

Ограничение на константы связи Хиггса на e^+e^- -коллайдерах

Кириченко А.О.
Группа М20-115

На основе статьи «Constraining Higgs boson effective couplings at electron-positron colliders»

H. Khanpour and M. M. Najafabadi

Используемая теоретическая модель(1)

В статье используется модель эффективной теории поля.

В ней лагранжиан СМ дополняется новыми операторами с размерностями D , большими, чем 4.

$$\mathcal{L}_{eff} = \mathcal{L}_{SM} + \sum_i \frac{c_i \mathcal{O}_i}{\Lambda^2}$$

\mathcal{O}_i - инвариантные относительно группы симметрии СМ операторы размерности D

c_i - коэффициенты Вильсона

Используемая теоретическая модель(2)

Авторы работают в базе SILH.

$$\mathcal{L}_{\text{EFT}} = \mathcal{L}_{\text{SM}} + \mathcal{L}_{\text{SILH}}$$

\mathcal{L}_{SM} - лагранжиан Стандартной модели

$\mathcal{L}_{\text{SILH}}$ - лагранжиан в базе «The Strongly-Interacting Light Higgs» SILH

Рассматриваемый процесс(1)

$$e^- + e^+ \rightarrow H + Z$$

$$H \rightarrow b\bar{b}$$

$$Z \rightarrow l^+l^-$$

$$\bar{c}_\gamma, \bar{c}_{HW}, \bar{c}_{HB}, \bar{c}_W, \bar{c}_B, \bar{c}_H, \bar{c}_T, \bar{c}_{eW}, \bar{c}_{eB}, \bar{c}_l$$

Следствие из [1]:

$$\bar{c}_T = 0$$

$$\bar{c}_B + \bar{c}_W = 0$$

Малость констант:

$$\bar{c}_l, \bar{c}_{eW} \text{ and } \bar{c}_{eB}$$

Конечный набор констант :

$$\bar{c}_\gamma, \bar{c}_{HW}, \bar{c}_{HB}, \bar{c}_W, \bar{c}_H$$

Рассматриваемый процесс(2)

$$e^- + e^+ \rightarrow H + Z$$

Основные процессы :

$$H \rightarrow b\bar{b}$$

$$Z \rightarrow l^+l^-$$

Фоновые процессы:

$$e^+e^- \rightarrow ZZ$$

$$e^+e^- \rightarrow t\bar{t}$$

$$e^+e^- \rightarrow Z\gamma \rightarrow l^+l^-jj$$

$$e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma \rightarrow l^+l^-jj$$

$$e^+e^- \rightarrow W^+W^-Z$$

Cuts

$\sqrt{s} = 500 \text{ GeV}$ Cuts	Signal		Background			
	\bar{c}_H	\bar{c}_γ	SM ($H + Z$)	$t\bar{t}$	ZZ	$Z\gamma, \gamma\gamma, WWZ$
Cross-sections (in fb)	4.51	16.76	5.00	24.77	36.16	11.47
(I): $2\ell, \eta^\ell < 2.5, p_T^\ell > 10$	3.41	12.22	3.79	15.18	23.27	7.37
(II): 2jets, $ \eta^{\text{jet}} < 2.5, p_T^{\text{jet}} > 20, \Delta R_{\ell, \text{jet}} \geq 0.5$	2.48	8.81	2.75	11.21	13.95	4.52
(III): 2b – jets	1.09	3.84	1.22	4.71	1.16	0.35
(IV): $p_T^{\ell^+ \ell^-} > 100$	1.06	3.56	1.18	0.51	0.73	0.094
(V): $90 < m_{b\bar{b}} < 160, 75 < m_{\ell^+ \ell^-} < 105$	0.921	3.040	1.022	0.078	0.138	0.003

Таблица 1. Ожидаемые сечения в единицах fb после различных комбинаций cuts для сигнальных и фоновых процессов SM.

