

Оценка фона, обусловленного неверной идентификацией адронной струи как фотона, методом слайсов в протон-протонных столкновениях с энергией  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ в эксперименте ATLAS

Научные руководители: Солдатов Е. Ю.

Казакова К. К.

Студент: Жарова В. С.



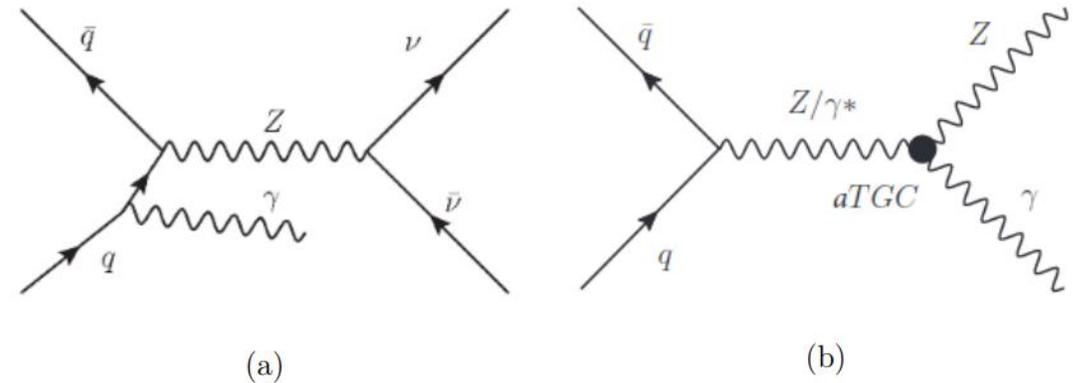
Кафедра физики  
элементарных  
частиц



# Мотивация и цели

## Мотивация:

- Получение интегрального и дифференциального сечений процесса с конечным состоянием  $Z(\nu\bar{\nu})\gamma$  и сравнение результата с предсказаниями теории;
- Высокоточные измерения трехбозонных вершин, чувствительных к новой физике



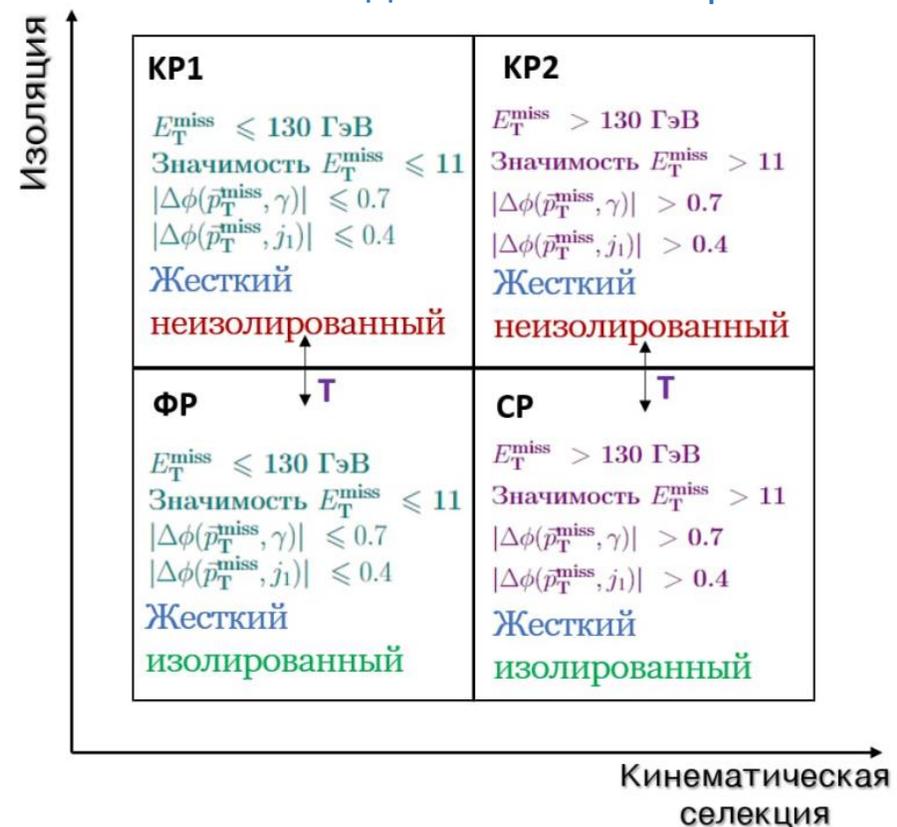
➔ Адронные струи, содержащие нейтральные мезоны, которые в свою очередь распадаются в пару фотонов, могут быть ошибочно идентифицированы как изолированные фотоны.

