

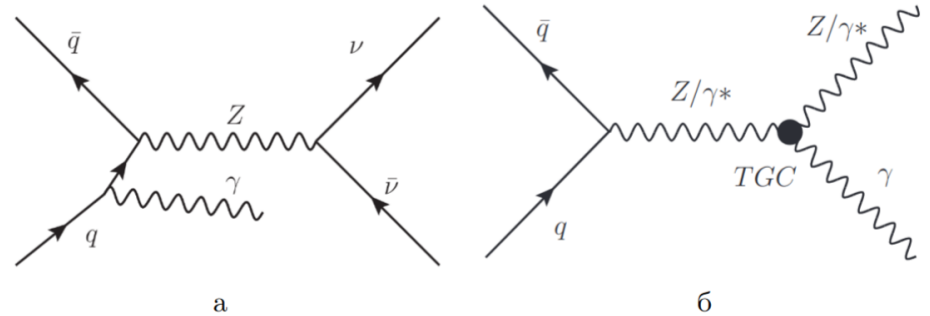
# ОЦЕНКА ФОНА $\gamma + jet$ ДЛЯ ПРОЦЕССА $Z(\nu\bar{\nu})\gamma$ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ATLAS

СТУДЕНТ: СИМБИРЯТИН Л. Л.  
РУКОВОДИТЕЛЬ: СОЛДАТОВ Е. Ю.

# Мотивация

Проблемы СМ:

- Проблема иерархии масс
- Масса нейтрино (по предсказанию нулевая) отлична от нуля
- СМ не описывает гравитационное взаимодействие, частицы темного вещества и т.д.



а - испускание фотона из начального состояния

б - процесс, протекающий через запрещенную трехбозонную вершину

Измерение сечения процесса ассоциированного рождения  $Z + \gamma$ , сравнение с предсказанем СМ

$Z \rightarrow$  адроны

$Z \rightarrow$  заряженные лептоны

$Z \rightarrow \nu\bar{\nu}$

Необходима высокая точность измерений

Важным этапом является оценка фонов

# Отборы и фоновые процессы

$(N_{jets} = 0) \parallel (N_{jets} > 0 \ \&\& \ \Delta\phi(j_1, p_T^{miss}) > 0.4)$
$\Delta\phi(\gamma, p_T^{miss}) > 0.7$
$p_T^{miss} > 130 \text{ ГэВ}$
$p_T^\gamma > 150 \text{ ГэВ}$
$N_\gamma = 1$
$E_T^{cone20}/p_T^\gamma < 0.065$
$p_T^{cone20}/p_T^\gamma < 0.05$
$ \Delta z  < 250 \text{ мм}$
лептонное вето
$E_T^{miss} \text{ значимость} > 11$
$p_T^{SoftTerm} < 16 \text{ ГэВ} (< 40 \text{ ГэВ})$

- $\tau\nu\gamma$  и  $l\nu\gamma$  от  $W\gamma$ , где  $\tau \rightarrow h$  или когда  $e$  или  $\mu$  потеряны;
- $\gamma + jet$ ;
- $W(e\nu)$ ,  $t$  и  $t\bar{t}$ , где  $e \rightarrow \gamma$ ;
- $Z(\nu\bar{\nu}) + jets$ , где  $s \ jet \rightarrow \gamma$ ;
- $Z(ll) + \gamma$ , где  $\tau \rightarrow h$  или когда  $e$  или  $\mu$  потеряны;

	data	$\gamma + jet$	$W\gamma$	$Z(ll)\gamma$	$e \rightarrow \gamma$	$j \rightarrow \gamma$	$t\bar{t}\gamma$
КОЛ-ВО СОБЫТИЙ	$21649 \pm 147$	$6451 \pm 73$	$3386 \pm 21$	$240 \pm 4$	$2511 \pm 11$	$665 \pm 53$	$174.9 \pm 2.8$
доля, %		29.8	15.6	1.1	11.6	3.1	0.8