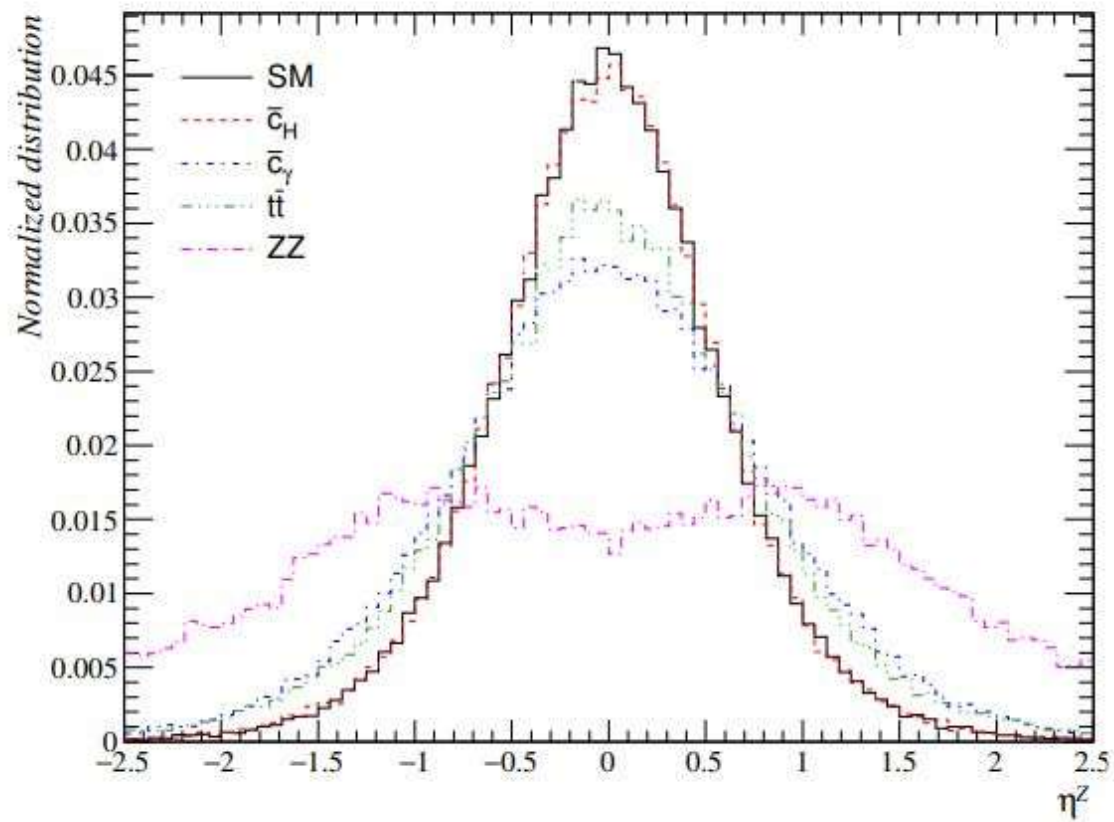
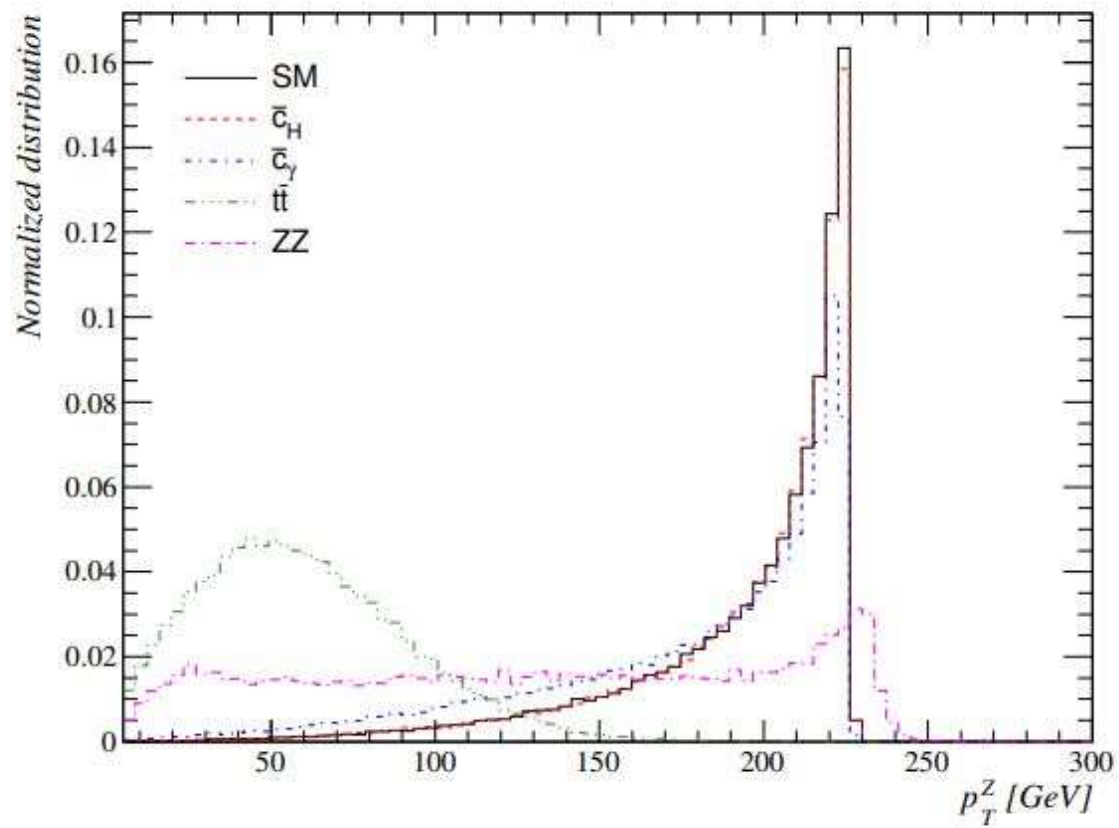