## Цель работы:

- Получить с помощью метода слайсов число фоновых событий, обусловленных неверной идентификацией адронной струи как фотона ( $\text{jet} \rightarrow \gamma$ ), в процессе с конечным состоянием  $Z(\nu\bar{\nu})\gamma$  и оценить статистическую погрешность числа  $\text{jet} \rightarrow \gamma$  событий.

# Описание метода I

Больше деталей в back-up



1. Фазовое пространство разделяется на 4 региона, определяемых фотонной изоляцией и кинематической селекцией. Сигнальный регион (СР) - **изолированный** регион, события в котором удовлетворяют **сигнальной** кинематической селекцией. Фит регион (ФР) - **изолированный** регион, **ортогональный** СР по кинематической селекцией.

2. KP1 - **неизолированный** регион с **ортогональной** кинематической селекцией. KP2 - **неизолированный** регион с **сигнальной** кинематической селекцией.

3. Во всех четырех регионах фотон является **жестким**.

4. Калориметрическая изоляция :  $E_T^{\text{cone20}} - 0.065 \cdot p_T^{\text{cone20}} < 0 \text{ ГэВ}$

5. В **изолированных** регионах применен отбор по трековой изоляции  $p_T^{\text{cone20}}/p_T^\gamma < 0.05$  . Для увеличения статистики в **неизолированных** регионах применен инвертированный отбор по трековой изоляции  $p_T^{\text{cone20}}/p_T^\gamma > 0.05$

6. Чтобы избежать зависимости от изоляции и повысить точность оценки, неизолированные регионы разделяются на последовательные интервалы по переменной изоляции.

# Описание метода II

Изоляционные интервалы-**слайсы**: [0.065, 0.080, 0.095, 0.115, 0.140, +∞)

7. Количество событий  $jet \rightarrow \gamma$  в  $i$ -ом слайсе КР1 вычисляется

$$\text{как: } N_{CR1(i)}^{jet \rightarrow \gamma} = N_{CR1(i)}^{data} - N_{CR1(i)}^{sig} - N_{CR1(i)}^{bkg}$$

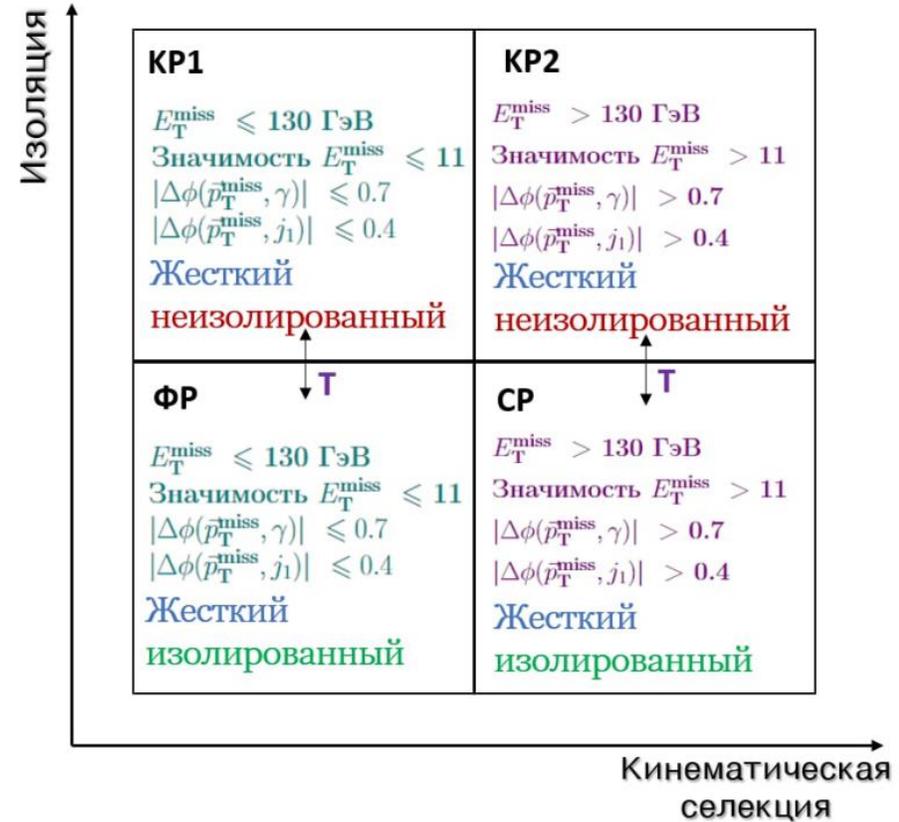
8. В ФР реализуется процесс нормализации на нормировку, таким образом, что общее количество событий в фит регионе, оценённое по  $i$ -ому слайсу неизолированного контрольного региона 1 определяется