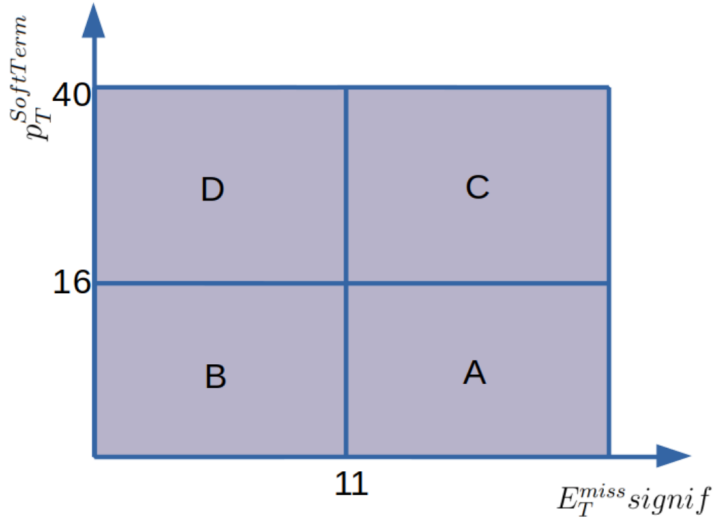
$$\vec{p}_T^{miss} = - \sum \vec{p}_T^f$$

$$E_T^{miss} = |\vec{p}_T^{miss}|$$

$$E_T^{miss} \text{ значимость} = E_T^{miss} / \sqrt{\sigma_L^2 (1 - \rho_{LT}^2)}$$

Оценку фона  $\gamma + jet$  необходимо производить из данных, так как он возникает вследствие неверной идентификации объекта. В данном анализе фон  $\gamma + jet$  является доминирующим.

# ABCD-метод



	data	$W\gamma$	$Z(l)\gamma$	$e \rightarrow \gamma$	$j \rightarrow \gamma$	$tt\gamma$
A	$21649 \pm 147$	$3386 \pm 21$	$240 \pm 4$	$2511 \pm 11$	$665 \pm 53$	$174.9 \pm 2.8$
B	$14559 \pm 121$	$1565 \pm 12$	$96.3 \pm 2.5$	$514 \pm 5$	$310 \pm 71$	$327.8 \pm 3.9$
C	$4835 \pm 70$	$707 \pm 10$	$46.1 \pm 1.8$	$361 \pm 4$	$217 \pm 40$	$58.5 \pm 1.7$
D	$4321 \pm 66$	$372 \pm 6$	$23.1 \pm 1.3$	$130.5 \pm 2.4$	$85 \pm 10$	$103.9 \pm 2.2$

Основные допущения:

- Отсутствие корреляции между базисными переменными;

$$R = \frac{N_A^{\gamma+jet} N_D^{\gamma+jet}}{N_B^{\gamma+jet} N_C^{\gamma+jet}}$$

