $\tan\beta$ — сечение процесса подавлено по величине, т.к. резонансный распад запрещен, однако достигает значений сечения СМ-аналога в силу малости каплингов взаимодействия с калибровочными бозонами. При массах $M_H \ll 1$ ТэВ сечения процессов с конечными состояниями hh , Hh и HH приблизительно одного порядка с СМ-аналогом (см. рис. 3). Сравнительный анализ сечений процессов рождения трех БХ и соответствующих экспериментальных данных позволит получить дополнительную информацию о каплингах трехчастичного взаимодействия. Кроме того, это единственный источник информации о каплингах четырехчастичных взаимодействий.

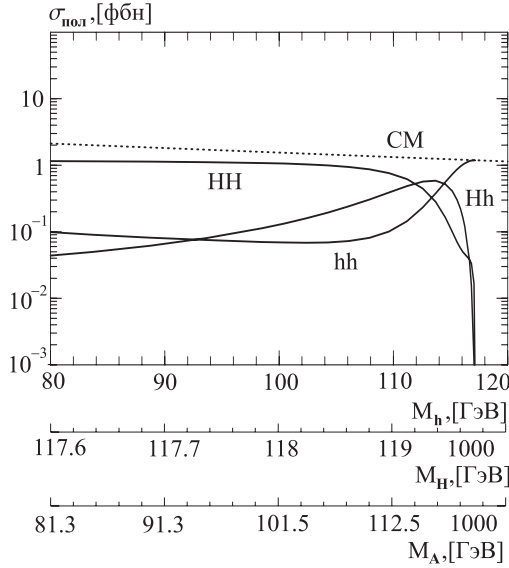


Рис. 3. Сечение процессов $e^+e^- \rightarrow \bar{\nu}_e \nu_e H_i H_j$ для $\sqrt{s} = 1.6$ ТэВ, $\tan\beta = 50$, $A = 1$ ТэВ, $\mu = 1$ ТэВ

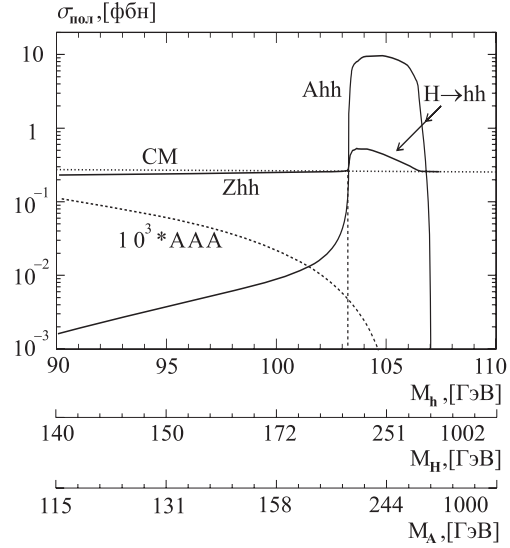


Рис. 4. Сечения процессов парного и трехчастичного рождения БХ при $\tan\beta = 3$, $\sqrt{s} = 1$ ТэВ, $A = 1$ ТэВ, $\mu = -1$ ТэВ

Сечения процессов $e^+e^- \rightarrow AH_i H_j$, $AAA[H_{i,j} = h, H]$ представлены в работе [6]. На рис. 4 представлены результаты для сечений процессов $e^+e^- \rightarrow Ahh(AAA)$ в сравнении с процессом Хиггс-излучения $e^+e^- \rightarrow Zh h$ и СМ-аналогом последнего. Очевидно, что сечения рассматриваемых процессов являются малыми в нерезонансной области. Если же распад $H \rightarrow hh$ кинематически разрешен, то сечение процесса возрастает приблизительно на три порядка величины. В допустимой области пространства параметров МС-СМ сечения процессов с тремя A -бозонами в конечном состоянии всегда являются малыми.

Для детального анализа возможностей определения каплингов взаимодействий БХ МССМ на эксперименте в работах [2, 4] был предложен *подход* с использованием областей чувствительности (ОЧ). Суть подхода — наглядное компактное представление информации о возможности измерения каплингов на эксперименте, на коллайдере с высокой светимостью, с учетом перечня ограничений, накладываемых возможностями коллайдера на величину сечения конкретного процесса, на чувствительность последнего к вариации каплинга и на число необходимых событий. Итоговые результаты представляются в виде контурных плотов в плоскости независимых параметров $[M_A, \tan\beta]$.