$$\text{как: } N_{FR(i)}^{data} = \alpha \cdot (N_{FR(i)}^{sig} + N_{FR(i)}^{bkg}) + N_{FR(i)}^{jet \rightarrow \gamma}$$

9. Т-фактор дает оценку событий  $jet \rightarrow \gamma$  в ФР:  $T_{(i)} = \frac{N_{FR(i)}^{jet \rightarrow \gamma}}{N_{CR1(i)}^{jet \rightarrow \gamma}}$

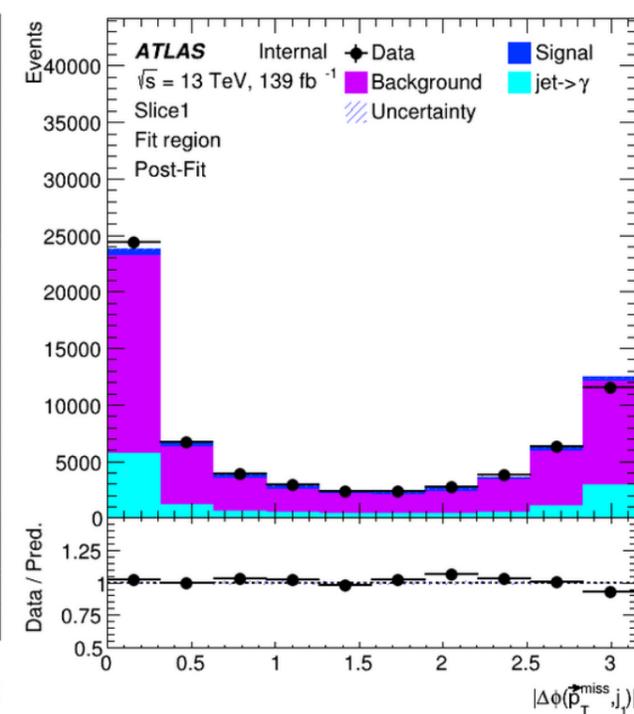
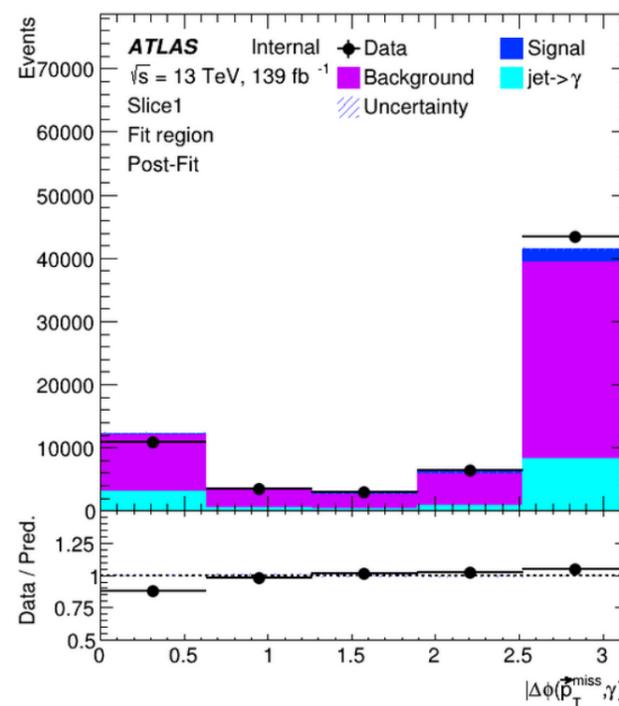