- Коэффициенты утечки сигнала  $c_i$  верно предсказываются Монте-Карло

$$c_i = \frac{N_i^{Z(\nu\bar{\nu})\gamma}}{N_A^{Z(\nu\bar{\nu})\gamma}}$$

$$N_A = N_A^{Z(\nu\bar{\nu})\gamma} + N_A^{bkg} + N_A^{\gamma+jet}$$

$$N_B = c_B N_A^{Z(\nu\bar{\nu})\gamma} + N_B^{bkg} + N_B^{\gamma+jet}$$

$$N_C = c_C N_A^{Z(\nu\bar{\nu})\gamma} + N_C^{bkg} + N_C^{\gamma+jet}$$

$$N_D = c_D N_A^{Z(\nu\bar{\nu})\gamma} + N_D^{bkg} + N_D^{\gamma+jet}$$

$$\tilde{N}_i = N_i - N_i^{bkg}$$



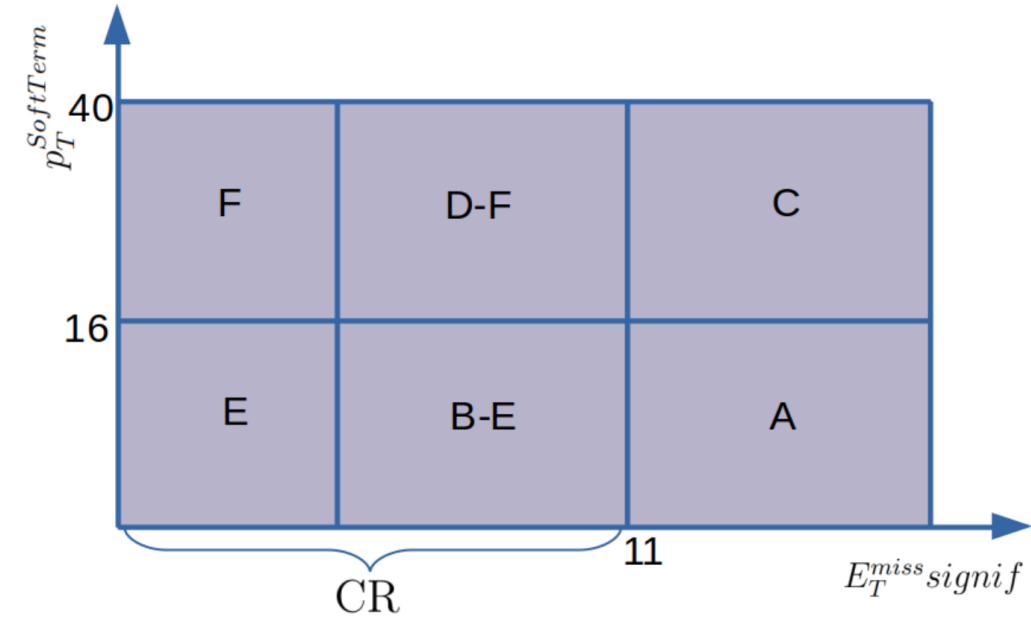
$$N_A^{Z(\nu\bar{\nu})\gamma} = \frac{b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = c_D - R c_C c_B$$

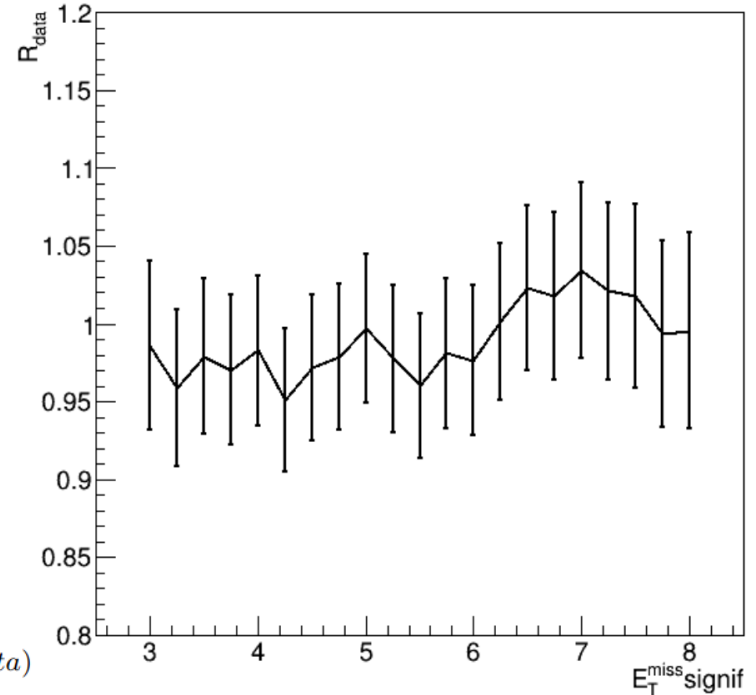
$$b = \tilde{N}_D + c_D \tilde{N}_A - R(c_B \tilde{N}_C + c_C \tilde{N}_B)$$

$$c = \tilde{N}_A \tilde{N}_D - R \tilde{N}_C \tilde{N}_B$$

# Расширенный ABCD-метод



$$R = \frac{N_A^{\gamma+jet} N_D^{\gamma+jet}}{N_B^{\gamma+jet} N_C^{\gamma+jet}} \longrightarrow R_{data} = \frac{N_{B-E}^{\gamma+jet(data)} N_F^{\gamma+jet(data)}}{N_{D-F}^{\gamma+jet(data)} N_E^{\gamma+jet(data)}}$$



