

Изучение функций фитирования для процесса распада бозона Хиггса в Z бозон с ассоциированным фотоном

Научные руководители: Солдатов Е. Ю.
Проклова Н. В.

Студент: Казакова К. К.



Кафедра физики
элементарных
частиц

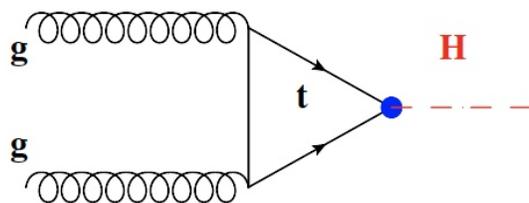


Мотивация

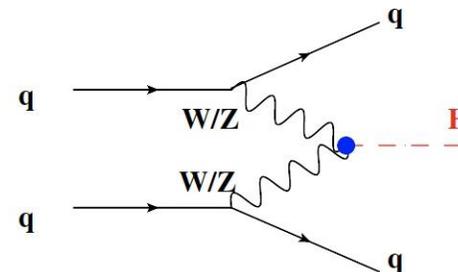
- Найти функцию, наиболее точно описывающую распределение инвариантной массы бозона Хиггса с целью уменьшения погрешности при переходе к описанию реальных данных.
- Проверить, зависит ли математическое описание данных от способа образования бозона Хиггса из протон-протонных столкновений

Механизм Хиггса

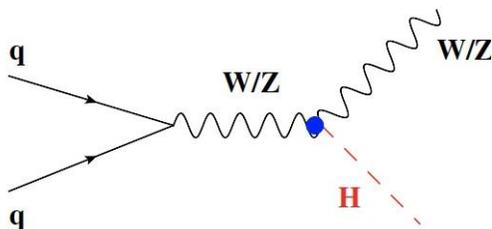
Четыре основных процесса образования бозона Хиггса из протон-протонных столкновений:



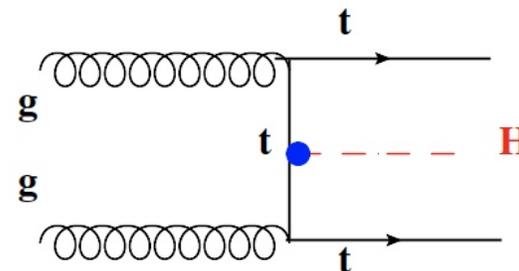
Глюон-глюонное слияние (ggF)



Слияние векторных бозонов (VBF)



Ассоциированное рождение вместе с W или Z бозонами (WH или ZH)

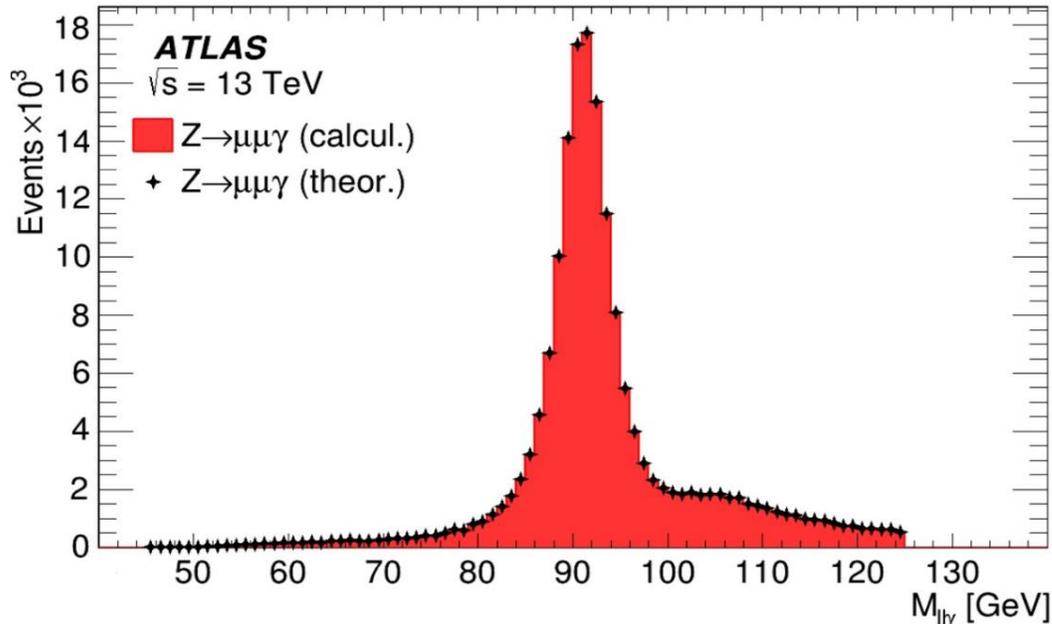


Ассоциированное рождение вместе с топ-кварками (ttH)

Критерии отбора данных

В данной работе использовались официальные наборы Монте-Карло данных, прошедшие полное моделирование и реконструкцию для геометрии детектора ATLAS.