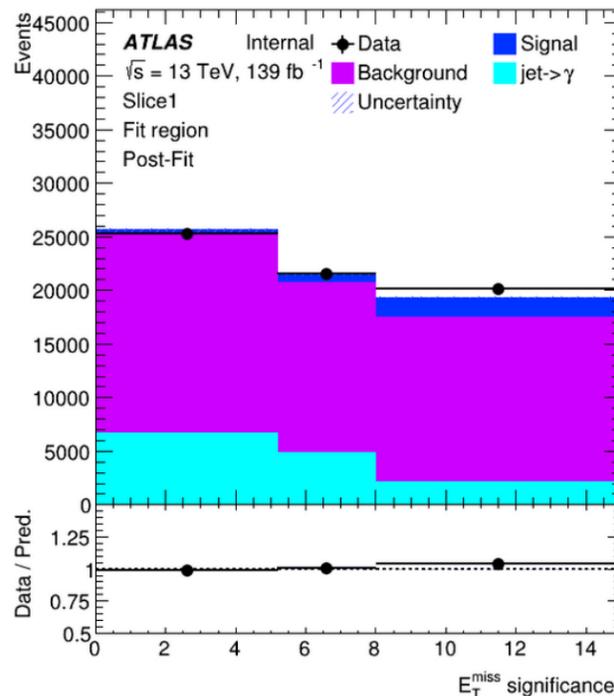
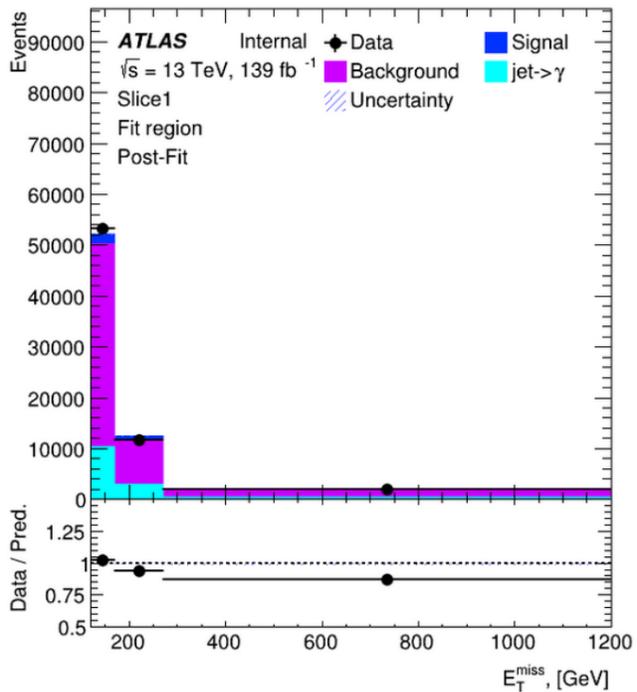
10. Полученный из процесса нормализации для каждого слайса параметр  $T(i)$  применяется к количеству событий  $jet \rightarrow \gamma$  в КР2 с целью экстраполяции в сигнальный регион:

$$N_{SR(i)}^{jet \rightarrow \gamma} = T_{(i)} \cdot (N_{CR2(i)}^{data} - N_{CR2(i)}^{sig} - N_{CR2(i)}^{bkg})$$



