

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова  
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

На правах рукописи

УДК 539.126.4

Черемушкина Евгения Вадимовна

**Поиск возбужденных электронов и дибозонных  
резонансов в конечном состоянии с лептоном,  
нейтрино и струями на детекторе ATLAS на LHC**

01.04.23 – Физика высоких энергий

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

Научный руководитель

к. ф.-м. н., ведущий научный сотрудник

Мягков Алексей Григорьевич

Протвино – 2020

# Оглавление

<b>Введение</b> . . . . .	5
<b>Глава 1. Поиск новой физики в рамках моделей возбужденного электрона, гравитона Рэндалл–Сандрума и тяжелого <math>W'</math>-бозона</b>	12
1.1. Возбужденные электроны . . . . .	12
1.2. Дибозонные резонансы . . . . .	15
<b>Глава 2. Детектор ATLAS</b> . . . . .	19
2.1. Внутренний детектор . . . . .	19
2.2. Калориметрия . . . . .	21
2.3. Мюонный спектрометр . . . . .	23
2.4. Триггеры и система сбора данных . . . . .	24
<b>Глава 3. Экспериментальные и смоделированные данные</b> . . . . .	26
3.1. Экспериментальные данные . . . . .	26
3.2. Моделирование сигнальных наборов данных для модели возбужденных электронов . . . . .	28
3.3. Смоделированные сигнальные наборы данных для модели дибозонных резонансов . . . . .	29
3.4. Смоделированные наборы данных для фоновых процессов . . . . .	29
3.5. Моделирование взаимодействий pile-up . . . . .	32
3.6. Полный вес смоделированных событий . . . . .	32
<b>Глава 4. Первичные условия отбора событий</b> . . . . .	34
4.1. Отбор объектов . . . . .	34
4.2. Первичный отбор событий . . . . .	47
4.3. Поправочные коэффициенты . . . . .	52

<b>Глава 5. Фоновые процессы</b> . . . . .	53
5.1. Матричный метод для оценки фона ложных электронов в поиске возбужденных электронов . . . . .	54
5.2. Композиция фоновых процессов после первичного отбора . . . . .	56
<b>Глава 6. Стратегия анализа</b> . . . . .	60
6.1. Дискриминирующие переменные . . . . .	61
6.2. Сигнальные области . . . . .	63
6.3. Контрольные области . . . . .	67
6.4. Проверочные области . . . . .	73
<b>Глава 7. Систематические неопределенности</b> . . . . .	77
7.1. Экспериментальные неопределенности . . . . .	77
7.2. Теоретические неопределенности . . . . .	78
<b>Глава 8. Статистический анализ и результаты</b> . . . . .	80
8.1. Статистическая модель . . . . .	80
8.2. Фит модели . . . . .	81
8.3. Результаты поиска возбужденных электронов . . . . .	85
8.4. Результаты поиска дибозонных резонансов . . . . .	88
<b>Заключение</b> . . . . .	93
<b>Список сокращений и условных обозначений</b> . . . . .	96
<b>Список литературы</b> . . . . .	99
<b>Приложение А. Моделирование сигнальных наборов данных в     поиске возбужденных электронов</b> . . . . .	117
<b>Приложение Б. Проверка моделирования сигнальных наборов     данных</b> . . . . .	123

Б.1. $ee^* \rightarrow e\nu W$ , $m_{e^*} = 250, 1000, 4000$ ГэВ, $\Lambda = 5000$ ГэВ. . . . .	123
Б.2. $\mu\mu^* \rightarrow \mu\nu W$ , $m_{\mu^*} = 250, 1000, 4000$ ГэВ, $\Lambda = 5000$ ГэВ. . . . .	126
Приложение В. Наборы данных для фоновых процессов в поиске возбужденных электронов . . . . .	137
Приложение Г. Спектры кинематических переменных после первичного отбора в поиске возбужденных электронов . . . . .	143
Приложение Д. Спектры кинематических переменных в интегральной $W$ CR в поиске возбужденных электронов . . . . .	146
Приложение Е. Спектры кинематических переменных в интегральной $t\bar{t}$ CR в поиске возбужденных электронов . . . . .	149
Приложение Ж. Спектры кинематических переменных в интегральной $m_J$ VR в поиске возбужденных электронов . . . . .	152
Приложение З. Спектры кинематических переменных в интегральной $b$ -jet VR в поиске возбужденных электронов . . . . .	155
Приложение И. Числа событий после фита в контрольных областях в поиске возбужденных электронов . . . . .	158
Приложение К. Числа событий со статистическими и систематическим неопределенностями в поиске возбужденных электронов . . . . .	164
Приложение Л. Параметры модели после фита в поиске возбужденных электронов . . . . .	198

# Введение

## Актуальность темы исследования

Современное описание физики частиц опирается на Стандартную модель (SM) элементарных частиц и их сильного, слабого и электромагнитного взаимодействий. Стандартная модель, с одной стороны, не является полной, так как не включает гравитационное взаимодействие и не предсказывает существование темной материи и энергии, а с другой — не предсказывает ряд экспериментальных фактов, таких как наличие трех поколений фермионов, осцилляции нейтрино, иерархия между электрослабым и планковским масштабами, асимметрия распространённости частиц и античастиц во вселенной. Поэтому, одним из самых актуальных направлений исследований в физике высоких энергий является поиск проявлений «новой физики» — расширений Стандартной модели.

Одним из таких возможных проявлений является одиночное рождение возбужденных электронов, предсказываемых различными моделями составленности, которые вводятся, в частности, для объяснения существования наблюдаемых фермионов в SM, их группировки в поколения и распределения по массам. Поиски возбужденных лептонов в различных конечных состояниях проводились ранее в экспериментах на ускорителях LEP, HERA, Tevatron. Их результаты позволили наложить ограничения при доступных энергиях и светимостях на параметры модели составленности: массу возбужденного лептона и масштаб составленности. Поиск возбужденных электронов в данной работе проведен при ранее недоступной энергии в системе центра масс, что позволило наложить более строгие ограничения на параметры модели составленности.

Кроме того, в данной работе проведен поиск дибозонных резонансов в рамках расширенной модели Рэндалл–Сандрума, позволяющей объяснить слабость гравитационного взаимодействия, и расширенной калибровочной модели, имеющей феноменологические свойства многих расширений калибровочного сектора SM. Поиски дибозонных резонансов осуществлялись ранее и продолжаются в

настоящее время в экспериментах ATLAS и CMS на LHC.

### **Цели и задачи диссертационной работы**

Цель настоящей диссертационной работы заключается в проверке моделей возбужденных электронов и дибозонных резонансов и получении ограничений на их параметры в полуплептонном конечном состоянии, включающем лептон, нейтрино и адронные струи, на данных, собранных детектором ATLAS на LHC в протон–протонных ( $pp$ ) столкновениях с энергией пучков в системе центра масс ( $\sqrt{s}$ ), равной 13 ТэВ в 2015–2016 годах и 8 ТэВ в 2012 году, соответственно. Для реализации поставленной цели автором были решены следующие задачи:

- Выбор и обоснование полуплептонного конечного состояния для поиска возбужденных электронов.
- Моделирование сигнальных наборов данных для поиска возбужденных электронов в событиях с электроном, нейтрино и  $W$ -бозоном.
- Оптимизация условий отбора объектов и первичного отбора событий для поиска возбужденных электронов в конечном состоянии с электроном, нейтрино и адронно распадающимся  $W$ -бозоном в  $pp$  столкновениях с  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ в детекторе ATLAS.
- Оценка вклада фоновых процессов в поиске возбужденных электронов.
- Выбор дискриминирующих переменных, а также построение сигнальных, контрольных и проверочных областей для поиска возбужденных электронов в  $pp$  взаимодействиях при  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ.
- Оценка систематических неопределенностей в поиске возбужденных электронов.
- Проведение статистического анализа и получение ограничений на параметры модели возбужденных электронов в поиске в полуплептонном конечном состоянии.

- Оптимизация условий отбора объектов и первичного отбора событий для поиска дибозонных резонансов в полулептонном конечном состоянии на данных, полученных на детекторе ATLAS в  $pp$  столкновениях при  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ.

### Научная новизна

Поиск возбужденных электронов в конечном состоянии с электроном, нейтрино и струями проведен на данных, полученных в протон–протонных столкновениях в детекторе ATLAS на LHC с беспрецедентно высокой энергией пучков в системе центра масс  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ и набранной интегральной светимостью  $\mathcal{L}_{\text{int}} = 36.1$  фб<sup>-1</sup>. Кроме того, поиск возбужденных электронов в данном конечном состоянии выполнен впервые в эксперименте на LHC. Полученные результаты были скомбинированы с результатами поиска возбужденных электронов в конечном состоянии с двумя электронами и струями, что позволило установить наиболее жесткие ограничения на параметры модели возбужденных электронов в сравнении с результатами предыдущих анализов на момент написания данной диссертационной работы.

Поиск дибозонных резонансов в конечном состоянии с электроном, нейтрино и струями проведен на данных, полученных в протон–протонных столкновениях в детекторе ATLAS на LHC с беспрецедентно высокой, на момент его проведения, энергией  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ и интегральной светимостью  $\mathcal{L}_{\text{int}} = 20.3$  фб<sup>-1</sup>. Для гравитона Калуца–Клейна в модели Рэндалл–Сандрума были получены наиболее жесткие ограничения снизу на массу в сравнении с анализами, проведенными на данных с  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ в экспериментах ATLAS и CMS в других конечных состояниях.

### Теоретическая и практическая значимость

Результаты поисков возбужденных электронов и дибозонных резонансов, включенные в данную диссертацию, являются практической проверкой теоретических и феноменологических моделей расширения SM, таких как модель

составленности [1], расширенная модель Рэндалл–Сандрума [2] и расширенная калибровочная модель [3], и могут служить указаниями при дальнейшей теоретической разработке моделей этих классов. Результаты данной работы могут быть использованы для получения ограничений на параметры различных моделей новой физики вне Стандартной модели с использованием более полного набора данных, полученных в экспериментах на LHC. Методика поиска дибозонных резонансов при  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ легла в основу последующих работ коллаборации ATLAS по поиску дибозонных резонансов в протон–протонных столкновениях при  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ.

### **Положения, выносимые на защиту**

Следующие положения выносятся на защиту диссертационной работы:

1. Выбор и обоснование полулептонного конечного состояния для поиска возбужденных электронов (Глава 1).
2. Методика моделирования сигнальных наборов данных для поиска возбужденных электронов в событиях с электроном, нейтрино и  $W$ -бозоном (Глава 3).
3. Оптимизация условий отбора объектов и первичного отбора событий для поиска возбужденных электронов в конечном состоянии с электроном, нейтрино и адронно распадающимся  $W$ -бозоном в  $pp$  столкновениях с  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ в детекторе ATLAS (Глава 4).
4. Оценка вклада фоновых процессов в поиске возбужденных электронов (Глава 5).
5. Выбор дискриминирующих переменных, а также построение сигнальных, контрольных и проверочных областей для поиска возбужденных электронов в  $pp$  взаимодействиях при  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ (Глава 6).



6. Оценка систематических неопределенностей в поиске возбужденных электронов (Глава 7).
7. Проведение статистического анализа и получение ограничений на параметры модели возбужденных электронов в поиске в полулептонном конечном состоянии (Глава 8).
8. Оптимизация условий отбора объектов и первичного отбора событий для поиска дибозонных резонансов в полулептонном конечном состоянии на данных, полученных на детекторе ATLAS в  $pp$  столкновениях при  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ (Глава 4).