При построении ОЧ в указанных работах в качестве критерия выведения точки на плоскости $[M_A, \tan\beta]$, отвечающей возможности измерения каплинга трехчастичного взаимодействия в соответствующем процессе, принимается следующая система условий:

$$\begin{aligned} \text{(I)} \quad & \sigma[\lambda] > 0.01 \text{ фбн}, \\ \text{(II)} \quad & \text{eff}\{\lambda \rightarrow 0\} > 2 \text{ ст. откл. при } \int \mathcal{L} = 2 \text{ абн}^{-1}. \end{aligned} \quad (1.1)$$

Первое условие определяет величину минимального сечения исследуемого процесса, равную 0.01 фбн, соответствующую как минимум 20 событиям при интегральной светимости $\int \mathcal{L} = 2 \text{ абн}^{-1}$. Второе условие накладывает ограничение на величину вариации сечения процесса при исключении каплинга трехчастичного взаимодействия бозонов Хиггса из структуры последнего. Применение более строгих условий к сечению и его вариации не приводит к существенному изменению полученных результатов [5].

Можно выделить следующие особенности полученных результатов: (1) с ростом энергии процессов парного и трехчастичного рождения БХ от 0.5 до 1 ТэВ области чувствительности увеличиваются; (2) интерференционные эффекты играют важную роль в определении размера области чувствительности и в свою очередь зависят от $\tan \beta$; (3) при больших M_A области чувствительности ограничены эффектами фазового пространства, обусловленные малостью пропагаторов H - и A -бозонов; (4) показано, что лишь каплинги λ_{hhh} , λ_{hhH} доступны в измерении в большей части пространства параметров, в то время как для других каплингов — области чувствительности значительно меньше. Исследование ОЧ было выполнено без учета каких-либо экспериментальных ограничений и фоновых эффектов. Очевидно, что дополнительные экспериментальные ограничения могут лишь уменьшить площадь ОЧ.

2. Выбор каплингов для исследования на ЛНС

В рамках МССМ предсказывается множество процессов, определение сечений которых на ЛНС позволило бы зафиксировать значения каплингов трехчастичного взаимодействия МССМ [4, 7]:

$$\begin{aligned} \text{парное Хиггс-излучение} & : \bar{q}q \rightarrow W/Z + H_i H_j \quad \text{и} \quad W/Z + AA, \\ \text{трехчастичное производство БХ} & : \bar{q}q \rightarrow A H_i H_j \quad \text{и} \quad AAA, \\ WW/ZZ - \text{аннигиляция} & : qq \rightarrow qq + H_i H_j \quad \text{и} \quad qq + AA, \\ gg - \text{аннигиляция} & : gg \rightarrow H_i H_j, \quad H_i A \quad \text{и} \quad AA, \quad [H_{i,j} = h, H]. \end{aligned}$$

В работе [6] основное внимание было уделено анализу процессов парного рождения легчайшего БХ МССМ в протон-протонных столкновениях, т.е.

$$pp \rightarrow gg \rightarrow hh, \quad pp \rightarrow Z/W + hh \quad (A + hh),$$

поскольку основная часть области допустимых значений масс H - и A -бозонов отвечает тяжелым частицам и малым значениям сечений, за исключением случаев, сопровождающихся резонансным распадом тяжелых БХ [8]:

$$H \rightarrow hh, \quad A \rightarrow Zh, \quad H^\pm \rightarrow W^\pm h.$$

Результаты для сечений указанных процессов представлены на рис. 5. Отметим, что при малых $\tan\beta$ порядок величины сечения процесса такой же как в СМ (рис. 5.а).