# Процесс нормализации

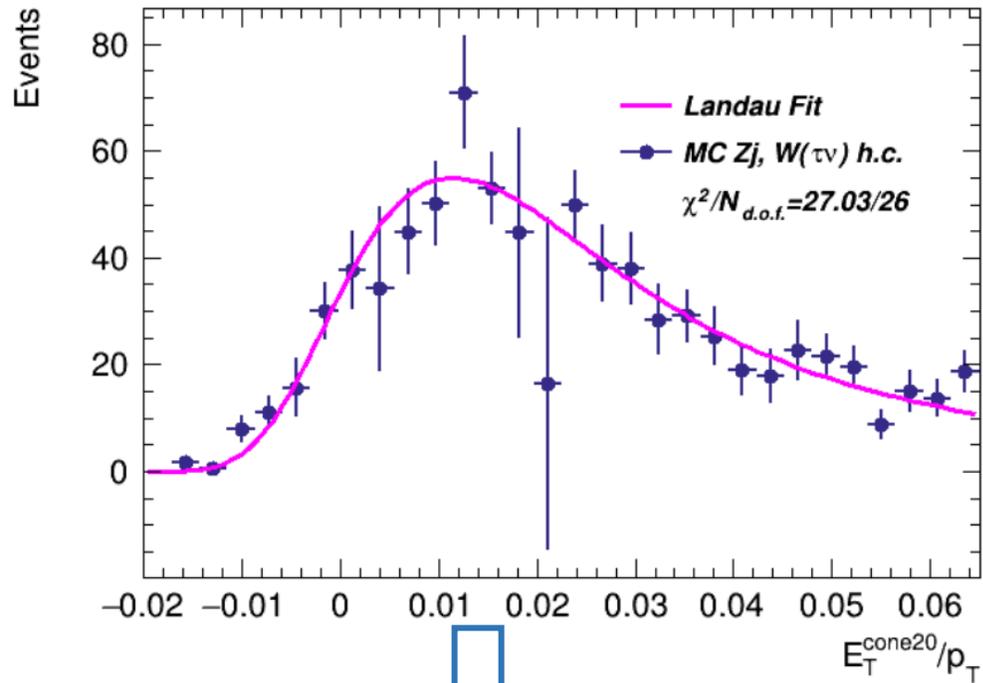
- Нормализация реализуется в фит регионе для 4 переменных:  $E_T^{\text{miss}}$ ,  $E_T^{\text{miss}}$  significance,  $|\Delta\phi(\vec{p}_T^{\text{miss}}, \gamma)|$  и  $|\Delta\phi(\vec{p}_T^{\text{miss}}, j_1)|$



Распределения после фитирования по переменным для слайса 1 [0.065, 0.08]

# Линейная экстраполяция

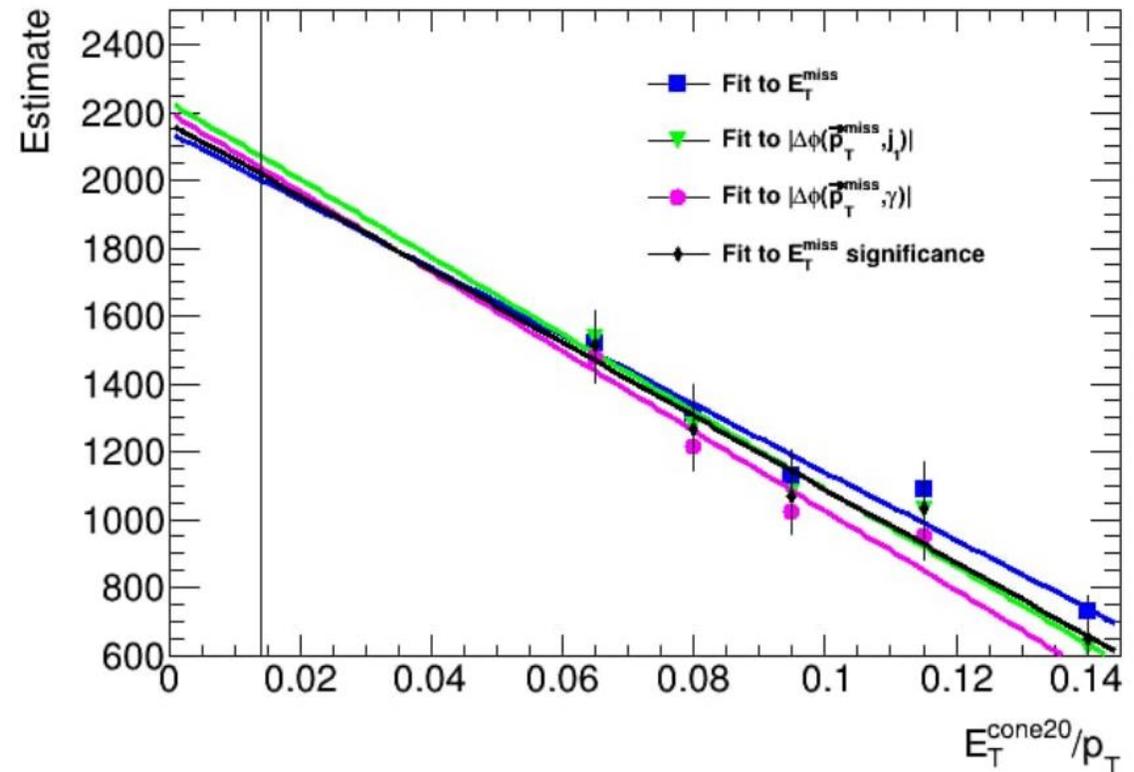
● Распределение по калориметрической изоляции в SR для jet  $\rightarrow \gamma$  МК наборов