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Основные результаты диссертационной работы доложены лично автором на следующих конференциях по физике высоких энергий:

- “The 3rd Annual Large Hadron Collider Physics Conference, St. Petersburg, Russia, 31 August – 5 September 2015 (LHCP2015)” в виде постерного доклада [4];
- “Международная сессия-конференция Секции ядерной физики ОФН РАН, ОИЯИ Дубна, Россия, 12–15 апреля 2016 (РАН2016)” в виде доклада на параллельной сессии [5];

а также на внутренних собраниях коллаборации ATLAS и семинарах НИЦ «Курчатовский институт» — ИФВЭ.

Кроме того, результаты диссертации были представлены соавторами коллаборации ATLAS на конференциях по физике высоких энергий:

- “European Physical Society Conference on High Energy Physics 2019, Ghent, Belgium, 10–17 July 2019 (EPS-HEP2019)” в виде доклада на параллельной сессии [6].

## Публикации

Материалы диссертации опубликованы в четырех научных работах, из них три опубликованы в рецензируемых научных журналах:

- ATLAS Collaboration, “Search for excited electrons singly produced in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS experiment at the LHC” [7];
- ATLAS Collaboration, “Search for production of  $WW/WZ$  resonances decaying to a lepton, neutrino and jets in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector” [8];
- Cheremushkina E., “Semileptonic (lepton, neutrino and jets)  $WW/WZ$  resonances searches at  $\sqrt{s} = 8$  and 13 TeV with the ATLAS detector at the LHC” [5], по материалам доклада на конференции РАН2016, проведенной в ОИЯИ Дубна, Россия, в апреле 2016 года;

материалы доклада на конференции LHCP2015 опубликованы в виде препринта CERN:

- Cheremushkina E., “Semileptonic (lepton, neutrino and jets)  $WW/WZ$  resonances search at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector at the LHC” [9].

## Личный вклад автора

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Вклад автора в поиск возбужденных электронов в конечном состоянии с электроном, нейтрино и  $W$ -бозоном, распадающимся в адронном канале,  $(e\nu J)$  на данных, полученных в протон–протонных столкновениях с энергией в системе центра масс  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ, является определяющим, как и соответствующие вклады в публикацию [7] в реферируемом журнале и внутреннюю документацию коллаборации ATLAS. Кроме того, автором внесен определяющий вклад в работу по поиску дибозонных резонансов в конечном состоянии с лептоном (электроном

или мюоном), нейтрино и струями в эксперименте ATLAS при  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ, а именно, оптимизация условий отбора объектов и первичного отбора событий. Таким образом, личный вклад диссертанта является критически важным для всего направления поиска возбужденных электронов и дибозонных резонансов в эксперименте ATLAS.

### **Структура и объем диссертации**

Обязательная часть диссертации состоит из введения, восьми глав, заключения и библиографии. Кроме того, текст диссертации включает в себя список сокращений и условных обозначений и 11 приложений. Общий объем диссертации равен 208 страницам, включая 311 рисунков и 63 таблицы. Библиография состоит из 133 наименований на 18 страницах.

# Поиск новой физики в рамках моделей возбужденного электрона, гравитона Рэндалл–Сандрума и тяжелого $W'$ -бозона

## 1.1. Возбужденные электроны

Возбужденные лептоны ( $\ell^*$ ) и кварки ( $q^*$ ) возникают в различных моделях составленности [1; 10–14], введенных для объяснения существования трех поколений лептонов и кварков в Стандартной модели (SM) и их иерархии с большим различием масс.

В данной работе используется феноменологическая модель составленных кварков и лептонов, впервые опубликованная в 1990 году [1]. В моделях составленности предложены новые гипотетические частицы, преоны, которые при больших масштабах составленности  $\Lambda$  формируют фермионы Стандартной модели и их возбужденные состояния. Связанные состояния преонов отображены в представлении калибровочной группы SM  $SU(3)_c \times SU(2)_W \times U(1)_Y$  так, что набор левых и правых хиральных состояний, защищенных  $SU(2)_L$ -симметрией от приобретения масс порядка  $\Lambda$  [1], отождествляется с фермионами Стандартной модели. Оставшиеся вектороподобные состояния, дублеты и синглеты по  $SU(2)_W$ , приобретают массы порядка  $\Lambda$ , и интерпретируются как возбужденные фермионы. Взаимодействия фермионов между собой (Уравнения 1.1 и 1.2) и с калибровочными полями (Уравнение 1.3) при характерных энергиях  $\lesssim \Lambda$  вводятся в приближении эффективной теории поля:

$$\Delta\mathcal{L}_{\text{CI}} = \frac{2\pi}{\Lambda^2} j^\mu j_\mu, \quad (1.1)$$

$$j_\mu = \bar{f}_L \gamma_\mu f_L + \bar{f}_L^* \gamma_\mu f_L^* + (\bar{f}_L^* \gamma_\mu f_L + \text{H.C.}), \quad (1.2)$$

$$\Delta\mathcal{L}_{\text{GM}} = \frac{1}{2\Lambda} \bar{f}_R^* \sigma^{\mu\nu} \left[ g \frac{\tau}{2} W_{\mu\nu} + g' \frac{Y}{2} B_{\mu\nu} \right] f_L + \text{H.C.}, \quad (1.3)$$

где фермионы  $f = \ell, q$  обозначают лептоны и кварки SM, а возбужденные фермионы  $f^* = \ell^*, q^*$  — возбужденные лептоны и кварки. Индексы L и R указывают на, соответственно, левые и правые компоненты фермионных полей. В контактном четырех-фермионном взаимодействии (Уравнение 1.1) участвуют только левоспиральные токи  $j_\mu$  (Уравнение 1.2).  $W_{\mu\nu}$  и  $B_{\mu\nu}$  — тензоры калибровочных полей  $SU(2)_W$  и  $U(1)_Y$ , а  $g$  и  $g'$  — соответствующие константы взаимодействия электрослабой теории. Лево- и правоспиральные возбужденные фермионы образуют  $SU(2)_W$ -дублеты со слабым гиперзарядом  $Y$ , таким, что электрические заряды  $f^*$  совпадают с зарядами основных состояний  $f$ . Дублеты  $l_{L,R}^*$  имеют слабый гиперзаряд  $Y = -1$ . Следовательно их компоненты с проекцией изоспина  $T_3 = -1/2$  представляют возбужденный лептон с электрическим зарядом  $Q = -1$ . Из Уравнений 1.1–1.2 следует, что модель возбужденных лептонов содержит два свободных параметра, ограничивающихся в данной работе: массу возбужденного электрона  $m_{e^*}$  и масштаб составленности  $\Lambda$ . Конкретные значения  $\{m_{e^*}, \Lambda\}$  определяют кинематические свойства конечных состояний и предпочтительные каналы поиска. Вершины четырех-фермионных контактных взаимодействий (CI) подавлены множителем  $\propto 1/\Lambda^2$ , а вершины калибровочных взаимодействий (GM) — множителем  $\propto 1/\Lambda$ , что подразумевает рост сечений рождения  $e^*$  с ростом  $\hat{s}$ . Все безразмерные константы взаимодействий установлены равными единице [1]. Из ограничений унитарности контактного взаимодействия следует требование  $m_{e^*} < \Lambda$  [1; 15]. Вероятности распадов ( $\mathcal{B}$ ) возбужденных электронов в зависимости от  $m_{e^*}$  представлены на Рисунке 1.1 для случая  $\Lambda = 10$  ТэВ. Видно, что распады через калибровочное взаимодействие доминируют при  $m_{e^*} \ll \Lambda$ , а распады через контактное взаимодействие — при  $m_{e^*} \gtrsim \Lambda/3$ .

Поиски возбужденных лептонов проводились ранее в экспериментах LEP [16—

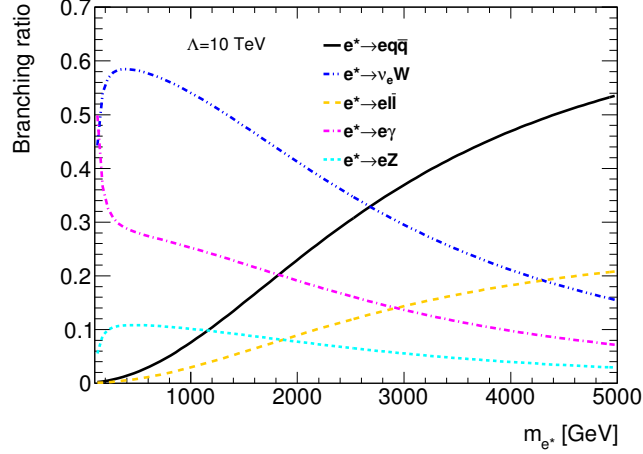


Рис. 1.1. Вероятности распадов возбужденных электронов в зависимости от  $m_{e^*}$ . Масштаб составленности  $\Lambda$  установлен равным 10 ТэВ.

19], HERA [20; 21], Tevatron [22–25] и LHC [26–34]. События с возбужденными лептонами в этих работах обнаружены не были. Наилучшее ограничение снизу на массу возбужденного электрона для случая  $m_{e^*} = \Lambda$  составило 3 ТэВ [27].

В настоящей работе представлен поиск возбужденных электронов, одиночно рожденных в протон–протонных ( $pp$ ) столкновениях при энергии пучков в системе центра масс  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ. Анализ проведен на наборе данных с интегральной светимостью  $\mathcal{L}_{\text{int}} = 36.1 \text{ фб}^{-1}$  (Раздел 3.1), собранных за 2015 и 2016 года детектором ATLAS (Глава 2) на Большом Адронном Коллайдере (LHC).

Предполагается рождение возбужденных электронов в процессе  $q\bar{q} \rightarrow ee^*$  посредством контактного четырех-фермионного взаимодействия (Уравнения 1.1 – 1.2). Вклад рождения  $e^*$  посредством калибровочного взаимодействия является незначительным для масс  $m_{e^*} > 200$  ГэВ [28], и в данной работе не рассматривается. Распад  $e^*$  происходит посредством калибровочного взаимодействия (Уравнение 1.3) на  $W$ -бозон и электронное нейтрино  $\nu$ .  $W$ -бозон распадается в адронном канале, что приводит к конечному состоянию  $ee^* \rightarrow e\nu q\bar{q}$ . Соответствующая диаграмма Фейнмана представлена на Рисунке 1.2. Кварки в распаде  $W$ -бозона в результате адронизации образуют адронные струи  $j$ . Для поиска возбужденного электрона применен подход со струями большого радиуса  $J$ , происходящими от пары коллимированных струй. Вариант отбора событий с

двумя пространственно разрешенными в детекторе струями оказался малоэффективным (Глава 4). Таким образом, производится поиск событий с ровно одним высокоэнергетическим электроном<sup>1</sup>, как минимум одной коллимированной струей  $J$  и потерянным поперечным импульсом ( $E_T^{\text{miss}}$ ). Данное конечное состояние обозначено как  $e\nu J$ .

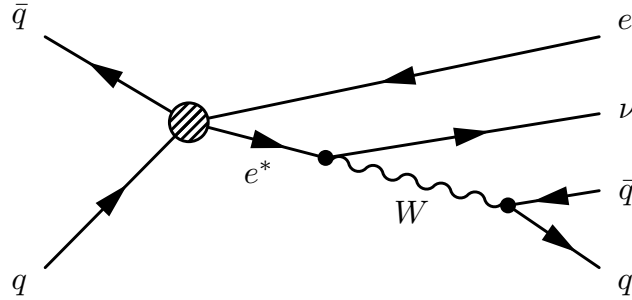


Рис. 1.2. Диаграмма Фейнмана для процесса рождения  $ee^* \rightarrow e\nu q\bar{q}$ .