Рис.1 Распределения по поперечному импульсу и псевдобыстроте для H и фона

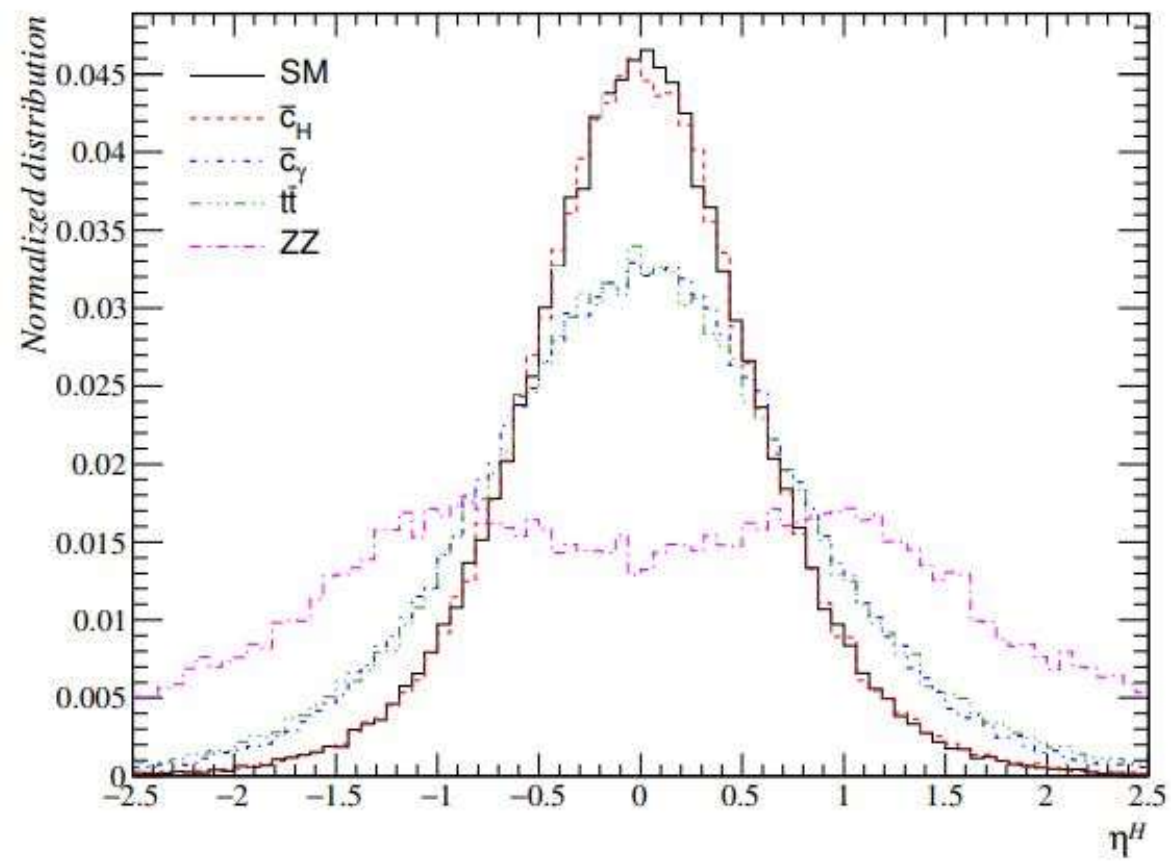
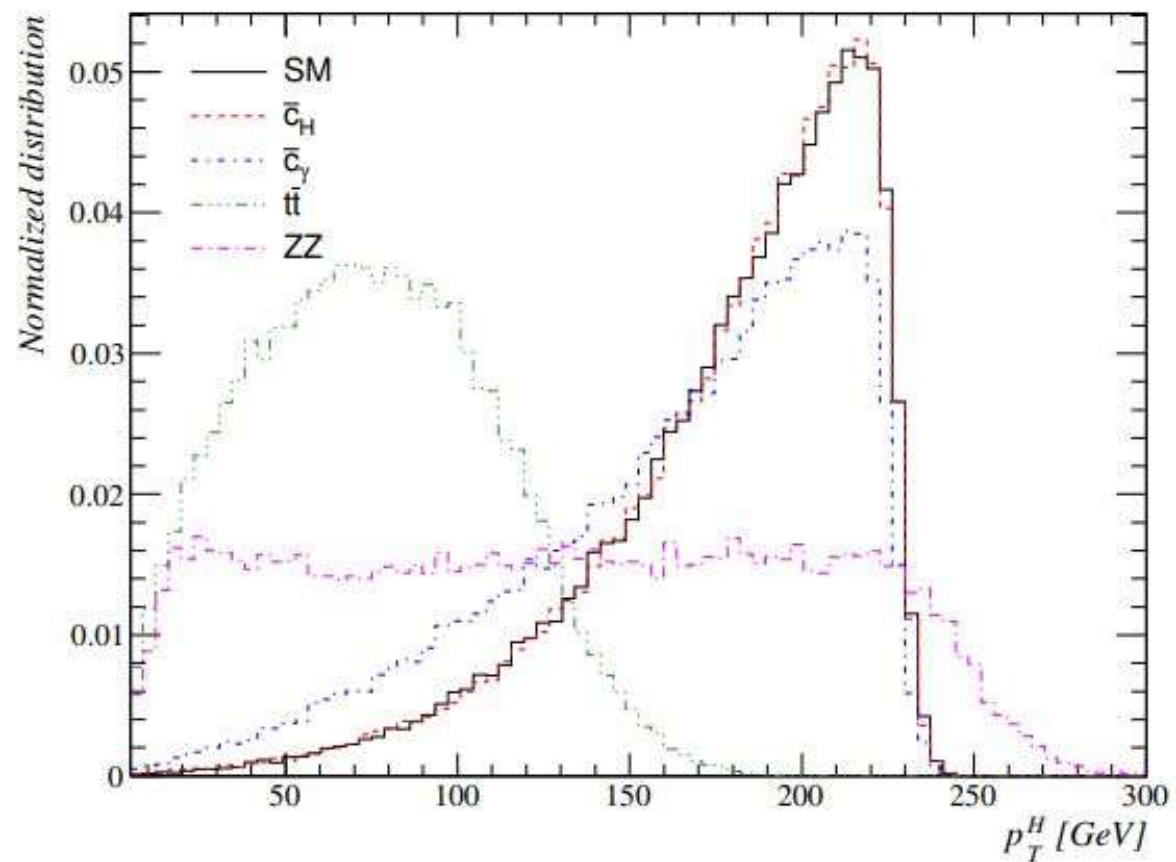