$$X = 0.014 \pm 0.010$$

Конечное значение фоновых jet  $\rightarrow \gamma$  событий

$$N_{SR}^{jet \rightarrow \gamma} = 2030 \pm 50$$



Переменная	Количество $N_{SR}^{jet \rightarrow \gamma}$ событий в $X=0.014$
$E_T^{\text{miss}}$	$2000 \pm 100$
$E_T^{\text{miss sign.}}$	$2020 \pm 110$
$ \Delta\phi(\vec{p}_T^{\text{miss}}, \gamma) $	$2030 \pm 120$
$ \Delta\phi(\vec{p}_T^{\text{miss}}, j_1) $	$2070 \pm 110$

## Заключение

**Цель** работы заключалась в получении числа фоновых событий от неверной идентификации адронной струи как фотона в сигнальной области в процессе с конечным состоянием  $Z(\bar{\nu}\nu)\gamma$ .

**В результате:**

- С помощью метода слайсов получена оценка  $\text{jet} \rightarrow \gamma$ , которая составила 2030 событий;
- Оценена статистическая погрешность числа  $\text{jet} \rightarrow \gamma$  событий, которая составила 50 событий;

В дальнейшем планируется получение систематической погрешности.

**Спасибо за внимание!**

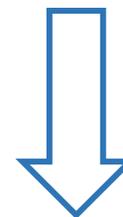
**BACK-UP**

# Отборы событий

- Кандидаты в события  $Z(\nu\bar{\nu})\gamma$

Переменная	Ограничение
$E_T^\gamma$	$> 150$ ГэВ
$E_T^{\text{miss}}$	$> 130$ ГэВ
Число "жестких" фотонов	$N_\gamma = 1$
Лептонное вето	$N_\mu = 0, N_e = 0$
Значимость $E_T^{\text{miss}}$	$> 11$
$ \Delta\phi(\vec{p}_T^{\text{miss}}, \gamma) $	$> 0.7$
$ \Delta\phi(\vec{p}_T^{\text{miss}}, j_1) $	$> 0.4$

- Значимость  $E_T^{\text{miss}}$  – это величина, отделяющая события с правдивой величиной потерянной поперечной энергии от событий с "ложной" величиной, в основном обусловленной либо неполной реконструкцией адронных струй, либо от неверного измерения их энергии, что приводит к увеличению изначально низкой величины потерянного поперечного импульса.