Доминирующий фон распада бозона Хиггса



Канал образования	Значение массы, ГэВ	Количество событий
ggH, Z(ll)gam	125	1.436M
VBF, Z(ll)gam	125	1.155M
WmH, Z(ll)gam	125	60k
WpH, Z(ll)gam	125	60k
ttH, Z(ll)gam	125	5.398M

Канал	Электроны	Мюоны	Фотоны
p_T	$> 10 \text{ ГэВ}$	$> 10 \text{ ГэВ}$	$> 10 \text{ ГэВ}$
$ \eta $	$ \eta < 2.47$ кроме $1.37 < \eta < 1.52$	$ \eta < 2.7$	$ \eta < 2.37$ кроме $1.37 < \eta < 1.52$
$ d_o /\sigma_{d_o}$	< 5	< 3	-
$z_0 \sin \theta$	$< 0.5 \text{ mm}$	$< 0.5 \text{ mm}$	-
Идентификация	Мягкая	Средняя	Жёсткая
Изоляция	Мягкий	Мягкая	Мягкая

$$115 \text{ ГэВ} \leq m_{ll\gamma} \leq 170 \text{ ГэВ}$$

Данные ограничения позволяют более эффективно отделить сигнал о фона

Математическое описание

Функция Double-Sided Crystal Ball

Функция Asymmetric Crystal Ball

Crystal Ball с ядром, состоящих из функций Gauss и Voigt

$$N \cdot \begin{cases} e^{t^2/2}, & -\alpha_{Lo} \leq t \leq \alpha_{Lo} \\ \frac{e^{-0.5\alpha_{Lo}^2}}{\left[\frac{\alpha_{Lo}}{n_{Lo}} \left(\frac{n_{Lo}}{\alpha_{Lo}} - \alpha_{Lo} - t \right) \right]^{n_{Lo}}}, & t < -\alpha_{Lo} \\ \frac{e^{-0.5\alpha_{Hi}^2}}{\left[\frac{\alpha_{Hi}}{n_{Hi}} \left(\frac{n_{Hi}}{\alpha_{Hi}} - \alpha_{Hi} + t \right) \right]^{n_{Hi}}}, & t > \alpha_{Hi} \end{cases}$$

$t = \Delta m_H / \sigma_{CB}, \Delta m_H = M_{Z\gamma} - \mu_{CB}$

$$N \cdot \begin{cases} e^{-0.5 \cdot t_L}, & t_L \leq -\alpha \\ \frac{e^{-0.5\alpha^2}}{\left[\frac{\alpha}{n} \left(\frac{n}{\alpha} - \alpha - t_L \right) \right]^n}, & t_L > -\alpha \\ e^{-0.5 \cdot t_R}, & t_R \leq \alpha \\ \frac{e^{-0.5\alpha^2}}{\left[\frac{\alpha}{n} \left(\frac{n}{\alpha} - \alpha + t_R \right) \right]^n}, & t_R > \alpha \end{cases}$$

$t_L = \Delta m_H / \sigma_L, t_R = \Delta m_H / \sigma_R$

$$\frac{1}{\sigma_{GA} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(t - \mu_{GA})^2}{\sigma_{GA}^2}\right), -\alpha \leq t \leq \alpha$$