Рис.2 Распределения по поперечному импульсу и псевдобыстроте для Z и фона

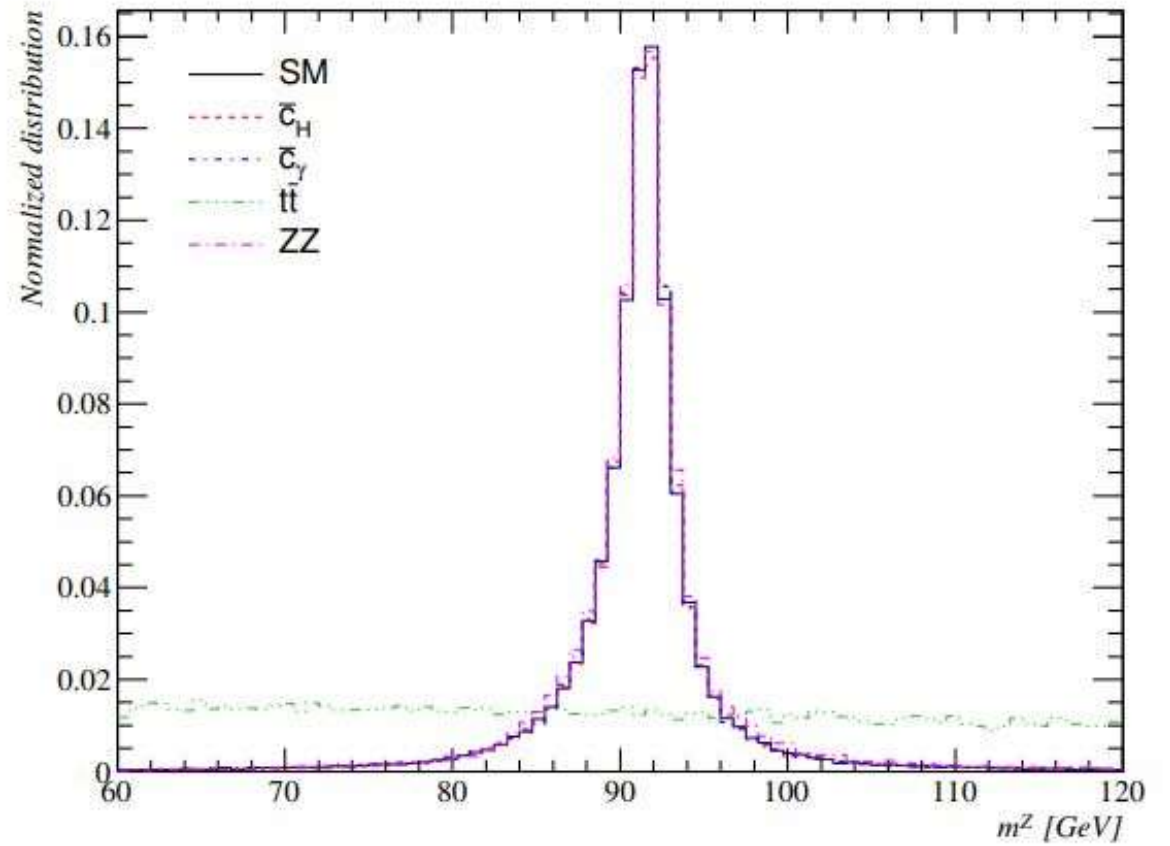
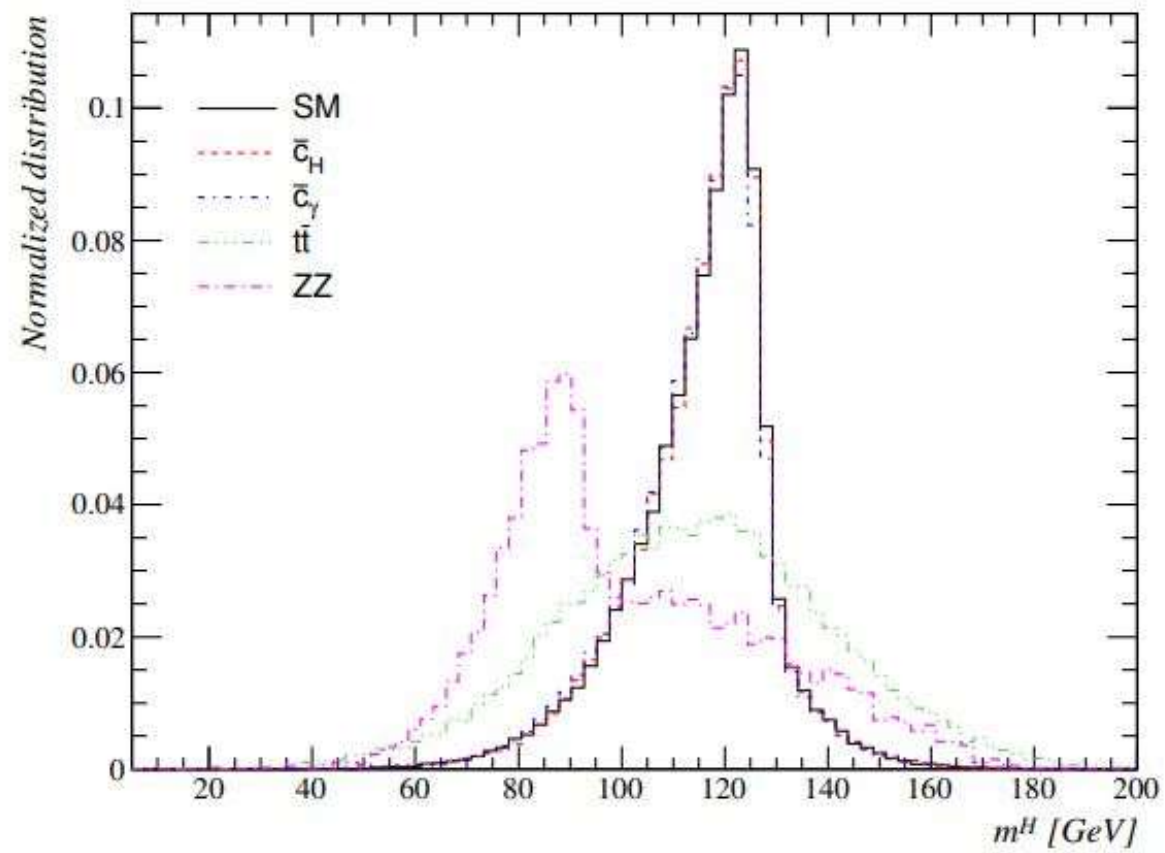