Важно отметить, что данный поиск возбужденных электронов в конечном состоянии  $e\nu J$  ранее не производился и является уникальным. На момент защиты данной диссертационной работы, результаты поиска являются новейшими. Кроме того, результаты, полученные для конечного состояния  $e\nu J$ , были скомбинированы с результатами поиска в конечном состоянии  $eejj$ , что позволило значительно усилить ограничения на параметры модели возбужденных электронов  $\{m_{e^*}, \Lambda\}$  по сравнению с ограничениями, полученными в ранее опубликованных работах (Раздел 8.3).

## 1.2. Дибозонные резонансы

Ряд моделей новой физики предсказывает существование новых гипотетических частиц, распадающихся на пару калибровочных бозонов. В данной работе рассмотрены две такие модели: расширенная модель Рэндалл–Сандрума (RS1) и расширенная калибровочная модель (EGM).

<sup>1</sup> В данной работе не различаются частицы и античастицы, здесь и далее под частицей подразумевается как сама частица, так и ее античастица.

В расширенной модели Рэндалл–Сандрума с искривленной конечной дополнительной размерностью такими частицами являются Калуца–Клейновские (КК) возбужденные состояния гравитона ( $G^*$ ) со спином 2 [2]. Дополнительная размерность в модели RS1 ограничена двумя “бранами”: браной масштаба ТэВ, на которой находится четырехмерное пространство-время со всеми частицами и взаимодействиями Стандартной модели, и планковской браной, в “bulk” дополнительного измерения между которыми может распространяться только гравитационное взаимодействие. Данная модель характеризуется безразмерной константой связи  $k/\bar{M}_{\text{Pl}}$  (в данной работе выбрано значение  $k/\bar{M}_{\text{Pl}} = 1$ ), где  $k$  — кривизна дополнительного измерения, а  $\bar{M}_{\text{Pl}} = M_{\text{Pl}}/\sqrt{8\pi}$  — уменьшенная масса Планка.

В расширенной калибровочной модели [3] введены тяжелые калибровочные бозоны  $W'^{\pm}$  и  $Z'$ . Константы их взаимодействия с фермионами совпадают с константами Стандартной модели, а константа при вершине взаимодействия тяжелого  $W'$ -бозона с  $W$ - и  $Z$ -бозонами равна константе SM при вершине  $WW\gamma$ , умноженной на коэффициент смешивания  $\xi = c \times (m_W/m_{W'})^2$ , где  $m_W$  и  $m_{W'}$  — массы  $W$ - и  $W'$ -бозонов, соответственно, а  $c = 1$  — поправочный коэффициент константы связи. Ширина резонанса  $W'$  со спином 1 увеличивается линейно с его массой так, что при  $m_{W'} = 1$  ТэВ ширина  $W'$  составляет приблизительно 35 ГэВ.

Поиски дибозонных резонансов в различных конечных состояниях ранее проводились в экспериментах ATLAS [35–37] и CMS [38; 39] на LHC. Предыдущие результаты, полученные в эксперименте ATLAS в конечном состоянии  $llq\bar{q}$ , запрещают существование  $W'$ -бозонов EGM с  $c = 1$ , распадающихся на  $W$ - и  $Z$ -бозоны, с массами до 1.59 ТэВ и  $G^*$  RS1 с  $k/\bar{M}_{\text{Pl}} = 1$ , распадающихся на  $ZZ$ , с массами до 740 ГэВ [37]. В эксперименте CMS были установлены нижние ограничения на массы  $W'$ -бозоны EGM с  $c = 1$  и  $G^*$  RS1 с  $k/\bar{M}_{\text{Pl}} = 0.1$  в адронных каналах распада, равные 1.7 ТэВ и 1.2 ТэВ, соответственно [38].

В данной работе обсуждается поиск узких дибозонных  $WW/WZ$  резонан-



сов в столкновениях  $pp$  при энергии пучков в системе центра масс  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ на данных, полученных в эксперименте ATLAS (Глава 2) на LHC за 2012 год с интегральной светимостью  $\mathcal{L}_{\text{int}} = 20.3$  фб $^{-1}$  (Раздел 3.1). На Рисунке 1.3 показаны диаграммы Фейнмана для процессов рождения  $G^*$  с распадом в  $W^+W^-$  (Рисунок 1.3, а) и  $W'^{\pm}$  в  $W^{\pm}Z$  (Рисунок 1.3, б), где один  $W$ -бозон распадается в лептонном канале ( $W \rightarrow \ell\nu$ , где  $\ell = e, \mu$ ), а второй  $W/Z$ -бозон — в адронном ( $W/Z \rightarrow q\bar{q}'/q\bar{q}$ , где  $q, q' = u, d, c, s, b$ ). Таким образом, для поиска  $G^*$  и  $W'$  отбираются события с ровно одним электроном или мюоном, потерянным поперечным импульсом и струями. Как будет изложено в Главе 4, в данном анализе при 8 ТэВ использовались как разрешенные детектором пары струй  $j$  с реконструкцией в конусе с радиусом  $R = 0.4$ , так и коллимированные тяжелые струи  $J$ , к которым применена техника восстановления внутренней структуры для идентификации коллимированных струй из продуктов адронного распада  $W$ - и  $Z$ -бозонов. Конечные состояния распадов  $G^*$  и  $W'$  обозначены как  $\ell\nu jj$  или  $\ell\nu J$  (далее принято обозначение  $\ell\nu jj/J$ ). Оптимизация условий отбора для струй позволила значительно повысить чувствительность анализа в области больших масс резонансов по сравнению с предыдущими исследованиями.

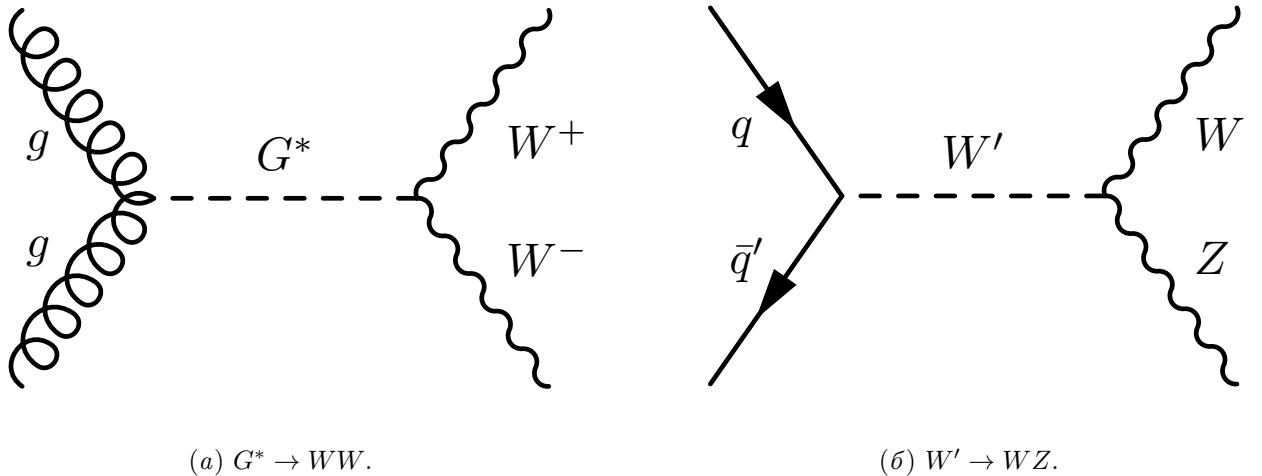


Рис. 1.3. Диаграммы Фейнмана ведущего порядка для процессов  $s$ -канального рождения  $G^* \rightarrow WW$  (а) и  $W' \rightarrow WZ$  (б).

Результаты данного поиска дибозонов в конечном состоянии  $\ell\ell q\bar{q}$  были

скомбинированы с результатами других поисков дибозонных резонансов в конечных состояниях  $\ell\nu\ell'\ell'$ ,  $\ell lq\bar{q}$  и в полном адронном конечном состоянии на детекторе ATLAS при  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ [40]. Позднее были опубликованы новые результаты поисков дибозонных резонансов в различных конечных состояниях при последующих наборах данных с энергиями пучков  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ в экспериментах ATLAS [41–47] и CMS [48; 49].

## Глава 2

## Детектор ATLAS

Детектор ATLAS [50] предназначен для выполнения широкого спектра задач в области физики высоких энергий, как прецизионных измерений параметров Стандартной модели, так и поиска проявлений физики за ее пределами.

В детекторе ATLAS выбрана правая система координат с началом отсчета в номинальной точке взаимодействия пучков. Ось  $z$  определена направлением пучка, положительное направление оси  $x$  указывает в центр кольца LHC, ось  $y$  направлена вверх. Азимутальный угол  $\phi$  измеряется в плоскости  $xy$  вокруг оси пучка, полярный угол  $\theta$  отсчитывается от оси  $z$  в плоскости  $xz$ . Псевдобыстрота определена как  $\eta = -\ln \tan(\theta/2)$ . Поперечные переменные, такие как поперечные импульс ( $p_T$ ), поперечная энергия ( $E_T$ ), потерянный поперечный импульс ( $E_T^{\text{miss}}$ ) определены в плоскости  $xy$ . Угловой параметр в пространстве  $\eta\phi$  задан выражением  $\Delta R = \sqrt{(\Delta\eta)^2 + (\Delta\phi)^2}$ .

Общая схема детектора представлена на Рисунке 2.1. Установка ATLAS имеет осевую симметрию относительно оси  $z$  с центром в точке взаимодействия пучков и зеркальную симметрию относительно плоскости  $xy$ . Система магнитов объединяет в себе тонкий сверхпроводящий соленоид, расположенный вокруг внутреннего детектора (ID, Раздел 2.1), и три больших азимутально симметричных сверхпроводящих тороида (один продольный и два торцевых), окружающих всю область калориметров (Раздел 2.2). Завершающим внешним слоем детектора является мюонный спектрометр (MS, Раздел 2.3). Сбор и хранение данных осуществляется с помощью системы TDAQ (Раздел 2.4).