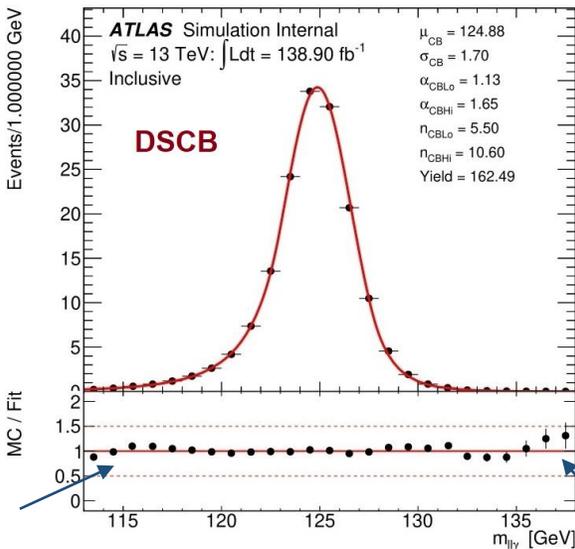
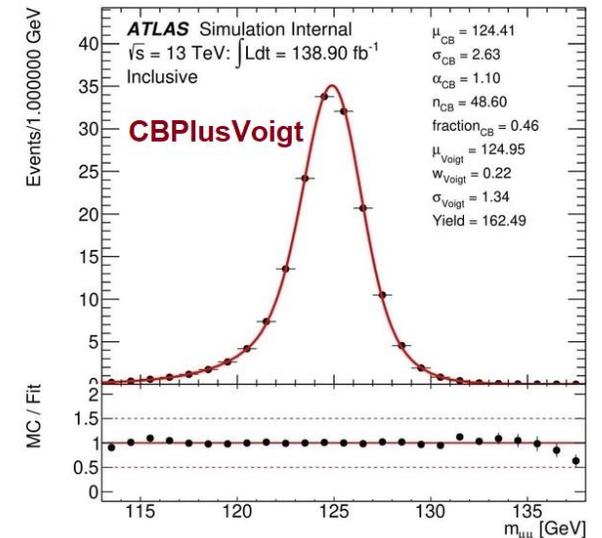
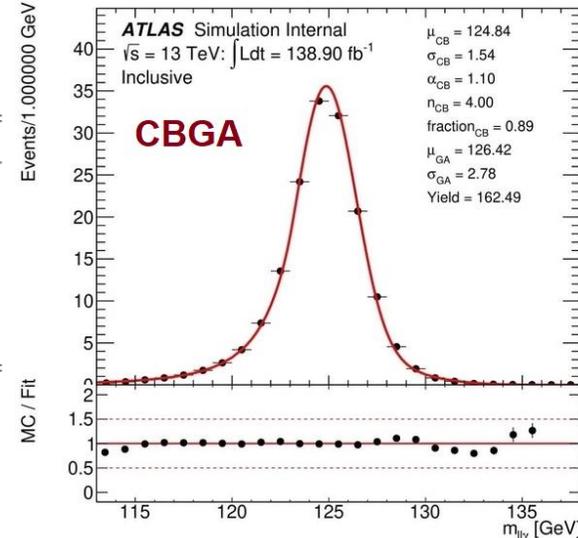
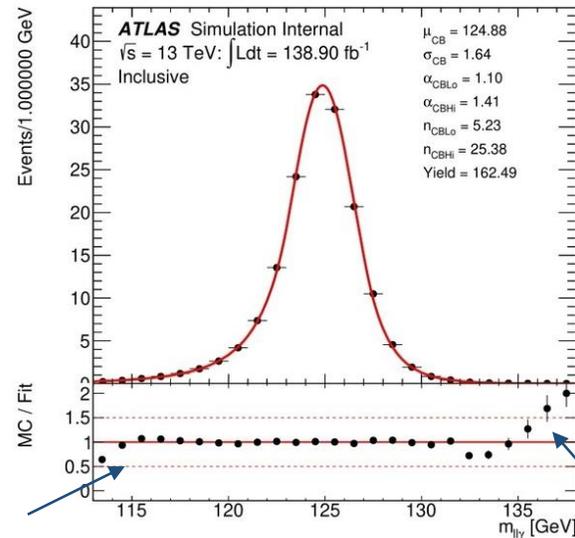
$$\frac{a}{\pi a^2 + (u - t)^2}, -\alpha \leq t \leq \alpha$$

Критерием оценки справедливости фитирования является пик распределения инвариантной массы $M_{Z\gamma}$, значение параметра σ_{CB} , а также отношение фитирования к моделированию