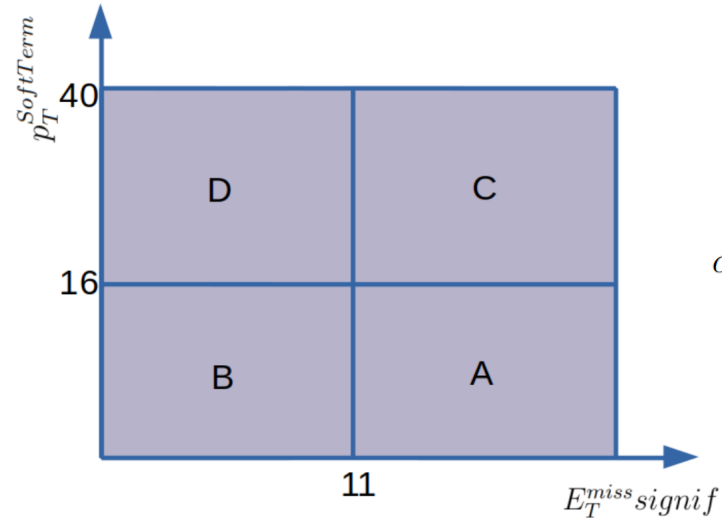
$$R_{data} = 1.00 \pm 0.05$$

# Оценка + погрешности

Статистическая погрешность:  $5436^{+764}_{-747}$

Систематическая погрешность обусловлена:

- Зависимостью значения R от положения границы по  $E_T^{miss}$  значимость для регионов E и F;
- Определением коэффициентов утечки сигнала  $c_i$ ;
- Величиной верхнего отбора по переменной  $p_T^{SoftTerm}$ ;



$$c_i = \frac{N_i^{Z(\nu\bar{\nu})\gamma}}{N_A^{Z(\nu\bar{\nu})\gamma}}$$

Систематическая погрешность от значения R:

	$N_A^{\gamma+jet}$	$\Delta$	$\delta$
$R$	5436		
$R + \Delta R$	6143	+707	13.0%
$R - \Delta R$	4829	-607	11.2%

Систематическая погрешность от верхнего отбора на  $p_T^{SoftTerm}$ :

ограничение	$N_A^{\gamma+jet}$	$\Delta$	$\delta$
$p_T^{SoftTerm} < 40$ ГэВ	$5436^{+764}_{-747}$		
$p_T^{SoftTerm} < 36$ ГэВ	$5582^{+798}_{-779}$	+146	2.7%
$p_T^{SoftTerm} < 44$ ГэВ	$5300^{+736}_{-720}$	-136	2.5%

# Оценка + погрешности

Систематическая погрешность определения коэффициентов утечки сигнала:

$c_i$	Sherpa 2.2	MadGraph+Pythia8	$\Delta$	$\delta$
$c_B$	$0.1595 \pm 0.0003$	$0.1420 \pm 0.0013$	-0.0175	11.0%
$c_C$	$0.1844 \pm 0.0004$	$0.1874 \pm 0.0016$	+0.003	1.6%
$c_D$	$0.03483 \pm 0.00015$	$0.0287 \pm 0.0006$	-0.00613	17.6%
$N_A^{\gamma+jet}$	$5436_{-747}^{+764}$	$5226_{759}^{+777}$	-210	3.9%