Рис. 3 Распределения по массе H и Z

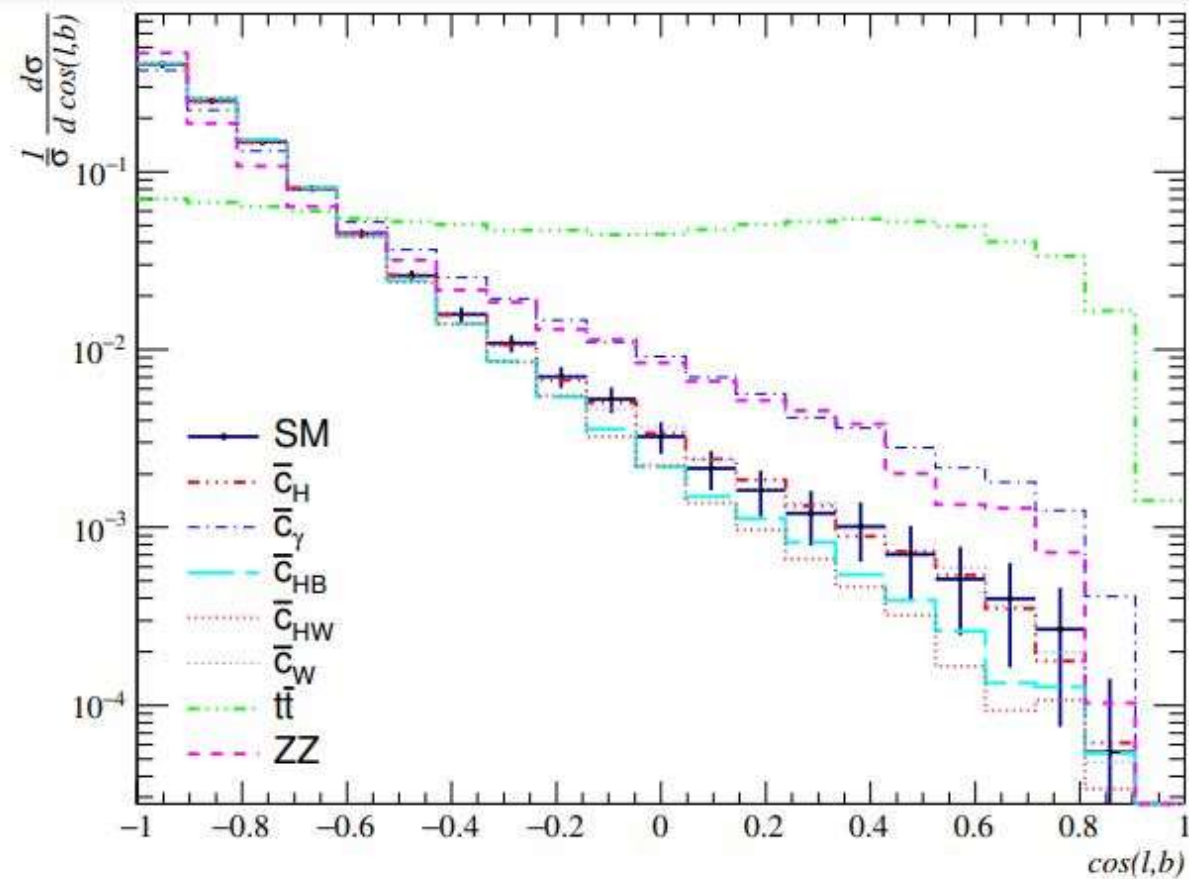


Рис.4 Распределения $\cos(l, b - \text{jets})$ для рождения Хиггса в СМ в сочетании с Z-бозоном и $H + Z$ в нынешних различных взаимодействиях при энергии центра масс $\sqrt{s} = 500$ ГэВ.

Результаты(1)