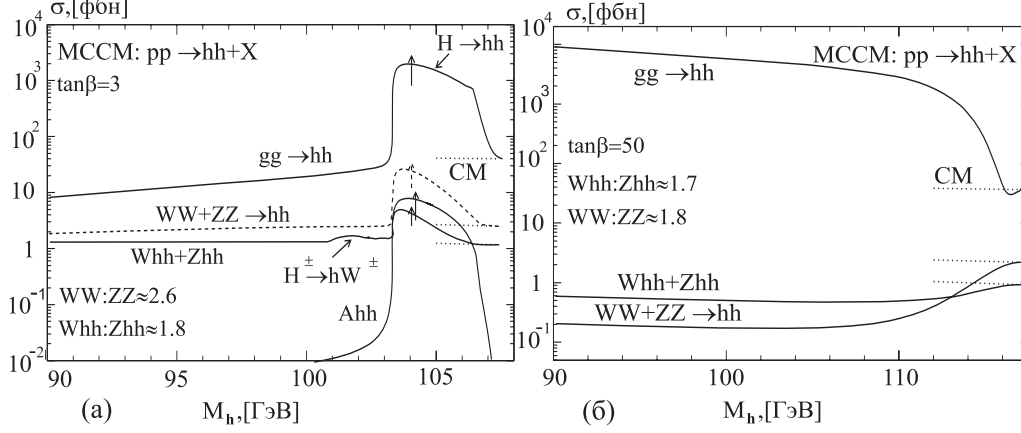


Рис. 5. Сечения процессов рождения пары легчайших БХ при (а) $\tan\beta = 3$, $\mu = -1$ ТэВ, (б) $\tan\beta = 50$, $\mu = 1$ ТэВ и $\sqrt{s} = 1$ ТэВ, $A = 1$ ТэВ. Области, отвечающие сценарию с резонансным распадом БХ, обозначены стрелками

Как и в СМ-случае процесс gg -аннигиляции играет доминирующую роль в определении каплингов на ЛНС, поскольку H -распад увеличивает величину сечения почти на 2 порядка, последняя соответствует приблизительно 10^6 событий. Данный канал необходимо принять во внимание при поиске легчайшего БХ МССМ на ЛНС [9–12]. На рис. 5 вертикальные стрелки иллюстрируют чувствительность сечения процесса к вариации каплинга λ_{Hhh} в диапазоне $[\frac{1}{2}\lambda_{Hhh}, \frac{3}{2}\lambda_{Hhh}]$. В нерезонансной области вариация каплинга λ_{hhh} в диапазоне, аналогичном предыдущему, индуцирует модификацию сечения $\sim 10\%$.

При больших значениях $\tan\beta$ резонансные распады являются кинематически запрещенными и сечения процессов значительно меньше по величине (см. рис. 5, б). Однако сечение gg -аннигиляции и в этой области является весьма большим в силу значительной величины юкавского hbb -каплинга $\sim m_b \tan\beta$.

В силу того, что юкавский каплинг входит во второй степени в амплитуду бокс-диаграммы данного процесса и лишь в первой степени в амплитуду треугольной диаграммы, чувствительность к определению каплинга трехчастичного взаимодействия в данном случае является малой. Однако огромное значение сечения процесса, приводящее к $\sim 10^6$ событий рождения пар b -кварков: $pp \rightarrow hh \rightarrow (b\bar{b})(b\bar{b})$ с двумя резонансными структурами и большими поперечными импульсами — будет способствовать поиску h -бозона на ЛНС при больших $\tan\beta$.

Сечения процессов WW/ZZ -аннигиляции и парного Хиггс-излучения значительно меньше по величине СМ-аналога в нерезонансной области в пределе невзаимодействия. Если H -бозон является весьма легкой частицей (вне

сценария не взаимодействия) сечения процессов с конечными состояниями hh , Hh и HH становятся приблизительно одного порядка с сечением СМ-аналога. На рис. 6 представлены сечения процессов парного Хиггс-излучения с Hh -парой в конечном состоянии. В нерезонансной области значения сечений не превосходят 0.1 фбн. В резонансной области процессы протекают по следующим сценариям каскадных распадов:

$$pp \xrightarrow{Z} AH \rightarrow ZHh, \quad pp \xrightarrow{W} H^\pm H \rightarrow W^\pm Hh.$$

Последние увеличивают значение сечения на 2 порядка. В силу малости значений вершин взаимодействия калибровочных полей с кварками, данные процессы не смогут быть использованы для определения каплингов БХ.