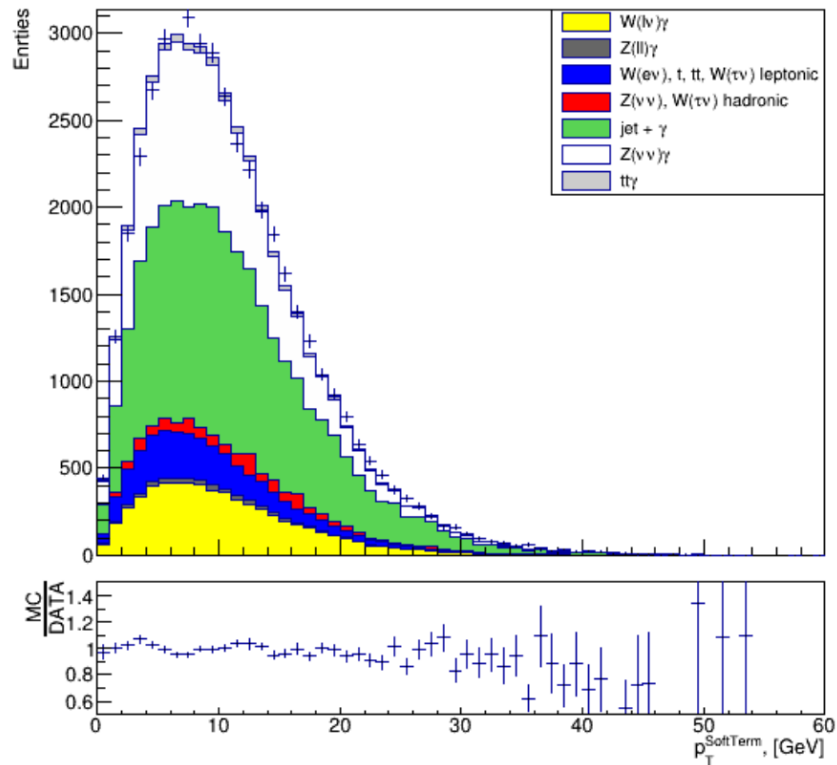
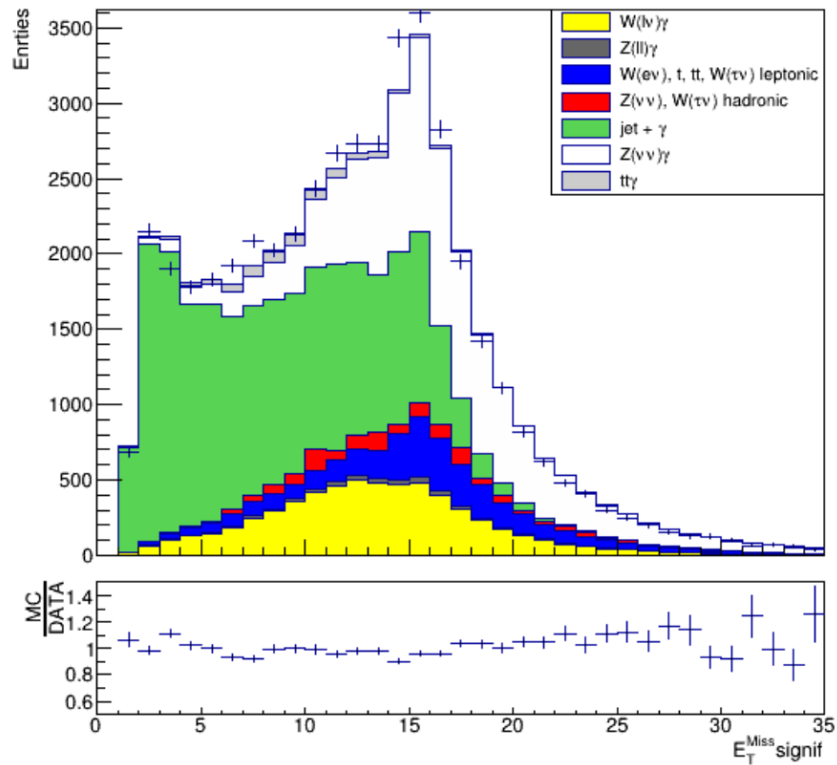
Итоговая оценка числа событий  $\gamma + jet$  в сигнальном регионе с учетом статистической и систематической погрешности составляет  $5436_{-747-657}^{+764+752}$ .

# Заключение

- Получено центральное значение, статистическая и систематическая погрешности для фона  $\gamma + jet$  для процесса  $Z(\nu\nu)\gamma$ :  $5436_{-747}^{+764+752-657}$
- Оценка произведена из данных, показана стабильность корреляционного фактора  $R$
- Особый интерес представляет получение распределение  $\gamma + jet$  по различным переменным, например  $N_{jet}$ ,  $p_T^\gamma$  и т.д.



# Backup (I)



# Backup(II)