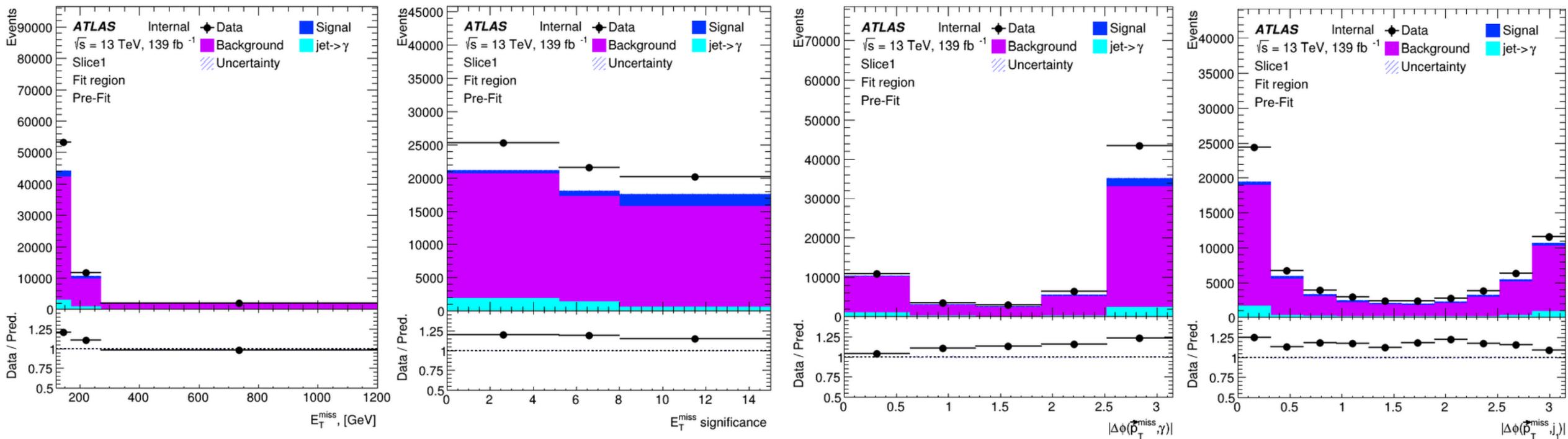


$$S^2 = \frac{|E_T^{\text{miss}}|^2}{\sigma_L^2 (1 - \rho_{LT}^2)}$$

$\sigma_L$  - дисперсия измеренного  $E_T^{\text{miss}}$  в продольном направлении

$\rho_{LT}$  - корреляционный фактор измерения продольной и поперечной компонент  $E_T^{\text{miss}}$

# Пре-фит



Распределения до фитирования по переменным для слайса 1 [0.065, 0.08]

# Результаты процесса нормализации

Параметр  $T(i)$

Слайс	Наблюдаемое $N_{CR2(i)}^{jet \rightarrow \gamma}$
1	$440 \pm 20$
2	$320 \pm 19$
3	$265 \pm 17$
4	$207 \pm 15$
5	$360 \pm 20$