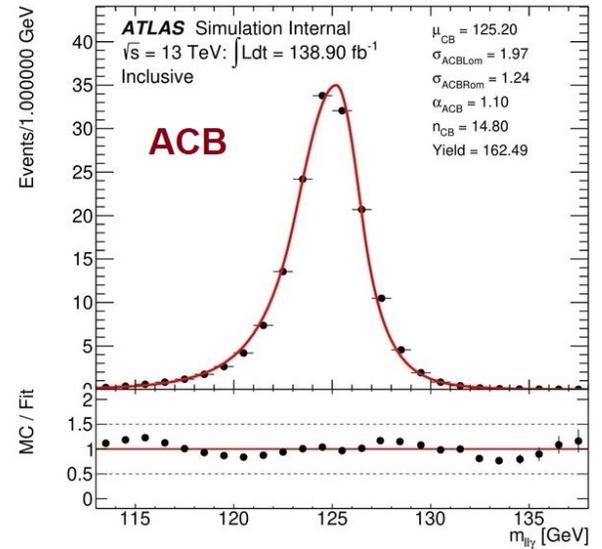
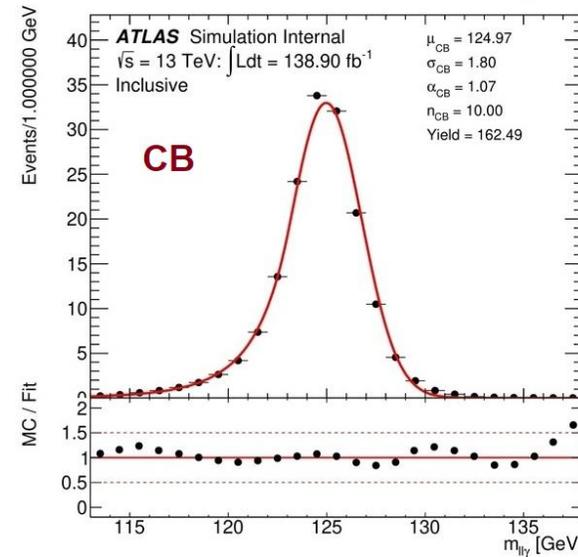
Результаты суммированного сигнала

Таблица значений

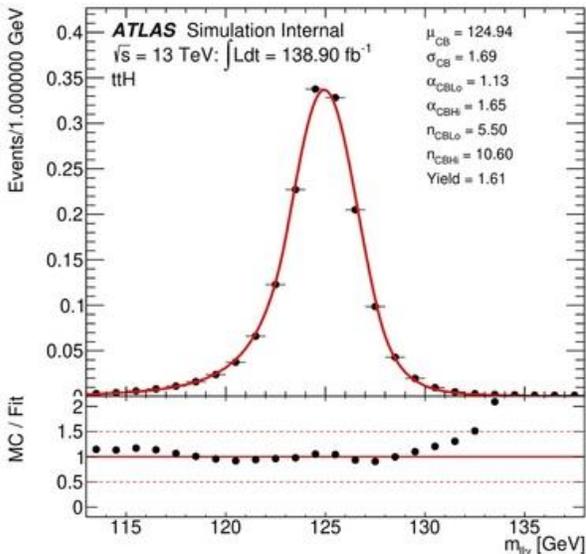
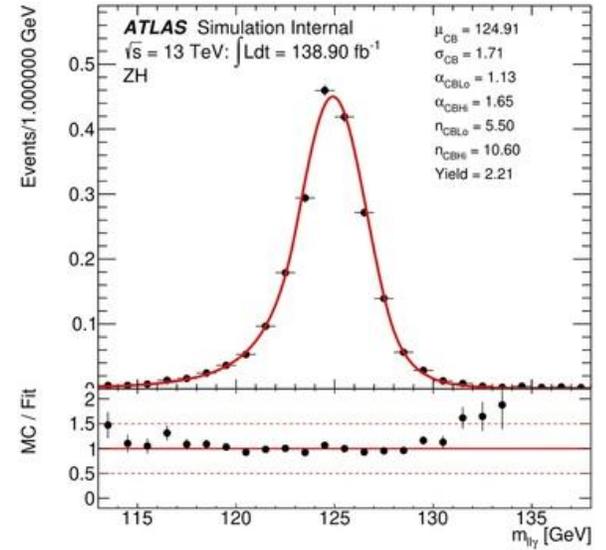
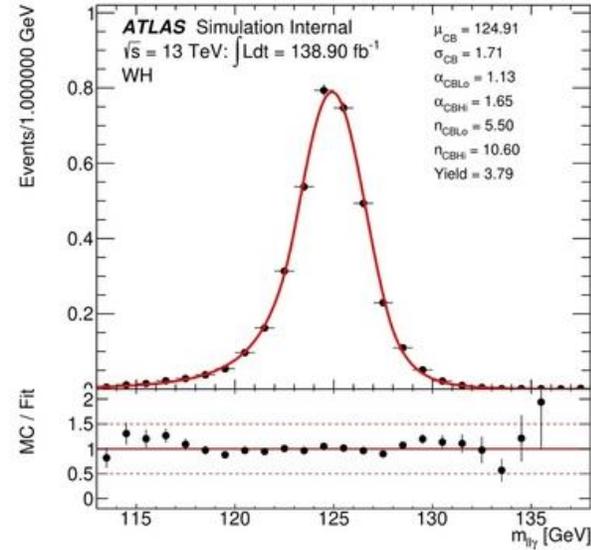
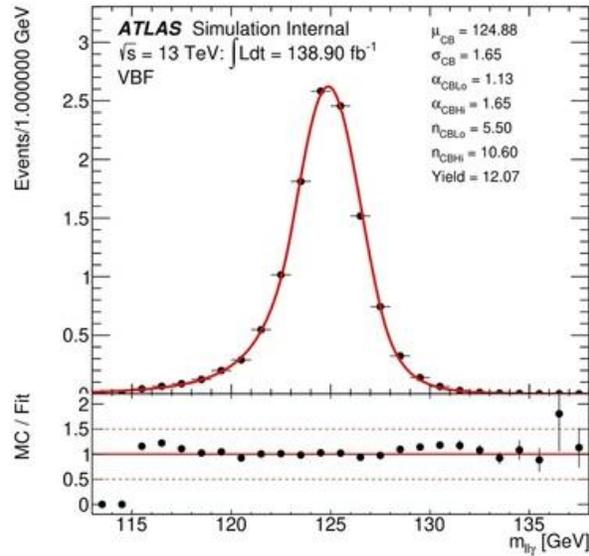
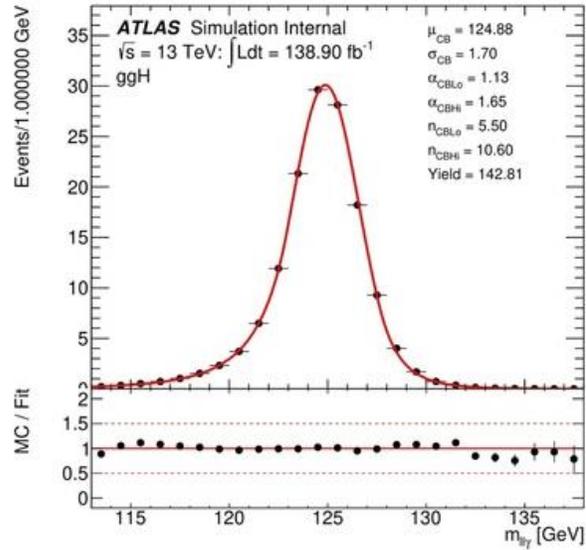
Функция фит-я	$M_{l\gamma}$, ГэВ	σ_{CB} , ГэВ
Inc., DSCB	124.88	1.70
Inc., CBGA	124.84	1.54
Inc., CBPlusVoigt	124.41	2.63
Inc., CB	124.97	1.80
Inc., ACB	125.20	1.97