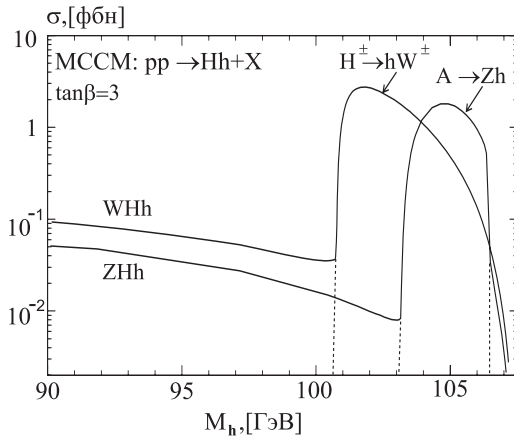


Рис. 6. Сечения процессов рождения пары Hh в процессах $pp \rightarrow Hh + W/Z$ при $\tan\beta = 3$, $\sqrt{s} = 1$ ТэВ, $A = 1$ ТэВ, $\mu = -1$ ТэВ.

распада $H \rightarrow hh$. Независимо от величины $\tan\beta$ каждый h -бозон распадается главным образом на $b\bar{b}$ -пару [3, 14, 15].

В рамках партонного анализа в работах [9, 13] была исследована возможность определения каплинга λ_{Hhh} в резонансной области (при $\tan\beta = 3$, $M_A = 210$ ГэВ, $A = -\mu = 1$ ТэВ, $M_{\tilde{Q}, \tilde{U}, \tilde{D}, \tilde{L}, \tilde{R}} = 1$ ТэВ). Предполагая высоко надежное "детектирование" b -состояний и высокую чистоту апробации, фон должен быть составлен из неприводимых КХД мод [11] $\mathcal{O}(\alpha_s^4)$, продуктов электрослабых процессов $\mathcal{O}(\alpha_{em}^4)$ и продуктов смеси КХД и электрослабых процессов $\mathcal{O}(\alpha_s^2 \alpha_{em}^2)$. Использование типичных возможностей детектора ЛНС по отношению к партонам и выборка результатов с учетом кинематики искомого процесса способствуют редукции сигнала. В консервативном сценарии сечение процесса редуцируется до 102 фбн, а фон — до 453 фбн. Предположение о величине интегральной светимости $\int \mathcal{L} = 100$ фбн $^{-1}$, приводит к необходимости достижения значительной доли отношения величины сечения сигнала к величине фона.

В работах [9, 13] представлен анализ возможностей детектирования сигнала парного производства БХ в канале $gg \rightarrow hh \rightarrow (b\bar{b})(b\bar{b})$ как на партонном уровне, так и в более реалистичном моделировании возможностей детектора. Предшествующий анализ показал, что в СМ-случае сечение gg -аннигиляции имеет порядок $\mathcal{O}(10)$ фбн. Принимая во внимание огромный КХД-фон на ЛНС, обнаружение СМ-сигнала кажется маловероятным. Напротив в отношении парного производства легчайшего БХ МССМ имеются области в пространстве параметров модели, где сигнал существенно возрастает в силу резонансного

Моделирование возможностей детектора предсказывает наличие 38 событий в год с учетом всех ограничений и выборки экспериментальных данных [9, 13]. Однако анализ фона на уровне возможностей детектора не был выполнен (из партонного анализа следует существование низкого уровня фона). Т.о., и в рамках данного подхода сигнал, кажется, может быть зафиксирован в указанной области пространства параметров.

При больших $\tan\beta$ H -распад запрещен, однако сигнал весьма значителен в силу большого юкавского hbb -каплинга. Поскольку бокс-диаграмма процесса определяет доминирующий вклад (в отличие от треугольной диаграммы), то чувствительность к определению каплинга становится весьма слабой. Однако сценарий больших значений $\tan\beta$ может обеспечить дополнительным каналом процедуру поиска h -бозона для промежуточных значений M_A . Моделирование возможностей детектора приводит к 1044 событиям при $M_h = 105$ ГэВ и $A = \mu = 1$ ТэВ. Определение других трехчастичных каплингов на ЛНС является не менее трудной задачей.

Т.о., из проведенного выше анализа следует, что наиболее благоприятными условиями определения характеризуются каплинги λ_{hhh} , λ_{hhH} .