## 2.1. Внутренний детектор

Каждые 25 нс два протонных пучка сталкиваются в точке взаимодействия пучков, образуя высокую плотность треков частиц в ID. Таким образом форми-

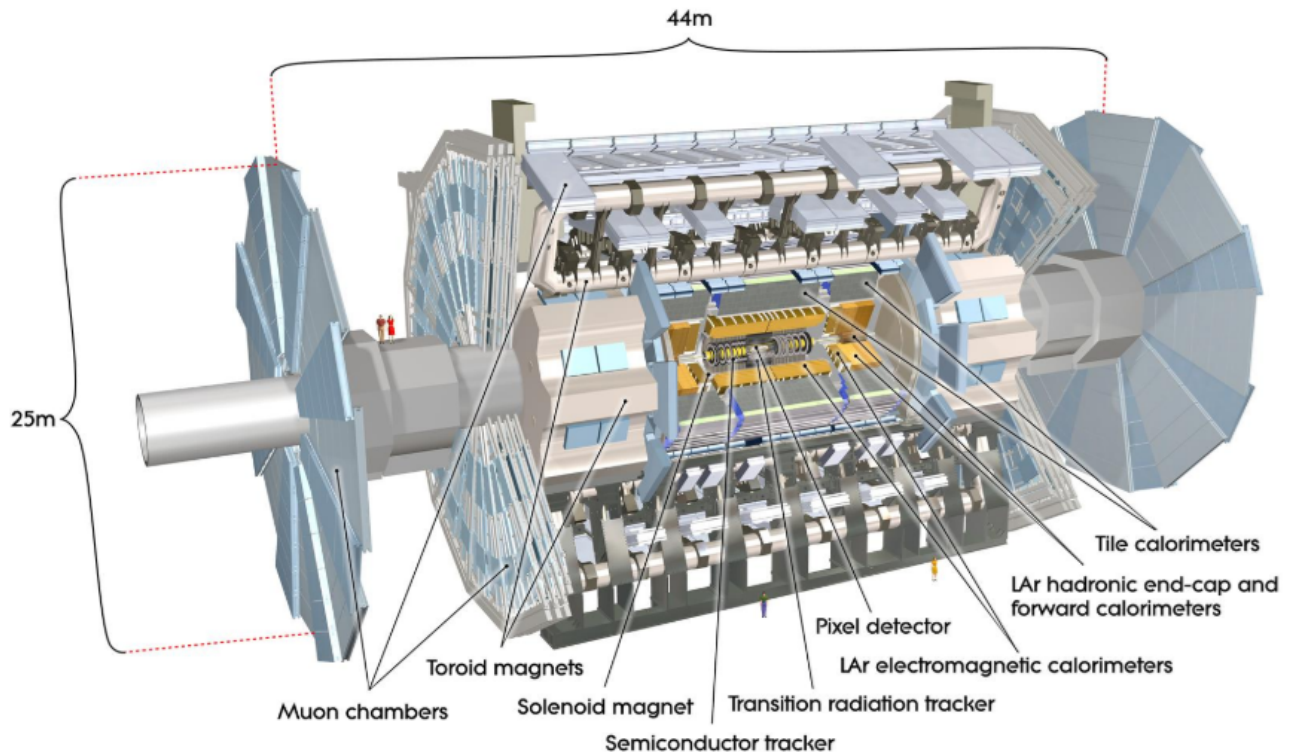


Рис. 2.1. Детектор ATLAS [50].

руются основные требования к ID: обеспечение высокого разрешения по импульсу и координатам и реконструкция как первичных, так и вторичных вершин в области  $|\eta| < 2.5$  для заряженных треков с  $p_T > 0.5$  ГэВ, а также, идентификация электронов с  $|\eta| < 2.0$  и широким спектром энергий от 0.5–150 ГэВ. Для вышеперечисленных требований пиксельные и кремниевые микростриповые детекторы (SCT) комбинируются с детекторами переходного излучения (TRT).

Внутренний детектор помещен в магнитное поле 2 Тл, создаваемое центральным соленоидом. Ближе всего к оси пучка располагается пиксельный детектор, который состоит из трех concentрических цилиндров в продольной части детектора и трех дисков, перпендикулярных оси пучка, с каждого из торцов детектора. Слои пикселя расположены так, чтобы заряженный трек пересекал три слоя, которые разбиты на идентичные кремниевые полупроводниковые пиксельные сенсоры. Далее находится SCT детектор, который состоит из четырех цилиндров и девяти дисков, подобно пикселю. При прохождении через полупроводниковый сенсор пиксельного или SCT детекторов заряженная частица испы-

тывает ионизационные потери энергии, создавая свободные заряды (электроны и дырки), которые собираются с помощью высокого напряжения, поданного на сенсор. В результате, трек заряженной частицы, рожденной в  $pp$  столкновении, реконструируется по не менее семи пространственным  $R - \phi, z$  координатам в объеме ID.

Внешним слоем ID является TRT детектор, состоящий из тонких (4 мм в диаметре) трубок, заполненных газовой смесью на основе ксенона. В продольной части детектора трубки длиной 144 см располагаются вдоль оси  $z$ , а в торцевых частях имеют длину 37 см, и размещены радиально на дисках. Каждый трек состоит из не менее 36 взаимодействий в объеме TRT, но, в отличие от полупроводниковых сенсоров, их координаты определены только в пространстве  $R - \phi$ .

В результате, система внутренних детекторов предоставляет прецизионную информацию о координатах и импульсах заряженных треков от пиксельного и SCT детекторов, которая далее комбинируется с измерениями в электромагнитном калориметре. Возможность идентификации электронов возникает благодаря регистрации фотонов переходного излучения в газовых трубках TRT. Также, благодаря высокой гранулярности внутреннего слоя (5 см в радиусе) пиксельного детектора возможна реконструкция вторичных вершин распадов, которая используется для мечения  $\tau$ -лептона и тяжелых кварков.

## 2.2. Калориметрия

Калориметры должны обеспечивать эффективную регистрацию электромагнитных и адронных ливней, что достигается с помощью широкого интервала по псевдобыстроте ( $|\eta| < 4.9$ ) и достаточной эквивалентной парциальной толщины калориметров, последнее также позволяет ограничивать загрязнение мюонной системы. В областях  $\eta$ , пересекающихся с внутренним детектором, электромагнитный калориметр имеет высокую гранулярность, что позволяет

проводить прецизионные измерения электронов и фотонов. В остальных областях более низкая гранулярность калориметров удовлетворяет физическим требованиям для реконструкции струй и потерянной поперечной энергии,  $E_T^{\text{miss}}$ .

Электромагнитный (ЕМ) калориметр состоит из центрального продольного цилиндра ( $|\eta| < 1.475$ ) и двух торцевых дисков ( $1.375 < |\eta| < 3.2$ ) — по одному с каждой из сторон детектора. Так как центральный соленоид окружен продольной частью ЕМ калориметра, то, для уменьшения неактивного материала перед калориметром, оба помещены в одну вакуумную камеру. Продольный цилиндр разделен пополам на два цилиндра с небольшим зазором в 4 мм между ними в  $z = 0$ . Каждый из торцевых дисков разделен на два коаксиальных цилиндра, с перекрытием областей  $1.375 < |\eta| < 2.5$  для внешнего цилиндра и  $2.5 < |\eta| < 3.2$  — для внутреннего. ЕМ калориметр состоит из каптоновых электродов, имеющих форму гармошки, по всей поверхности покрытых свинцовыми пластинами в качестве вещества-поглотителя. Каждая часть ЕМ калориметра помещена в отдельный криостат, который заполнен активным веществом — жидким аргоном (отсюда ЕМ калориметр получил название жидкоаргонного, LAr), находящимся при температуре, равной примерно 160 К. LAr является абсолютно симметричным по углу  $\phi$ . Толщина же свинцовых пластин оптимизирована для областей  $\eta$ , области калориметра для прецизионной физики с  $|\eta| < 2.5$  имеет большую гранулярность, чем остальные.

Адронная калориметрия осуществляется с помощью трех калориметрических систем: адронного сцинтилляционного калориметра (TileCal), адронного торцевого LAr калориметра (LAr HEC) и переднего LAr калориметра (LAr FCal). TileCal расположен непосредственно вокруг всех LAr калориметров, и состоит из центрального длинного цилиндра ( $|\eta| < 1.0$ ) и двух дополнительных цилиндров по краям ( $0.8 < |\eta| < 1.7$ ). В качестве вещества-поглотителя используется сталь и сцинтилляторы как активное вещество. LAr HEC состоит из двух независимых дисков с каждого из торцов, которые выполнены из параллельных медных пластин, промежутки между которыми заполнены жид-

ким аргоном, и находятся сразу за EM LAr дисками с  $1.5 < |\eta| < 3.2$ . LAr FCAL ( $3.1 < |\eta| < 4.9$ ) представляет собой два цилиндра по одному с каждого торца, которые расположены вдоль оси пучка внутри адронных жидкоаргонных дисков. Каждый цилиндр разделен на три блока: ближний к точке взаимодействия пучков сделан из меди и предназначен для электромагнитных измерений, два других — из вольфрама, для измерения энергии адронных ливней, а также уменьшения уровня радиационного фона в мюонном спектрометре.

### 2.3. Мюонный спектрометр

Калориметры окружены системой сверхпроводящих тороидальных магнитов, состоящих из центрального цилиндра с воздушными зазорами, который создает магнитное поле в области  $|\eta| < 1.4$ , и двух торцевых магнитов для  $1.6 < |\eta| < 2.7$ . В переходной области  $1.4 < |\eta| < 1.6$  магнитное поле определяется суперпозицией полей от центрального и торцевых тороидов. Конфигурация тороида задает весь дизайн мюонного спектрометра (MS), где магнитное поле перпендикулярно трекам мюонов. В центральной области треки мюонов измеряются тремя аксиально симметричными цилиндрическими слоями мюонных камер, расположенных вокруг оси пучка, а в торцевых и переходных областях камеры помещены на плоскости, перпендикулярные пучку, также в три слоя.

Для прецизионных измерений координат мюонных треков используются два типа мюонных камер: мониторируемые дрейфовые трубки (MDT) в широком диапазоне по псевдобыстроте,  $|\eta| < 2.7$ , и катодные стриповые камеры (CSC) в областях  $2.0 < |\eta| < 2.7$ . Камеры MDT размещаются как в центральной, так и в торцевых частях MS, и представляют собой набор алюминиевых катодных трубок с анодной нитью внутри, заполненных газовой смесью на основе аргона. Мюонные камеры CSC расположены на двух торцевых дисках с каждой стороны детектора по восемь больших камер на одном диске и восемь малых на втором. Каждая камера состоит из радиальных анодных нитей и

перпендикулярных им многостриповым катодам.

В качестве триггерной системы мюонов используются камеры RPC в центральной части детектора ( $|\eta| < 1.05$ ) и TGC в торцевых частях ( $1.05 < |\eta| < 2.4$ ). Триггерные камеры выполняют две функции: определение величины поперечных импульсов мюонов, что в дальнейшем используются триггерами первого уровня (Раздел 2.4), и определение координаты по  $\phi$  дополнительно к информации от MDT камер.

## 2.4. Триггеры и система сбора данных

В условиях ЛНС при беспрецедентно высокой плотности взаимодействий протонов, хранить весь объем данных не представляется возможным, поэтому сохраняются только интересные события, отбор которых происходит с помощью системы триггеров и сбора данных (DAQ, совокупно — TDAQ), вместе с системами временного, триггерного и детекторного контроля, которые встроены в архитектуру подсистем детектора. Система триггеров разделена на несколько уровней, так что на каждом последующем уровне события проверяются более жесткими условиями отбора, позволяя таким образом уменьшить объем сохраняемых данных.

В первом периоде сбора данных (Run I) с 2009 по начало 2013 года при  $\sqrt{s} = 7,8$  ТэВ система триггеров разделена на три уровня: триггеры первого (L1), второго (L2) уровней и фильтр событий (EF). Для быстрого (менее чем за 2.5 мс) принятия решения на триггерном уровне L1 используется ограниченное количество информации о событии, позволяя отбирать 75000 событий/с (75 кГц). Также, в каждом отобранном событии L1 триггер определяет интересные области (ROI), то есть те области детектора в пространстве  $\eta\phi$ , в которых регистрируются интересующие наблюдателя объекты. Данные о ROI включают в себя информацию о типе регистрируемых объектов, пройденных условиях отбора вместе с их порогами. Далее эти данные используются триггерами высших



уровней. Система DAQ временно накапливает полученные данные о событиях с детектора, прошедших L1 триггер.