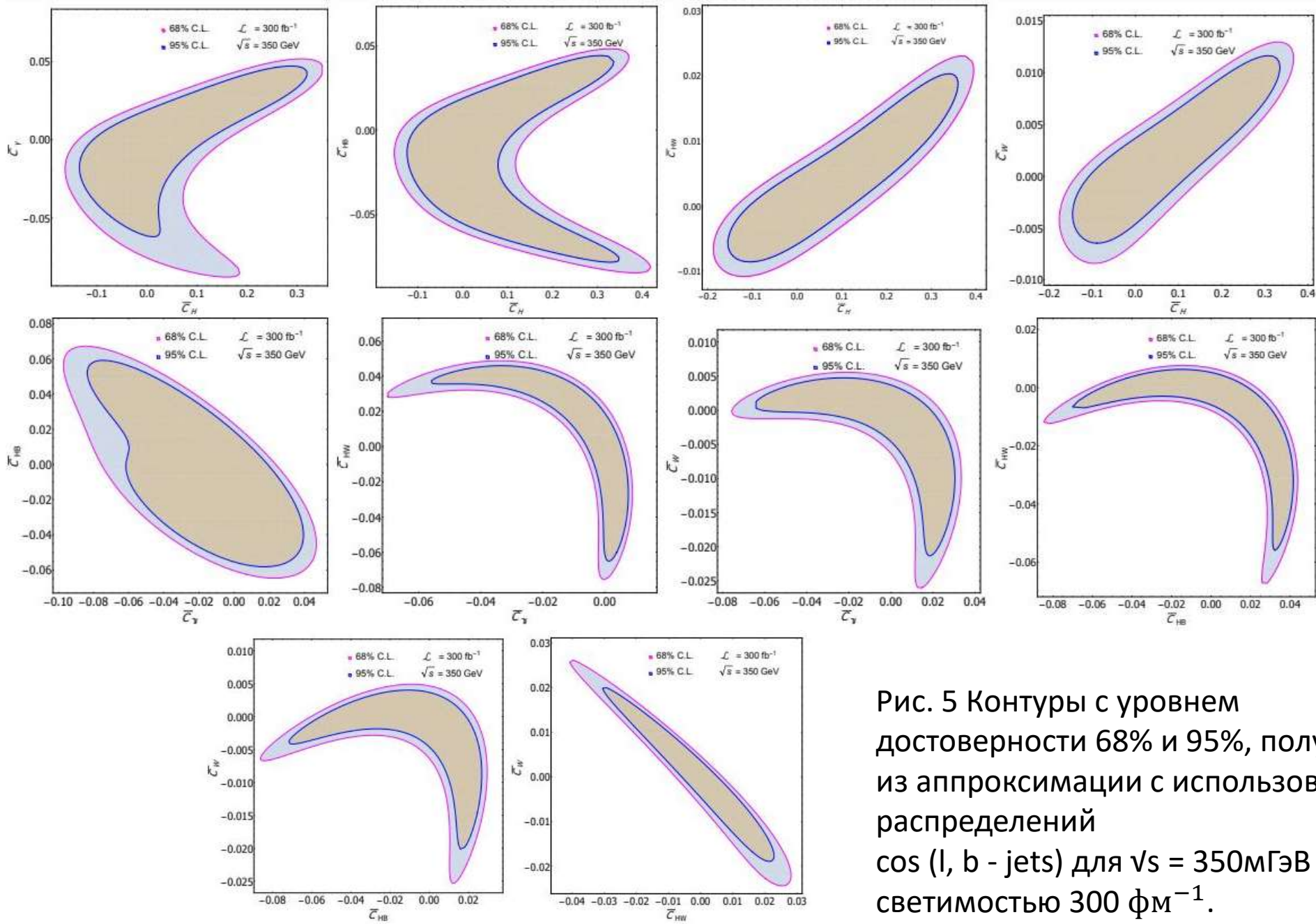


Рис. 5 Контурные диаграммы с уровнем достоверности 68% и 95%, полученные из аппроксимации с использованием распределений $\cos(\theta)$ для $\nu s = 350 \text{ мГэВ}$ со светимостью 300 фм^{-1} .

Результаты(2)