3. Исследование каплингов с учетом петлевых поправок

Как было показано выше, сечения процессов парного и трехчастичного рождения БХ, характеризуемые каплингами трехчастичного взаимодействия, весьма чувствительны к величинам последних. В связи с этим возникла задача расчета данных каплингов в следующем порядке ТВ. Данная задача неоднократно рассматривалась специалистами в рамках различных подходов: ренормгруппового подхода [16], метода эффективного потенциала [17], фейнмановского диаграммного подхода (с учетом лишь вкладов $t - \tilde{t}$ -сектора) [18].

Автором настоящей работы был выполнен расчет каплингов λ_{hhh} , λ_{hhh} в полном однопетлевом приближении с учетом эффекта слабого смешивания в случае $M_A = 500$ ГэВ, результаты которого представлены в работах [19–21]. Указанные каплинги были исследованы на примере зависимостей от $\tan\beta$ и квадрата импульса виртуального БХ. Было показано, что каплинг λ_{hhh} обладает значительными однопетлевыми поправками, которые должны быть приняты во внимание при расчете сечений процессов.

На рис. 7 приведены результаты последних расчетов каплингов λ_{hhh} , λ_{hhH} , выполненных автором в рамках фейнмановского диаграммного подхода с учетом однопетлевых юкавских поправок от c, b, t -кварков, τ -лептона и их суперпартнеров с использованием модифицированной им же on-shell – схемы перенормировки [22] и калибровки т'Хоофта–Фейнмана. Черной пунктирной кривой представлены результаты работ [16] для тех же каплингов с учетом лидирующих однопетлевых RG-поправок. Очевидно, что

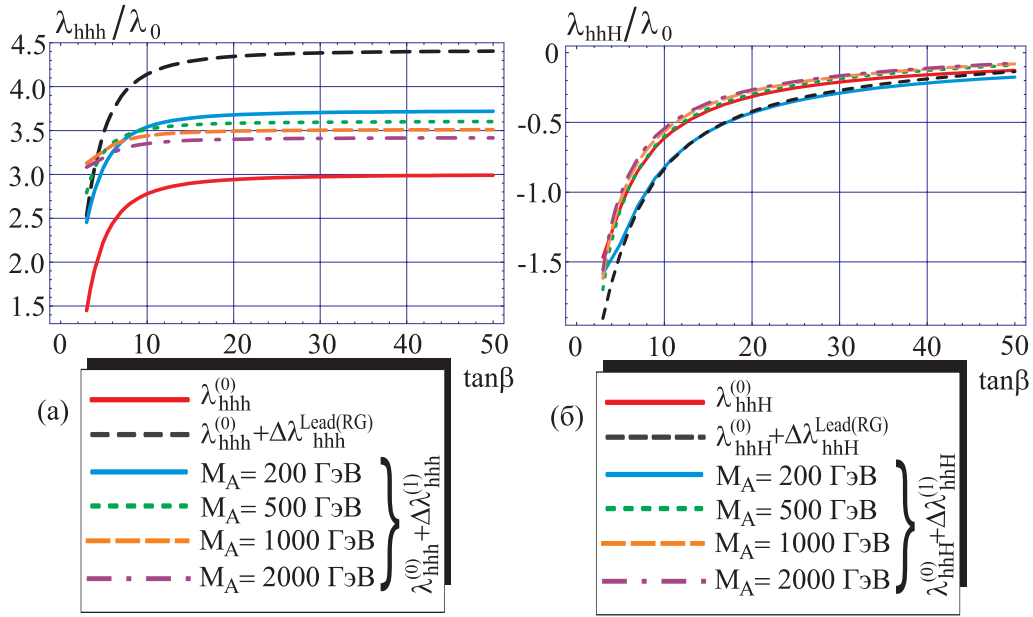


Рис. 7. Каплинги λ_{hhh} (а), λ_{hhH} (б) в древесном и однопетлевом приближении при $A_f = 1$ ТэВ, $\mu = 0.5$ ТэВ, $M_{\tilde{Q}, \tilde{U}, \tilde{D}, \tilde{L}, \tilde{R}} = 1$ ТэВ

указанные каплинги обладают значительными однопетлевыми поправками, могущими модифицировать итоговый результат для сечения процесса. Характерная особенность результатов – каплинги достигают максимального значения лишь при малых значениях массы A -бозона, $M_A \sim 200$ ГэВ, в случае каплинга λ_{hhh} – при больших значениях $\tan\beta$ и положительных значениях μ . В работах [23] было показано, что при тех же значениях указанных параметров достигается наилучшее согласование предсказаний МССМ и данных эксперимента по измерению аномального магнитного момента. Различие результатов данной работы и работ [16] обусловлено отсутствием в настоящей работе каких-либо приближений в вычислении однопетлевых скалярных интегралов, что по традиции использовали предшественники в рамках ренормгруппового (RG) подхода.