Триггер L2 производит отбор событий, используя полную информацию с детектора только в конкретных ROI события, полученных с L1 триггера, что составляет всего 2% от общих данных события. Так, на втором уровне триггеров объем событий уменьшается до 3.5 кГц со скоростью обработки одного события примерно 40 мс. Заключительной ступенью отбора событий является EF триггер, который понижает уровень отбираемых событий до 200 Гц. На этом этапе применяются процедуры оффлайн-анализа, при котором на каждое событие отводится порядка 4 с. Данные о событиях, прошедших EF триггер, помещаются на постоянное хранение в компьютерном центре в ATLAS.

Во втором периоде сбора данных (Run II) с 2015 по 2018 года энергия пучков возросла до 13 ТэВ, а также выросли светимость и среднее число протон-протонных взаимодействий на одно пересечение сгустков протонов, поэтому триггерная система была модернизирована. Уровень отбора событий триггера L1 вырос с 70 до 100 кГц. Триггеры L2 и EF были объединены в единый триггер высокого уровня HLT [51].

## Глава 3

### Экспериментальные и смоделированные данные

Экспериментальные данные, используемые в поисках возбужденных электронов (EL) и дибозонных резонансов (VV) обсуждаются в Разделе 3.1. Моделирование сигнальных наборов данных, необходимых для оптимизации отбора событий в поисках EL и VV, описано в Разделах 3.2 и 3.3, соответственно. Инструменты, используемые для моделирования основных фоновых процессов для сигнальных моделей EL и VV, перечислены в Разделе 3.4. Учет эффекта множественных взаимодействий, сопутствующих рассматриваемому событию, описан в Разделе 3.5. Процедуры вычисления «весов», используемых для улучшения согласования смоделированного фона с реальными данными, описаны в Разделе 3.6.

#### 3.1. Экспериментальные данные

Для поиска возбужденных электронов в конечном состоянии  $e\nu J$  использованы данные, собранные на детекторе ATLAS на LHC в 2015–2016 годах в протон–протонных столкновениях с энергией пучков в системе центра масс  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ с промежутками в 25 нс между сгустками протонов в пучках. Полная интегральная светимость, полученная в периоды сбора данных при номинальной работе всех необходимых подсистем детектора в 2015 и 2016 годах, равна  $36.1 \text{ фб}^{-1}$ . Поиск дибозонных резонансов в конечном состоянии  $\ell\nu jj/J$  проведен на данных детектора ATLAS, полученных в  $pp$  взаимодействиях с  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ с промежутками в 50 нс между сгустками протонов за 2012 год с интегральной светимостью, равной  $20.3 \text{ фб}^{-1}$ . Для повышения качества собранных данных в обоих анализах исключены события с всплесками шума в калориметрах, а также события с неполной информацией.

Все смоделированные события (как фоновые, так и сигнальные) с реальны-

ми электронами, рожденными из тяжелых электрослабых (EW) частиц, прошли через симуляцию детектора ATLAS [52]. Полная симуляция (FULLSIM) отклика детектора на фоновые процессы SM и сигнальный процесс  $ee^* \rightarrow e\nu W$  получена с помощью GEANT4 [53]. Для реконструкции как экспериментальных, так и смоделированных данных использовалось одинаковое программное обеспечение.

Для поиска возбужденных электронов события записаны с использованием одного из двух одноэлектронных триггеров с пороговыми значениями поперечной энергии  $E_T = 60$  ГэВ и идентификацией (Раздел 4.1.1) *medium id* или 120 ГэВ и идентификацией *loose id* в 2015 году и  $E_T = 60$  ГэВ *medium id* или 140 ГэВ *loose id* в 2016 году. Комбинация триггера с низким энергетическим порогом и жесткими критериями идентификации электрона с триггером с высоким энергетическим порогом и ослабленными идентификационными критериями в результате улучшает эффективность одноэлектронного триггера до 90% для электронов в рассматриваемом фазовом пространстве [51]. Однолептонные триггеры в поиске дибозонных резонансов комбинировались по такому же принципу: для электронного конечного состояния с пороговыми значениями поперечной энергии  $E_T = 24$  и 60 ГэВ, причем оба с идентификацией *medium id*, но первый с адронной изоляцией  $\leq 1$  ГэВ на уровне L1 и трековой изоляцией (Раздел 4.1.1)  $p_T^{\text{cone}0.2}/p_T < 0.1$  на уровне EF, а для мюонного —  $E_T = 24$  и 36 ГэВ, с идентификацией *tight id*, причем первый триггер включал требование трековой изоляции  $p_T^{\text{cone}0.2}/p_T < 0.12$  на уровне EF [54; 55].

Отобранные события содержат несколько протон–протонных столкновений в одном пересечении протонных сгустков (pile-up). Среднее число pile-up взаимодействий составляло 21 в данных 2012 года и 24 — в 2015–2016 годах, что приводило к реконструкции множественных вершин в событии. В качестве первичной вершины (PV) выбирается вершина с наибольшей суммой квадратов поперечных импульсов заряженных частиц,  $\Sigma p_T^2$ .

## 3.2. Моделирование сигнальных наборов данных для модели возбужденных электронов

Наборы сигнальных событий для модели возбужденных электронов были смоделированы для электронного и мюонного<sup>1</sup> каналов для масштаба составленности  $\Lambda = 5$  ТэВ и диапазона масс возбужденного лептона (электрона или мюона) от 100 ГэВ до 1 ТэВ с шагом, равным 100 ГэВ, и от 1 ТэВ до 4 ТэВ с шагом в 250 ГэВ. Эффектом зависимости полной ширины  $l^*$  от параметра  $\Lambda$  при  $m_{l^*} < \Lambda$  можно пренебречь, что было проверено в поиске возбужденных мюонов в конечном состоянии  $\mu\mu jj$  на детекторе ATLAS при  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ [29]. Все сигнальные наборы данных прошли через полную симуляцию отклика детектора ATLAS FULLSIM GEANT4<sup>2</sup>.

Сигнальные наборы данных были смоделированы с помощью генератора RUTHIA 8.210 [56] с использованием матричного элемента (ME) ведущего порядка (LO), набора функций распределения партонов (PDF) NNPDF23LO [57] и набора параметров алгоритмов построения КХД-каскадов, фрагментации и адронизации A14 [58]. Парциальные ширины распадов  $l^*$  для смоделированных сигнальных наборов данных были получены с помощью CALCHEP 3.6.25 [59] с учетом ненулевых масс кварков, так как модель возбужденного лептона в RUTHIA 8.210 рассматривает продукты распада возбужденного лептона как безмассовые частицы. Рассчитанные парциальные ширины для каждого значения  $m_{l^*}$ , приведенные в Таблице A.1 (Приложение A), использовались для дополнительной настройки RUTHIA 8.210 при моделировании сигнальных наборов данных. Распады  $b$ - и  $c$ -адронов в смоделированных наборах данных для сиг-

<sup>1</sup> Мюонный канал ( $\mu\mu^* \rightarrow \mu\nu W(\rightarrow qq)$ ) далее в анализе не использовался.

<sup>2</sup> В эксперименте ATLAS так же активно используется быстрая симуляция детектора (ATLFASTII), в которой симуляция внутреннего детектора, основанная на GEANT4, комбинируется с параметризованной симуляцией калориметров [52]. Не смотря на то, что данный тип симуляции значительно экономит процессорное время, и, следовательно, позволяет смоделировать наборы данных с большей статистикой, для поиска возбужденных электронов в конечном состоянии  $e\nu J$  была выбрана полная симуляция, обеспечивающая более надежную реконструкцию коллимированных струй.

нальных процессов моделировались с помощью EvtGen 1.2.0 [60].

В Приложении Б приведены проверочные распределения для различных кинематических переменных, полученные для частиц на уровне генератора, необходимые для качественной проверки достоверности смоделированных наборов данных для сигнальных процессов.

### 3.3. Смоделированные сигнальные наборы данных для модели дибозонных резонансов

Используемые сигнальные наборы данных в поиске дибозонных резонансов в конечном состоянии  $\ell\nu jj/J$  смоделированы для масс резонансов от 300 ГэВ до 2500 ГэВ с шагом, равным 100 ГэВ. Сигнальные события для модели гравитона Рэндалл–Сандрума RS1  $G^*$  с константой  $k/\bar{M}_{\text{Pl}} = 1.0$  смоделированы с помощью генератора CALCHEP в ведущем порядке теории возмущений с распадом  $G^*$  в пару  $WW$ , которая затем распадается в  $\ell\nu q\bar{q}$ . Для тяжелого  $W'$  расширенной калибровочной модели события смоделированы генератором RUTHIA 8 с константой  $c = 1$  и нормировкой полного сечения на значение, полученное во втором после ведущего порядке (NNLO) с помощью программы ZWPROD [61], с последующим распадом  $W' \rightarrow WZ \rightarrow \ell\nu q\bar{q}$ . Партонные ливни и их адронизация смоделированы генератором RUTHIA 8 с набором PDF CTEQ6L1 [62] и MSTW2008LO [63] для  $G^*$  и  $W'$ , соответственно.

### 3.4. Смоделированные наборы данных для фоновых процессов

Как показано далее в Главе 5, доминирующими фоновыми процессами в поиске возбужденных электронов в конечном состоянии  $e\nu J$  являются ассоциированное рождение  $W (\rightarrow e\nu) + \text{jets}$  и рождение пары  $t\bar{t}$ . Меньший вклад в композицию фона вносят процессы рождения одиночного  $t$ -кварка (Single- $t$ ) (в  $Wt$ ,

$s$ - и  $t$ -каналах),  $W (\rightarrow \tau\nu) + \text{jets}$ ,  $Z/\gamma^* + \text{jets}$  и дибозонов ( $VV = WW/WZ/ZZ$ ). В поиске дибозонных резонансов в конечном состоянии  $\ell\nu jj/J$  основной вклад вносит фоновый процесс рождения  $W + \text{jets}$  с распадами  $W$ -бозонов в электронном, мюонном и  $\tau$ -лептонном каналах. Далее по убыванию значимости следуют фоновые процессы  $t\bar{t}$ , Single- $t$ ,  $VV$  и  $Z/\gamma^* + \text{jets}$ .

Процессы рождения  $W + \text{jets}$  и  $Z/\gamma^* + \text{jets}$  смоделированы с помощью генератора SHERPA 2.2.1 [64] с набором PDF NNPDF 3.0 [65] для поиска EL и SHERPA 1.4.1 [64] с набором PDF CT10 [66] для анализа  $VV$ . Партонные конечные состояния, рожденные вместе с  $W$ - и  $Z$ -бозонами, содержащие до двух партонов, были смоделированы в следующем за ведущим порядке (NLO), а содержащие три или четыре партона — в LO с использованием программы OPENLOOPS [67] и COMIX [68] для NLO и LO, соответственно. Двойной счет событий с одинаковыми партонными конечными состояниями, смоделированных различными комбинациями ME и партонных ливней (PS), был устранен в соответствии с алгоритмом ME+PS@NLO [69]. Наборы данных смоделированы отдельно в соответствии с ароматом лептона для распадов бозонов  $W \rightarrow \ell\nu$  и  $Z \rightarrow \ell\ell$ , где  $\ell = e, \mu, \tau$ <sup>3</sup>. Так как дифференциальное сечение данных процессов быстро спадает с ростом поперечного импульса  $W$ - или  $Z$ -бозона, то для обеспечения достаточной статистики в малонаселенных областях фазового пространства наборы данных были смоделированы отдельно для различных промежутков по переменной  $\max\{H_T, p_T^{W(Z)}\}$ . Помимо этого, для каждого промежутка смоделированы три отдельных набора данных в соответствии с содержанием тяжелых ароматов в событиях: один набор данных, содержащий  $b$ -кварки, второй, содержащий  $c$ -кварки, но не содержащий  $b$ -кварки, и третий, не содержащий тяжелых ароматов. Смоделированные наборы данных  $W + \text{jets}$  и  $Z/\gamma^* + \text{jets}$  были нормированы на полные инклюзивные сечения рождения, вычисленные в приближении NNLO программами FEWZ [70] для анализа EL и DYNNLO [71] для анализа  $VV$ . Списки наборов данных для  $W + \text{jets}$  и  $Z/\gamma^* + \text{jets}$

<sup>3</sup> Мюонный канал не рассматривается в поиске EL.