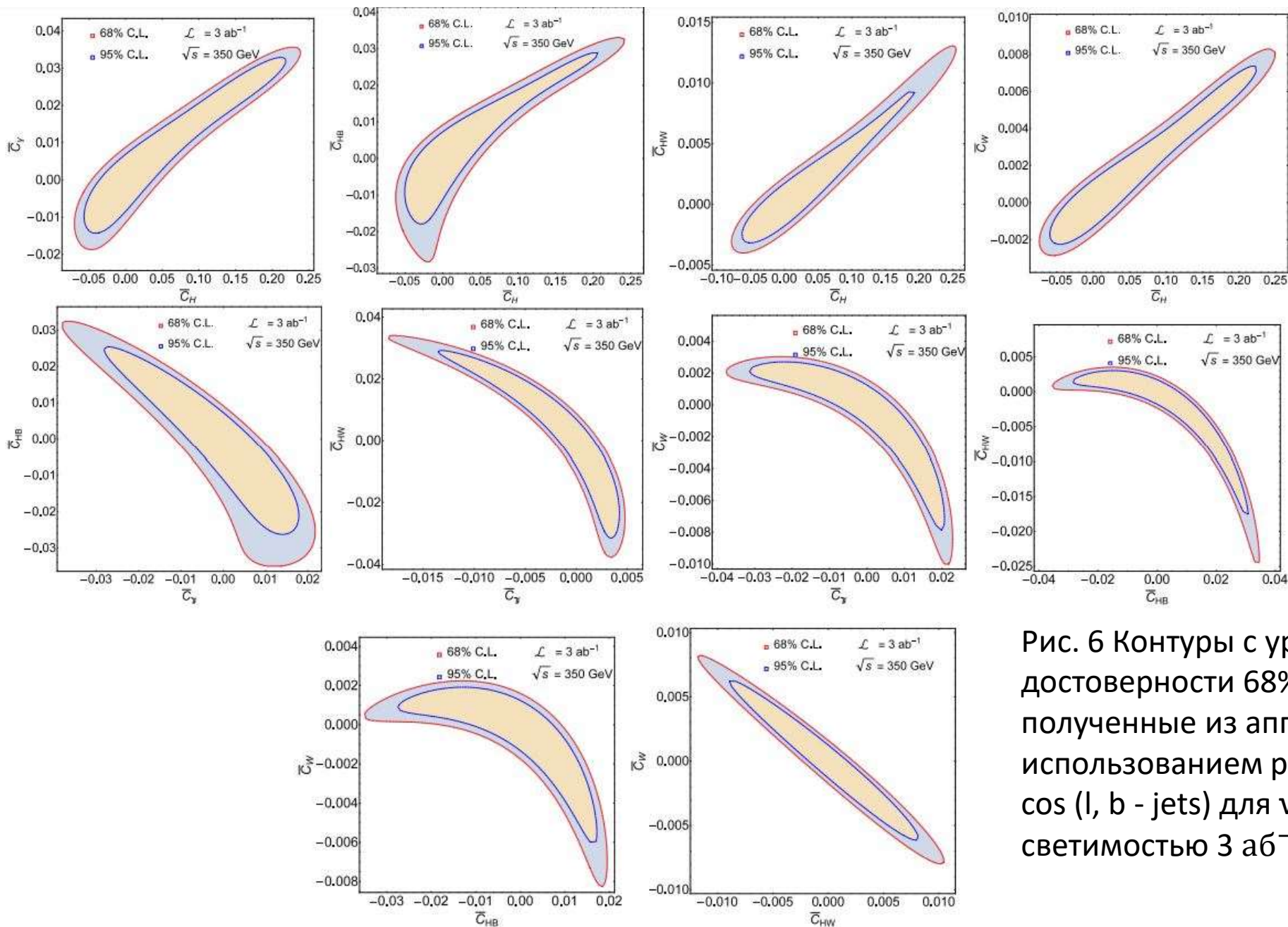


Рис. 6 Контурсы с уровнем достоверности 68% и 95%, полученные из аппроксимации с использованием распределений $\cos(\theta)$ для l, b - jets для $\sqrt{s} = 350 \text{ GeV}$ со светимостью 3 ab^{-1}