Подводя итог, можно утверждать, что для высокоточного определения каплингов в сравнительном анализе экспериментальных данных и теоретических результатов необходимо использовать результаты для каплингов с учетом петлевых поправок.

Литература

- [1] Zerwas, P.M. High energy physics and quantum field theory / P.M.Zerwas // Proceedings of QFTHEP-99, 1999. – P. 152–170; Epreprint hep-ph/0003221. – 2000. – 26 p.
- [2] Djouadi, A. Multiple production of MSSM neutral higgs bosons at high-energy $e^+ e^-$ colliders / A.Djouadi, H.E.Haber, P.M.Zerwas // Phys. Lett. – **B375**. – 1996. – P. 203–212.

- [3] Djouadi, A. Two and three-body decay modes of SUSY Higgs particles / A.Djouadi, J.Kalinowski, P.M.Zerwas // *Z. Phys.* – **C70**. – 1996. – P. 435–448.
- [4] Djouadi, A. Testing higgs selfcouplings at e^+e^- linear colliders / A.Djouadi [et al.] // *Eur. Phys. J.* – **C10**. – 1999. – P. 27–43.
- [5] Osland, P. Measuring the trilinear couplings of MSSM neutral higgs bosons at high-energy e^+e^- colliders / P. Osland, P.N. Pandita // *Phys. Rev.* – **D59**. – 1999. – P. 055013.
- [6] Mühlleitner, M.M. Higgs Particles in the Standard Model and Supersymmetric Theories / M.M.Mühlleitner // Eprint: hep-ph/0008127. – 114 pp.
- [7] Plehn, T. Pair production of neutral higgs particles in gluon-gluon collisions / T.Plehn, M.Spira, P.M.Zerwas // *Nucl. Phys.* – **B479**. – 1996. – P. 46–64; Dawson, S. Neutral higgs boson pair production at hadron colliders: QCD corrections / S.Dawson, S.Dittmaier, M.Spira // *Phys. Rev.* – **D58**. – 1998. – P. 115012.
- [8] Djouadi, A. Exploring the SUSY Higgs sector at e^+e^- linear colliders: a synopsis / A.Djouadi, J.Kalinowski, P.M.Zerwas // *Z. Phys.* – **C57**. – 1993. – P. 569–584.
- [9] The Higgs working group: summary report / A.Djouadi [et al.] // Workshop on *Physics at TeV Colliders*, Les Houches, France. – 7–18 Jun 1999. – hep-ph/0002258.
- [10] ATLAS Collaboration, ATLAS Detector and Physics Performance Technical Design Report, CERN-LHCC-99-14, 1999; CMS Collaboration, The Compact Muon Solenoid, Technical Proposal, CERN-LHCC 94-38, 1994.
- [11] Richter-Was, E. MSSM Higgs searches in multi-b jet final states at the LHC / E.Richter-Was and D.Froidevaux // *Z. Phys.* – **C76**. – 1997. – P. 665–676; Richter-Was, E. et al. Minimal Supersymmetric Standard Model Higgs rates and backgrounds in ATLAS // *Int. J. Mod. Phys.* – **A13**. – 1998. – P. 1371–1494.
- [12] Dai, J. Detection of the Minimal Supersymmetric Model Higgs boson H_0 in it's $H_0H_0 \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$ and $A_0A_0 \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$ decay channels / J.Dai, J.F.Gunion and R.Vega // *Phys. Lett.* – **B371**. – 1996. – P. 71–77.
- [13] Lafaye, R. Double higgs production at TeV colliders in the Minimal Supersymmetric Standard Model / R. Lafaye, D.J.Miller, M.Mühlleitner and S.Moretti // Epreprint: hep-ph/0002238.
- [14] Djouadi, A. QCD corrections to hadronic higgs decays / A.Djouadi, M.Spira and P.M.Zerwas // *Z. Phys.* – **C70**. – 1996. – P. 427–434.
- [15] Moretti, S. Contributions of below threshold decays to MSSM Higgs branching ratios / S.Moretti and W.J.Stirling // *Phys. Lett.* – **B347**. – 1995. – P. 291–299.
- [16] Haber, H.E. Can the mass of the lightest higgs boson of the minimal supersymmetric model be larger than $m(z)$? / H.E.Haber, R.Hempfling //