приведены в Таблицах В.1–В.4 (Приложение В) для поиска EL.

Для поиска возбужденных электронов наборы данных для процесса рождения  $t\bar{t}$  смоделированы в приближении NLO по константе сильного взаимодействия генератором POWHEG-BOX v2 [72–75] с сохранением корреляций спинов кварков в конечном состоянии и набором PDF CT10 [66]. Процессы EW  $s$ - и  $t$ -канального рождения одиночного  $t$ -кварка (Single- $t$ ), как и ассоциированного с  $W$ -бозоном рождения одиночного  $t$ -кварка, смоделированы с помощью POWHEG-BOX v1 [76; 77]. Партонные ливни, адронизация и дополнительные столкновения партонов, произошедшие в том же протон–протонном столкновении вместе с рассматриваемым основным событием (сопутствующие события), смоделированы с помощью генератора PYTHIA 8.210 для  $t\bar{t}$  и PYTHIA 6.428 [78] для Single- $t$ . Генераторы PYTHIA 8.210 и PYTHIA 6.428 используют настройки наборов параметров A14 и Perugia 2012 [79], соответственно. Для поиска дибозонных резонансов наборы данных для процессов  $t\bar{t}$  и Single- $t$  ( $s$ -канал и  $Wt$ ) смоделированы генератором MC@NLO [80] с использованием HERWIG [81] для адронизации партонов и JIMMY [82] для моделирования сопутствующих событий, а  $t$ -канал для Single- $t$  смоделирован генератором ACERMC [83] с PYTHIA 6.4. Смоделированные наборы событий нормированы на полные инклюзивные сечения рождения, вычисленные с помощью программы Top++ v2.0 [84] с константой сильного взаимодействия, вычисленной в приближении NNLO и описанием эмиссии мягкого глюона во втором после ведущего логарифмическом приближении (NNLL) для процесса рождения  $t\bar{t}$  [85–90] и в приближении NLO+NNLL для процесса рождения Single- $t$  [91–93]. Распады  $b$ - и  $c$ -адронов в смоделированных наборах данных для процессов рождения  $t\bar{t}$  и Single- $t$  были получены с помощью EvtGen v1.2.0 [60]. Используемые смоделированные наборы данных для  $t\bar{t}$  и Single- $t$  перечислены в Таблице В.5 (Приложение В) для поиска EL.

События рождения дибозонов  $WW$ ,  $WZ$  и  $ZZ$ , распадающихся в  $\ell\nu q\bar{q}$  и  $\ell\ell q\bar{q}$ , смоделированы с помощью генераторов SHERPA 2.2.1 с набором PDF NNPDF 3.0 для анализа EL и HERWIG + JIMMY для анализа VV. События, со-

держачие ноль или один партон в конечном распаде, смоделированы с ME в приближении NLO. События с двумя или тремя кварками или глюонами смоделированы с ME в приближении LO. Последующая эмиссия мягкого глюона смоделирована с помощью алгоритма ME+PS. Перечень дибозонных наборов данных представлен в Таблице B.6 (Приложение B) для поиска EL.

### 3.5. Моделирование взаимодействий pile-up

Pile-up взаимодействия описываются с помощью наложения на каждое смоделированное сигнальное или фоновое событие случайного числа неупругих событий, удовлетворяющих минимальным требованиям отбора. Такие события были смоделированы генератором RUTHIA 8.186 [94] с набором параметров A2 [95] и PDF MSTW2008LO [63]. Пространственное распределение смоделированных pile-up вершин и распределение их среднего числа в событии,  $\langle \mu \rangle$ , близки к усредненным наблюдаемым распределениям в реальных данных. Чтобы скорректировать оставшуюся разницу между реальным и смоделированным pile-up, каждое смоделированное событие перевзвешивается так, чтобы полученное распределение среднего числа взаимодействий и их пространственное распределение в смоделированных наборах данных соответствовало наблюдаемым в реальных данных при усреднении по полной статистике.

### 3.6. Полный вес смоделированных событий

Теоретический вес  $w_i^{\text{theory}}$  каждого смоделированного события  $i$  задан Уравнением 3.1:

$$w_i^{\text{theory}} = \frac{(\sigma \times \mathcal{B}) \times k_{\text{factor}} \times \epsilon_{\text{filter}} \times \mathcal{L}}{N'_{\text{gen}}}, \quad (3.1)$$

где  $\sigma$  — сечение рождения;  $\mathcal{B}$  — вероятность распада;  $k_{\text{factor}}$  — отношение сечений процессов, вычисленных в NLO или NNLO к сечению, вычисляемому непосредственно генератором (LO);  $\epsilon_{\text{filter}}$  — эффективность критериев отбора событий, на-



ложенных на уровне генератора;  $\mathcal{L}$  — полная интегральная светимость данных, используемых в анализе;  $N'_{\text{gen}} = \sum_{m=1}^{N_{\text{gen}}} w_m$  — сумма весов событий генератора. Генератор MC@NLO моделирует события с весами  $w_m = \pm 1$ , события в наборах данных SHERPA имеют генераторные веса в диапазоне 0.1–1, все остальные генераторы моделируют события в приближении LO с весами, равными 1.

Неточности моделирования инструментальных эффектов компенсируются умножением веса событий  $w_i^{\text{theory}}$  на произведение поправочных коэффициентов  $SF_k$ , назначаемых индивидуальным реконструированным объектам, и веса  $w_i^{\text{pile-up}}$ , корректирующего распределение pile-up в смоделированных данных (Раздел 3.5), и описываются полным весом события,  $w_i^{\text{total}}$ , представленным в Уравнении 3.2:

$$w_i^{\text{total}} = w_i^{\text{theory}} \times \prod_k SF_k \times w_i^{\text{pile-up}}. \quad (3.2)$$

Поправочные коэффициенты SF обсуждаются ниже в Разделе 4.3).

## Первичные условия отбора событий

В поисках возбужденных электронов (EL) и дибозонных резонансов (VV) конечными объектами, составляющими искомые конечные состояния, являются реконструированные электроны, мюоны, струи и потерянная поперечная энергия. Условия отбора реконструированных объектов описаны в Разделе 4.1. Вводятся две категории отобранных объектов: *начальный* с ослабленными условиями отбора и *конечный* с более жесткими условиями отбора. Разделение на эти две категории необходимо для корректного устранения двойного счета как между отдельными реконструированными объектами в одном событии, так и между событиями, отбираемыми для анализа в разных конечных состояниях. Последнее необходимо, так как результаты данных поисков комбинируются с результатами, полученными в других конечных состояниях на одних и тех же исходных данных. Далее, *первичный*<sup>1</sup> отбор событий для анализов производится на основе отобранных *конечных* объектов. *Первичные* условия отбора событий и их последовательность перечислены в Разделе 4.2.

### 4.1. Отбор объектов

Условия отбора *начальных* и *конечных* объектов перечислены в Таблице 4.1 для поисков VV и EL, которые обсуждаются подробнее в Разделах 4.1.1–4.1.6.

---

<sup>1</sup> Не путать *первичный* отбор событий, поверх которого производится оптимизация сигнальных, контрольных и проверочных областей (Глава 6), и *конечные* отборы объектов, комбинация которых определяет *первичный* отбор событий.

Таблица 4.1. Отбор *начальных* и *конечных* объектов в анализах VV и EL. *Конечные* условия накладываются поверх *начальных*.

Тип отбора	Объекты	VV	EL
<i>Начальный</i>	Электроны	$ \eta  < 2.47$ , кроме $\{1.37; 1.52\}$ $p_T > 20$ ГэВ <i>medium id</i> $p_T^{\text{cone}0.2}/p_T < 0.15$ $ d_0 /\sigma_{d_0} < 6$ $ z_0 \sin \theta  < 2$ мм	$p_T > 40$ ГэВ <i>loose id</i> — $ d_0 /\sigma_{d_0} < 5$ $ z_0 \sin \theta  < 0.5$ мм
	Мюоны	$ \eta  < 2.5$ $p_T > 20$ ГэВ Качество ID трека, $(q/p)_{\text{sig}} < 5$ $p_T^{\text{cone}0.2}/p_T < 0.15$ $ d_0 /\sigma_{d_0} < 3.5$ $ z_0 \sin \theta  < 2$ мм	$p_T > 40$ ГэВ <i>medium id</i> loose для треков $ d_0 /\sigma_{d_0} < 3$ $ z_0 \sin \theta  < 0.5$ мм
	Струи	<i>AntiKt4</i> $p_T > 30$ ГэВ, $ \eta  < 2.8$ JVF	$p_T > 20$ ГэВ JVT
<i>Конечный</i>	Электроны	$p_T > 25$ ГэВ <i>tight id</i> $E_T^{\text{cone}0.2}/E_T < 0.14$ $ z_0 \sin \theta  < 0.5$ мм	$p_T > 65$ ГэВ <i>loose</i> $ z_0 \sin \theta  < 0.5$ мм
	Мюоны	$p_T > 25$ ГэВ $E_T^{\text{cone}0.2}/E_T < 0.14$ $ z_0 \sin \theta  < 0.5$ мм	
	Струи	<i>CA12</i> $p_T > 400$ ГэВ $ \eta  < 2$ , $\sqrt{y_F} > 0.45$	<i>AntiKt10</i> $p_T > 200$ ГэВ $ \eta  < 2$
	<i>b</i> -струи	<i>начальные AntiKt4</i> струи, $ \eta  < 2.5$ , $p_T > 20$ ГэВ MV1, 70%, JVF	MV2, 77%, JVT
	$E_T^{\text{miss}}$	откалиброванные объекты ( $e$ , $\mu$ , $j$ ) и TST компонента	

### 4.1.1. Электроны

Отбор электронов производится с помощью четырех последовательных процедур: *реконструкции, идентификации, изоляции и ассоциации* с вершинной жесткого взаимодействия.

*Реконструкция* кандидатов в электроны выполняется по энергетическим кластерам в электромагнитном калориметре (ЕМ), которые должны быть связаны с треками во внутреннем детекторе (ID). Рассматриваются только электроны внутри апертюры ID с  $|\eta| < 2.47$ , исключая переходную область между центральной и торцевой частями калориметра  $1.37 < |\eta| < 1.52$ . Вначале выполняется поиск энергетических всплесков в ячейках калориметра внутри конусов размером  $\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.025 \times 0.025$ , что обусловлено размерами ячеек среднего слоя ЕМ-калориметра. Далее выбираются калориметрические башни с полной поперечной энергией  $E_T > 2.5$  ГэВ, состоящие из трех ячеек (из переднего, среднего и заднего слоев калориметра). Для реконструкции ID-треков используется специальный алгоритм распознавания: если трек с поперечным импульсом  $p_T > 1$  ГэВ пересекает 3 различных слоя кремниевого детектора (SCT) и не может быть дополнен до полного трека с  $\geq 7$  пересечений в пионной гипотезе, и, при этом, этот трек связан с каким-либо калориметрическим кластером в пределах конуса с  $\Delta R < 0.3$ , то алгоритм перезапускается для электронной гипотезы. При вычислении параметров трека электрона также учитывается синхротронное излучение с возможностью потери до 30% энергии при каждом взаимодействии трека с материалом внутреннего детектора. Отобранные кластеры в ЕМ-калориметре, ассоциированные с реконструированными электронными треками, образуют кандидаты в электроны. Если калориметрический кластер связан с несколькими треками, то выбирается «первичный» трек, исходя из числа пересечений в ID и  $\Delta R$  между направлением трека в перигее и калориметрическим кластером [96; 97]. В завершение, импульс электрона калибруется, чтобы учесть потери энергии в материале до ЕМ-калориметра и погрешности оценки

энергии кластера [98; 99].