На основе графиков и значениях основных параметров можно сделать вывод, что функция **DSCB** является наиболее подходящей



Результаты несуммированного сигнала



Для оценки зависимости были зафиксированы параметры α_{Lo} , α_{Hi} , n_{Lo} , и n_{Hi} , а параметры σ_{CB} и μ_{CB} остались произвольными.

Способ обр-я	$M_{Z\gamma}$, ГэВ	σ_{CB} , ГэВ
ggH	124.88	1.70 ± 0.14
VBF	124.88	1.65 ± 0.47
WH	124.91	1.71 ± 0.86
ZH	124.91	1.71 ± 1.18
ttH	124.94	1.69 ± 1.31

Значения инвариантной массы и сигмы распределения для каждого графика совпадает со значениями для суммарного сигнала в пределах погрешностей

Заключение

- Было проведено фитирование смоделированного сигнала и в ходе работы была найдена функция под названием **Double-Sided Crystal Ball**, которая лучше всего описывает распределение инвариантной массы бозона Хиггса в Z бозон и фотон.
- Для каждого из четырёх основных механизмов образования бозона Хиггса было произведено фитирование сигнала и в ходе работы было получено, что сигнал **не зависит** от того, как был рожден бозон Хиггса, а зависит лишь от количества событий.

В будущем планируется сконструировать новую функцию под названием **Double-Sided Asymmetric Crystal Ball (DSACB)**, так как эта функция есть совокупность двух наиболее подходящих функций для описания смоделированных данных распада бозона Хиггса, и ожидается, что данная функция будет наиболее хорошо описывать данные и будет использоваться и далее.

Функция фит-ния	Значение NLL
DSCB	362.622
CBGA	362.657
CBPlusVoigt	362.547
CB	363.021
ACB	363.066

Сигнал + фон бозона Хиггса