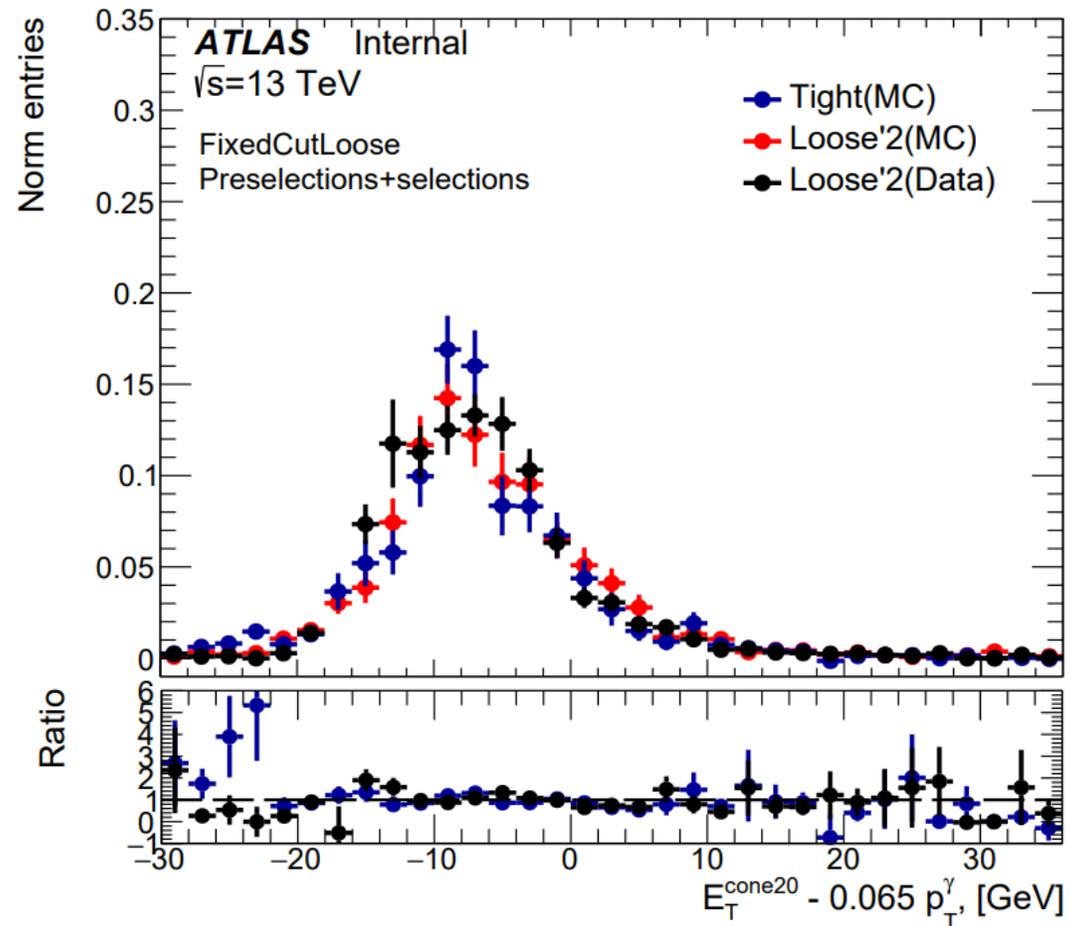
Слайс	$T_1, E_T^{\text{miss}}$	$T_2, E_T^{\text{miss}} \text{ sign.}$	$T_3,  \Delta\phi(\vec{p}_T^{\text{miss}}, j_1) $	$T_4,  \Delta\phi(\vec{p}_T^{\text{miss}}, \gamma) $
1	$3.42 \pm 0.08$	$3.41 \pm 0.08$	$3.45 \pm 0.08$	$3.33 \pm 0.07$
2	$4.11 \pm 0.09$	$3.97 \pm 0.09$	$3.99 \pm 0.09$	$3.81 \pm 0.08$
3	$4.27 \pm 0.09$	$4.04 \pm 0.09$	$4.08 \pm 0.09$	$3.87 \pm 0.08$
4	$5.26 \pm 0.12$	$4.99 \pm 0.11$	$4.97 \pm 0.11$	$4.60 \pm 0.10$
5	$2.01 \pm 0.04$	$1.79 \pm 0.04$	$1.72 \pm 0.04$	$1.51 \pm 0.04$

Наблюдаемые  $jet \rightarrow \gamma$  события в КР2

Слайс	$N_{CR2}^{jet \rightarrow \gamma}$			
	$E_T^{\text{miss}}$	$E_T^{\text{miss}} \text{ sign.}$	$ \Delta\phi(\vec{p}_T^{\text{miss}}, j_1) $	$ \Delta\phi(\vec{p}_T^{\text{miss}}, \gamma) $
1	$1520 \pm 80$	$1520 \pm 80$	$1530 \pm 80$	$1480 \pm 80$
2	$1310 \pm 80$	$1270 \pm 80$	$1280 \pm 80$	$1220 \pm 80$
3	$1130 \pm 80$	$1070 \pm 70$	$1080 \pm 70$	$1020 \pm 70$
4	$1090 \pm 80$	$1030 \pm 80$	$1030 \pm 80$	$950 \pm 70$
5	$730 \pm 50$	$650 \pm 40$	$620 \pm 40$	$550 \pm 40$

$jet \rightarrow \gamma$  события в КР2 с учётом  $T(i)$

# Распределение по калориметрической изоляции



# Альтернативный метод

- Оценка  $jet \rightarrow \gamma$  событий в сигнальном регионе A альтернативного ABCD метода составляет:  $2100 \pm 100$ ;
- Окончательные оценки совпадают в пределах статистической погрешности;