*Идентификация* (*id*) кандидатов в электроны необходима для отделения истинных электронов от фоновых кандидатов в электроны, происходящих из адронных струй или конверсии фотонов в электрон–позитронные пары. Кандидаты в электроны характеризуются различными параметрами, такими как форма электромагнитного ливня, отклик детектора переходного излучения (TRT), трек–кластер ассоциирование, свойства трека и другие. Для этих параметров вычисляются идентификационные критерии *loose id*, *medium id* и *tight id* в порядке увеличения доли истинных и уменьшения доли фоновых электронов в отобранном по данному критерию наборе кандидатов в электроны. Электроны, удовлетворяющие критерию *tight id*, всегда удовлетворяют критерию *medium id*, которые, в свою очередь, удовлетворяют критерию *loose id*. Эффективность идентификации *loose id* для истинных электронов с  $p_T > 30(20)$  ГэВ достигает примерно 95% для анализа EL (VV), *medium id* для электронов с  $p_T > 30(20)$  ГэВ — более 90% (80%) для анализа EL (VV), а *tight id* для электронов с  $p_T > 65(25)$  ГэВ — более 85% (70%) для анализа EL (VV) [96; 97]. В качестве *начальных* отбирались электроны *medium id* с  $p_T > 20$  ГэВ для анализа VV и электроны *loose id* с  $p_T > 40$  ГэВ для анализа EL, а в качестве *конечных* — электроны *tight id* с  $p_T > 25$  ГэВ и с  $p_T > 65$  ГэВ для анализов VV и EL, соответственно.

Дальнейшее выделение истинных и фоновых электронов из кандидатов в электроны осуществляется с помощью наложения условий *изоляция* треков во внутреннем детекторе (ID) и кластеров в EM-калориметре. В качестве электронов могут быть идентифицированы фотоны из распадов адронов или легкие заряженные адроны. В обоих случаях вокруг таких объектов наблюдаются адронные ливни. Для трековой изоляции в ID вводится переменная  $p_T^{\text{cone}0.2}$ , определенная как суммарная поперечная энергия  $\Sigma p_T$  всех треков с  $p_T > 1$  ГэВ, ассоциированных с вершиной рождения рассматриваемого электронного трека, находящихся внутри описанного вокруг его направления конуса с  $\Delta R =$

$\sqrt{(\Delta\eta)^2 + (\Delta\phi)^2} = \min(0.2, 10 \text{ ГэВ}/p_T^e)$ , за вычетом  $p_T$  самого трека. Для калориметрической изоляции используется переменная  $E_T^{\text{cone}0.2}$ , вычисленная как суммарная поперечная энергия  $\Sigma E_T$  всех калориметрических кластеров внутри конуса с  $\Delta R = 0.2$ , описанного вокруг центра рассматриваемого кластера, за вычетом  $E_T$  этого кластера. В поиске дибозонных резонансов для *начального* отбора электронов накладывається только требование к трековой изоляции, то есть  $p_T^{\text{cone}0.2}$  должен составлять не более 15% от поперечного импульса трека электрона,  $p_T^{\text{cone}0.2}/p_T < 0.15$ . Для *конечного* отбора электронов к трековой изоляции добавляется требование на калориметрическую изоляцию электрона  $E_T^{\text{cone}0.2}/E_T < 0.14$  [96]. В поиске возбужденных электронов для *начального* отбора требования на изоляцию не накладываются, а для *конечного* требуется изоляция *loose*, которая определяется комбинацией условий отбора на переменные  $p_T^{\text{cone}0.2}/p_T$  и  $E_T^{\text{cone}0.2}/E_T$ , при которой эффективность отбора сигнальных электронов достигает 99% [97].

Сигнальный электрон должен быть *ассоциирован* с вершиной жесткого взаимодействия. Для этого применяются ограничения на поперечный ( $d_0$ ) и продольный ( $z_0$ ) параметры трека электрона. Условия как для *начального*, так и для *конечного* отбора на поперечный и продольный параметр —  $|d_0|/\sigma_{d_0} < 5$  и  $|z_0 \sin \theta| < 0.5$  мм для анализа EL, где  $\sigma_{d_0}$  — неопределенность  $d_0$ . Для анализа VV  $|d_0|/\sigma_{d_0} < 6$  для обоих типов отбора электронов, а  $|z_0 \sin \theta| < 2(0.5)$  мм — для *начального* (*конечного*) отбора электронов.

#### 4.1.2. Мюоны

Аналогично отбору электронов в Разделе 4.1.1, отбор мюонов производится с помощью процедур *реконструкции*, *идентификации*, *изоляции* и *ассоциации* с вершиной жесткого взаимодействия.

*Реконструкция* кандидатов в мюоны производится по независимо реконструированным трекам во внутреннем детекторе (ID) и мюонном спектрометре (MS) и их дальнейшей комбинации друг с другом (СВ-мюоны). Мюонные

ID-треки реконструируются стандартным алгоритмом, используемым для любых заряженных частиц в ATLAS [100]. При реконструкции MS-треков производится поиск *сегментов*, то есть последовательных взаимодействий мюонов со слоями мюонных камер, которые располагаются на одной линии в изогнутой плоскости. Сегменты ранжируются по количеству взаимодействий мюонов со спектрометром, по качеству их фита. Для формирования MS-трека необходимы как минимум два ассоциированных сегмента в разных слоях мюонного спектрометра, за исключением переходной области между центральной и торцевой частью спектрометра, где требуется только один сегмент. Если сегменты связаны с несколькими треками, то производят последовательную процедуру удаления такого перекрытия. Треки, состоящие из трех сегментов в разных слоях спектрометра, записываются как отдельные, если хотя бы один сегмент в каждом из них не связан с другим треком. Если же все три сегмента треков имеют идентичные наборы взаимодействий мюонов с детектором, то записывается единый трек. Далее, для формирования комбинированного мюонного трека MS-треки экстраполируются во внутренний детектор и ассоциируются с ID-треками, после чего производится глобальный  $\chi^2$  фит с возможным удалением или прибавлением взаимодействий в MS для улучшения качества фита. Оставшиеся ID-треки экстраполируются в мюонный спектрометр, и, если находятся подходящие MS треки, то комбинируются в треки мюонных кандидатов. Далее производится калибровка поперечных импульсов смоделированных мюонов, реконструированных в ID и MS, то есть коррекция этих величин для их точного описания в реальных данных [101; 102].

Процедура *идентификации* (*id*) мюонов из реконструированных кандидатов в мюоны производится для разделения сигнальных мюонов и фоновых, большинство из которых рождаются в распадах долгоживущих заряженных адронов. Треки таких мюонов характеризуются наличием изгиба в ID части. Такой же эффект наблюдается и для сигнальных мюонов, рассеянных на материале детектора, что приводит к недостоверному измерению их импульса. Для

идентификации сигнальных мюонов используются следующие дискриминирующие переменные:

- значимость  $(q/p)_{\text{sig}} = \frac{|(q/p)_{\text{MS}} - (q/p)_{\text{ID}}|}{\sigma}$ , где  $q$  и  $p$  — заряд и импульс, измеренные в ID и MS, с неопределенностью  $\sigma$ ;
- $\frac{|p_{\text{T}}^{\text{MS}} - p_{\text{T}}^{\text{ID}}|}{p_{\text{T}}^{\text{CB}}}$ ;
- $\chi^2$  глобального фита комбинированного трека;
- качество ID-трека: число взаимодействий  $\geq 1$  в пиксельном и  $\geq 5$  в детекторе SCT, число дырок<sup>2</sup>  $\leq 3$  суммарно в пиксельном и детекторе SCT,  $\geq 10\%$  взаимодействий с детектором TRT внутри апертуры TRT с  $0.1 < |\eta| < 0.9$  включены в финальный фит.

В анализе VV отбирались мюоны с качеством ID-трека, указанным выше, и значимостью  $(q/p)_{\text{sig}} < 5$  с  $|\eta| < 2.5$  и  $p_{\text{T}} > 20(25)$  ГэВ для *начального* (*конечного*) отбора [101]. Для данных Run II, по аналогии с идентификацией электрона, в соответствии с выше перечисленными дискриминирующими переменными определены четыре типа идентификационных критериев: *loose id*, *medium id*, *tight id* и *high- $p_{\text{T}}$  id*. Первые три категории введены таким образом, что мюоны, удовлетворяющие *tight id* всегда удовлетворяют *medium id*, а последние удовлетворяют *loose id*. Категория *high- $p_{\text{T}}$  id* оптимизирована для мюонов с  $p_{\text{T}} > 100$  ГэВ и в данных анализах не применялась. Все категории оптимизированы так, чтобы минимизировать систематические неопределенности реконструкции и калибровки мюона. Категории *loose id* и *medium id* идентичны для комбинированного СВ-мюона. Для подавления адронных фоновых событий в них требуется значимость  $(q/p)_{\text{sig}} < 7$ . Эффективность идентификации *medium id* сигнальных мюонов с  $p_{\text{T}} > 20$  ГэВ превышает 96% и достигает 0.2% для фоновых мюонов [102]. Для отбора *начальных* мюонов в анализе EL требовалась идентифи-

---

<sup>2</sup> Дырка — это пропущенное взаимодействие в активном сенсоре, находящееся между двумя взаимодействиями на треке



кация *medium id* для мюонов с  $p_T > 40$  ГэВ и  $|\eta| < 2.5$ . *Конечный* отбор мюонов в анализе EL не применяется.

Описанные выше критерии хорошо отделяют сигнальные мюоны из электрослабых распадов тяжелых частиц, например,  $W$ - и  $Z$ -бозонов, от кандидатов в мюоны из распадов долгоживущих заряженных адронов, но не от мюонов из распадов короткоживущих адронов, которые окружены адронными ливнями. Для *изоляции* мюонов, по аналогии с электронами (Раздел 4.1.1), применяются трековая и калориметрическая *изоляция*. В поиске дибозонных резонансов для *начального* отбора мюонов требуется только трековая *изоляция*  $p_T^{\text{cone}0.2}/p_T < 0.15$ , а для *конечного* добавляется калориметрическая *изоляция*  $E_T^{\text{cone}0.2}/E_T < 0.14$  [101]. В поиске возбужденных электронов в отбор *начальных* мюонов включено требование *loose* только на трековую *изоляцию*, определяемую дискриминирующей переменной  $p_T^{\text{cone}0.3}/p_T$  с  $\Delta R = \min(0.3, 10 \text{ ГэВ}/p_T^\mu)$ , эффективность которой составляет 99% для мюона с любым  $p_T$  и  $\eta$  [102]. *Конечный* отбор мюонов в анализе EL не применяется.