- Phys. Rev. Lett. – 1991. – V. 66. – P. 1815–1818; Okada, Y. Upper Bound Of The Lightest Higgs Boson Mass In The Minimal Supersymmetric Standard Model / Y. Okada, M. Yamaguchi, T. Yanagida // Prog. Theor. Phys. – 1991. – V. 85. – P. 1–6.
- [17] Supersymmetric-Higgs-boson hadroproduction and decays including radiative corrections / V. Barger [et al.] // Phys. Rev. – **D45**. – (1992). – P. 4128–4146.
- [18] Hollik, W. Yukawa coupling quantum corrections to the selfcouplings of the lightest MSSM higgs boson / W. Hollik, S. Penaranda // Eur. Phys. J. – 2002. – V. C23. – P. 163–172.
- [19] Суперсимметричная модель с нарушением СР инвариантности. 2 Парное рождение нейтральных бозонов Хиггса на LHC / М.В. Долгополов [и др.] // Вестник Самарского гос. университета. Естественная сер. – Самара: Изд-во "Самарский университет", спец. выпуск 2003. – С. 131–148.
- [20] Dolgoplov, M.V. The trilinear neutral Higgs self-couplings in the MSSM. Complete one-loop analysis / M.V. Dolgoplov, Yu.P. Philippov // Proceedings of the XVII International Workshop QFTHEP'2003, SINP, SSU, P. 170–176; Dolgoplov, M.V., The trilinear neutral Higgs self-couplings in the MSSM. Complete one-loop analysis / M.V. Dolgoplov, Yu.P. Philippov // Вестник Самарского государственного университета. – Самара: изд-во "Самарский университет", второй спец. выпуск 2003. – С. 87–95; Epreprint hep-ph/0310263, 2003, 6pp.
- [21] Долгополов, М.В. Вершинные функции взаимодействия нейтральных бозонов Хиггса h^0 , H^0 в МССМ: однопетлевой анализ / М.В. Долгополов, Ю.П. Филиппов // ЯФ. – 2004. 67. – № 3. – С. 609–613.
- [22] Dabelstein, A. The one loop renormalization of the mssm higgs sector and its application to the neutral scalar higgs masses / A. Dabelstein // Z. Phys. – 1995. – V. C 67. – P. 495–512.
- [23] Czarnecki, A. The muon anomalous magnetic moment: A harbinger for new physics / A. Czarnecki and W.J. Marciano // Phys. Rev. – **D64**. – 2001. – P. 013014; Passera, M. The standard model prediction of the muon anomalous magnetic moment // hep-ph/0411168.

Поступила в редакцию 18/IV/2006;
в окончательном варианте — 20/IV/2006.

THE TRIPLE INTERACTION OF MSSM NEUTRAL HIGGS BOSONS WITH THE YUKAWA ONE-LOOP CORRECTIONS⁴

© 2006 Yu.P. Philippov⁵

In the paper the results on the triple self-couplings λ_{hhh} , λ_{hhH} with the Yukawa one-loop corrections are presented. It is shown that the obtained corrections are considerable and should be taken into account in the calculations of the observables. The choice of couplings and their calculation algorithm is based on the consistent analysis of the recent results of the theoretical and experimental research devoted to the problem of MSSM neutral Higgs self-couplings definition.

Paper received 18/IV/2006.

Paper accepted 20/IV/2006.

⁴Communicated by Dr. Sci. (Phys. & Math.) I.P. Volobuev.

⁵Philippov Yuri Petrovich (yuphil@front.ru), Dept. of General and Theoretical Physics, Samara State University, Samara, 443011, Russia.