Результаты(3)

	LHC-300	LHC-3000	$e^-e^+ - 350 - 300$	$e^-e^+ - 350 - 3000$	$e^-e^+ - 500 - 300$
$\bar{c}_W [\times 10^3]$	[-8.0, 8.0]	[-4.0, 4.0]	[-4.80, 3.79]	[-1.37, 1.27]	[-3.24, 2.31]
$\bar{c}_H [\times 10^3]$	[<-50, >50]	[-44, 35]	[-118.43, 129.85]	[-39.40, 40.70]	[-117.58, 145.86]
$\bar{c}_{HW} [\times 10^3]$	[-7.0, 10.0]	[-4.0, 4.0]	[-6.19, 5.52]	[-1.87, 1.80]	[-3.65, 3.03]
$\bar{c}_\gamma [\times 10^3]$	[-1.9, 2.2]	[-0.6, 0.7]	[-61.09, 19.78]	[-19.09, 6.25]	[-43.09, 19.64]
$\bar{c}_{HB} [\times 10^3]$	[-8.0, 11.0]	[-4.0, 4.0]	[-51.35, 19.51]	[-17.20, 6.61]	[-24.70, 9.96]

Таблица 2. Ожидаемые границы 95% для коэффициентов Вильсона от LHC [2] при энергии центра масс 14 ТэВ с 300 fb^{-1} и 3000 fb^{-1} , а также пределы, полученные из текущего анализа в электронном столкновения позитронов при энергиях центра масс 350 и 500 ГэВ с учетом только одного коэффициента.

[2] Higgs coupling measurements at the LHC

Christoph Englert, Roman Kogler, Holger Schulz & Michael Spannowsky

Коэффициенты Вильсона

Полный лагранжиан SILH

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L}_{\text{SILH}} = & \frac{g_s^2 \bar{c}_g}{m_W^2} \Phi^\dagger \Phi G_{\mu\nu}^a G_a^{\mu\nu} + \frac{g'^2 \bar{c}_\gamma}{m_W^2} \Phi^\dagger \Phi B_{\mu\nu} B^{\mu\nu} \\
 & + \frac{ig' \bar{c}_B}{2m_W^2} [\Phi^\dagger \overleftrightarrow{D}^\mu \Phi] \partial^\nu B_{\mu\nu} \\
 & + \frac{ig \bar{c}_W}{2m_W^2} [\Phi^\dagger \sigma_k \overleftrightarrow{D}^\mu \Phi] D^\nu W_{\mu\nu}^k \\
 & + \frac{ig \bar{c}_{HW}}{m_W^2} [D^\mu \Phi^\dagger \sigma_k D^\nu \Phi] W_{\mu\nu}^k \\
 & + \frac{ig' \bar{c}_{HB}}{m_W^2} [D^\mu \Phi^\dagger D^\nu \Phi] B_{\mu\nu} \\
 & + \frac{\bar{c}_H}{2v^2} \partial^\mu [\Phi^\dagger \Phi] \partial_\mu [\Phi^\dagger \Phi] + \frac{\bar{c}_T}{2v^2} [\Phi^\dagger \overleftrightarrow{D}^\mu \Phi] [\Phi^\dagger \overleftrightarrow{D}_\mu \Phi] \\
 & - \frac{\bar{c}_6 \lambda}{v^2} [\Phi^\dagger \Phi]^3 \\
 & - \left[\frac{\bar{c}_l}{v^2} y_\ell \Phi^\dagger \Phi \Phi \bar{L}_L e_R + \frac{\bar{c}_u}{v^2} y_u \Phi^\dagger \Phi \Phi^\dagger \cdot \bar{Q}_L u_R \right. \\
 & \left. + \frac{\bar{c}_d}{v^2} y_d \Phi^\dagger \Phi \Phi \bar{Q}_L d_R + \text{h.c.} \right], \tag{3}
 \end{aligned}$$

Некоторые константы «сокращаются»
ввиду принятых калибровок

$$\begin{aligned}
 \bar{c}_T &= 0 \\
 \bar{c}_B + \bar{c}_W &= 0
 \end{aligned}$$

Фоновые процессы

$$75 < m_{ll} < 105 \text{ ГэВ}$$

$$90 < m_{b\bar{b}} < 160 \text{ ГэВ}$$

$$p_T^l > 10 \text{ ГэВ}$$

$$p_T^{jets} > 20 \text{ ГэВ}$$

$$|\eta_{jets}| \leq 2.5$$

$$|\eta_l| \leq 2.5$$