Для *ассоциации* сигнального мюона с вершиной жесткого взаимодействия накладываются ограничения на  $d_0$  и  $z_0$  параметры (Раздел 4.1.1) мюонного ID трека. В VV анализе как для *начального*, так и для *конечного* отбора мюонов  $|d_0|/\sigma_{d_0} < 3.5$ , а  $|z_0 \sin \theta| < 2(0.5)$  мм для *начального* (*конечного*) отбора мюонов. В EL анализе для *начального* мюона критерии отбора —  $|d_0|/\sigma_{d_0} < 3$  и  $|z_0 \sin \theta| < 0.5$  мм; *конечный* отбор мюонов не применяется.

### 4.1.3. Струи

Адронные струи реконструируются из кластеров в электромагнитном калориметре. В качестве разрешенных струй из адронного распада  $W$ -бозона использовались струи *AntiKt4EMTopoJets* с  $p_T > 20$  ГэВ в поиске возбужденных электронов и *AntiKt4LCTopoJets* с  $p_T > 30$  ГэВ и  $|\eta| < 2.8$  в поиске дибозонных резонансов, реконструированные из топологических кластеров в электромагнитном калориметре с помощью алгоритма anti- $k_t$  [103] с радиусом струи  $R = 0.4$ .

Калибровка струй *AntiKt4* описана в работе [104].

Для подавления вклада струй, происходящих из pile-up в поиске возбужденных электронов, разрешенные струи *AntiKt4* с  $|\eta| < 2.4$  и  $p_T < 60$  ГэВ удаляются из события с использованием алгоритма мечения струй, происходящих из первичной вершины (JVT) [105]. В поиске дибозонных резонансов удаляются струи *AntiKt4* с  $|\eta| < 2.4$  и  $p_T < 50$  ГэВ, если  $JVF < 0.5$ , где  $JVF$  — отношение суммарного  $p_T$  треков, ассоциированных со струей и первичной вершиной, к суммарному  $p_T$  всех треков, ассоциированных со струей.

В поиске возбужденных электронов для реконструкции тяжелых коллимированных струй от распадов быстрых  $W$ -бозонов использовались струи с  $p_T > 200$  ГэВ и  $|\eta| < 2.0$ , реконструированные алгоритмом anti- $k_t$  с радиусом струи  $R = 1.0$  (*AntiKt10LCSTopoJets*) на электромагнитной шкале и затем откалиброванные с использованием процедуры локального перевзвешивания энергии кластера (LCW) [106]. Чтобы уменьшить вклад pile-up и сопутствующих событий, коллимированные струи очищаются с помощью алгоритма тримминга [107], при котором струя разбивается на струи, реконструированные алгоритмом  $k_t$  с радиусом  $R_{\text{sub}} = 0.2$ , и отбрасываются те из них, которые несут долю  $p_T$  коллимированной струи  $f_{\text{cut}} < 5\%$ .

В поиске дибозонных резонансов для реконструкции коллимированных струй *CA12LCSTopoJets* использовался алгоритм Кембридж–Ахен [108] с радиусом струи  $R = 1.2$ . Для подавления вклада струй рожденных не в первичной вершине, требуется условие на баланс поперечного импульса  $\sqrt{y_f} > 0.45$ , где  $\sqrt{y_f} = \min(p_T^{j1}, p_T^{j2})\Delta R_{12}/m_{12}$ . Кроме того, на коллимированную струю накладывается требование с  $p_T > 400$  ГэВ и  $|\eta| < 2.0$ .

#### 4.1.4. $b$ -струи

Одним из главных фоновых процессов в поисках возбужденных электронов и дибозонных резонансов является, как показано далее в Главе 5, процесс рождения пары  $t\bar{t}$ . Чтобы уменьшить вклад этого фонового процесса, необхо-

димо идентифицировать струи, содержащие  $b$ -кварки. Идентификация  $b$ -струй производится с помощью мультивариативного метода мечения  $b$ -струй, который позволяет вычислить эффективность идентификации  $b$ -струй из смоделированного набора данных  $t\bar{t}$  и вероятность некорректной идентификации струй, содержащих  $c$ -кварки или легкие партоны ( $u$ -,  $d$ -,  $s$ -кварки или глюоны  $g$ ) в качестве  $b$ -струй. Алгоритм мечения основан на входных параметрах треков внутри конуса струи, такие как  $p_T$  и  $\eta$ , и расположении вершины вторичного распада [109].

Для откалиброванных струй с  $R = 0.4$  (*AntiKt4LCSTopoJets* в анализе VV и *AntiKt4EMTopoJets* в анализе EL) в апертуре  $|\eta| < 2.5$  с  $p_T > 20$  ГэВ и условиями отбора на JVF и JVT (описанными в Разделе 4.1.3) для анализов VV и EL, соответственно,  $b$ -струи идентифицируются с помощью алгоритма MV1 [110] (MV2 [111]) с эффективностью 70% [110] (77% [112]) в анализе VV (EL). Эффективность ложной идентификации струй легких партонов как  $b$ -струй составляет менее 1%.

#### 4.1.5. Мечение $W$ -бозонов в поиске возбужденных электронов

В поиске возбужденных электронов на данных, полученных в Run II, для разделения коллимированных (*AntiKt10LCSTopoJets*) струй из адронных распадов  $W$ -бозонов и из рождения в жестких взаимодействиях, используется метод мечения  $W$ -бозонов с помощью комбинированной массы коллимированной струи ( $m^{\text{comb}}$ ) и структурной функции струи  $D_2^{\beta=1}$  [113; 114].

В Уравнении 4.1 представлена комбинированная масса бустированной струи  $m^{\text{comb}}$ :

$$m^{\text{comb}} = \omega^{\text{calo}} \times m^{\text{calo}} + \omega^{\text{TA}} \times m^{\text{TA}}. \quad (4.1)$$

Масса, вычисленная в калориметре,  $m^{\text{calo}}$ , для струи большого радиуса с энергией  $E_i$  и импульсом  $\vec{p}_i$  ( $|\vec{p}_i| = E_i$ )  $i$ -ого калориметрического кластера струи

определяется Уравнением 4.2:

$$m^{\text{calo}} = \sqrt{\left(\sum_i E_i\right)^2 - \left(\sum_i \vec{p}_i\right)^2}. \quad (4.2)$$

Масса струи, вычисленная по информации из трековой системы и калориметра,  $m^{\text{TA}}$ , задается Уравнением 4.3:

$$m^{\text{TA}} = \frac{p_{\text{T}}^{\text{calo}}}{p_{\text{T}}^{\text{track}}} \times m^{\text{track}}, \quad (4.3)$$

где  $p_{\text{T}}^{\text{calo}}$  — измеренный поперечный импульс калориметрической струи большого радиуса,  $p_{\text{T}}^{\text{track}}$  — поперечный импульс суммарного четырехвектора треков, ассоциированных с рассматриваемой струей, и  $m^{\text{track}}$  — инвариантная масса этого четырехвектора. Веса  $\omega^{\text{calo}}$  и  $\omega^{\text{TA}}$  обратно пропорциональны квадратам разрешений калориметрической и трековой масс струи, соответственно:

$$\omega^{\text{calo}} = \frac{\sigma_{\text{calo}}^{-2}}{\sigma_{\text{calo}}^{-2} + \sigma_{\text{TA}}^{-2}}, \quad \omega^{\text{TA}} = \frac{\sigma_{\text{TA}}^{-2}}{\sigma_{\text{calo}}^{-2} + \sigma_{\text{TA}}^{-2}}. \quad (4.4)$$

Структурная функция  $D_2^{\beta=1}$ , определенная Уравнением 4.5, является отношением трехчастичной и двухчастичной корреляционных функций энергии ( $E_{CF}$ ), и наиболее чувствительна к коллимированным струям, состоящим из двух струй малого радиуса, для которых  $D_2^{\beta=1}$  стремится к нулю:

$$D_2^{\beta=1} = E_{CF3} \times \left(\frac{E_{CF1}}{E_{CF2}}\right)^3. \quad (4.5)$$

Функций  $E_{CF}$ , в свою очередь, зависят от поперечных импульсов и попарных  $\Delta R$  между структурными составляющими коллимированной струи:

$$\begin{aligned} E_{CF1} &= \sum_i p_{\text{T},i}; \\ E_{CF2} &= \sum_{ij} p_{\text{T},i} p_{\text{T},j} \Delta R_{ij}; \\ E_{CF3} &= \sum_{ijk} p_{\text{T},i} p_{\text{T},j} p_{\text{T},k} \Delta R_{ij} \Delta R_{jk} \Delta R_{ki}. \end{aligned}$$

После калибровки энергии (JES) и массы (JMS) коллимированной струи, струя помечается как кандидат в  $W$ -бозон, если ее масса ( $m_J$ ) попадает в массовое окно вокруг массы  $W$ -бозона ( $m_W$ ) и  $D_2^{\beta=1}$  достаточно мала. Этот метод оптимизирован для струй в кинематической области с  $200 < p_T^J < 2500$  ГэВ и  $|\eta| < 2.0$ .

В анализе EL используется метод мечения  $W$ -бозонов с сигнальной эффективностью и фактором удаления фона ( $1/\epsilon$ ), равными 50% и 60–80 (“ $W$ -tag50”) и 80% и 10–15 (“ $W$ -tag80”), для достижения которых оптимизируются условия отбора на двусторонний интервал по массе струи и ограничение сверху на  $D_2^{\beta=1}$ , зависящие от  $p_T$  струи [115; 116]. При этом, критерии отбора по  $m_J$  и  $D_2^{\beta=1}$  для  $W$ -tag50 являются более строгими, чем для  $W$ -tag80, и, соответственно, включены в последние.

#### 4.1.6. Потерянный поперечный импульс

Нейтрино не может быть непосредственно зарегистрировано детектором ATLAS, поэтому оно реконструируется в событии как недостающая энергия. Кроме того, потерянную энергию возможно восстановить только в поперечной плоскости  $xy$ , так как теряется информация о частицах, двигающихся в продольном направлении в области трубы ЛНС. Потерянный поперечный импульс, модуль которого равен потерянной поперечной энергии ( $E_T^{\text{miss}}$ ), вычисляется как взятый с обратным знаком суммарный вектор всех реконструированных объектов, которые ассоциированы с первичной вершиной. К последним, в нашем случае, относятся все участвующие в отборе жесткие объекты, то есть высокоэнергетические откалиброванные электроны, мюоны и струи. Вклад других объектов, фотонов ( $\gamma$ ),  $\tau$ -лептонов, учитывается мягкой компонентой (TST), включающей в себя треки частиц, реконструированных во внутреннем детекторе (ID), ассоциированных с энергетическими кластерами в калориметре, но не ассоциированных ни с одним из реконструированных жестких объектов. Для учета pile-up, в мягкую компоненту входят только ID-треки, ассоциированные

с первичной вершиной.<sup>3</sup> В Уравнении 4.6 представлены компоненты  $x$  и  $y$  потерянной энергии для общего случая:

$$E_{x(y)}^{\text{miss}} = E_{x(y)}^{\text{miss},e} + E_{x(y)}^{\text{miss},\mu} + E_{x(y)}^{\text{miss},j} + E_{x(y)}^{\text{miss},\gamma} + E_{x(y)}^{\text{miss},\tau} + E_{x(y)}^{\text{miss},\text{TST}}. \quad (4.6)$$

Так как в поисках возбужденных электронов (EL) и дибозонных резонансов (VV) конечными объектами, составляющими событие, являются электроны, мюоны и струи, то реконструированные изолированные фотоны и  $\tau$ -лептоны не используются напрямую, а частично включаются в компоненту TST, и Уравнение 4.6 трансформируется в Уравнение 4.7:

$$E_{x(y)}^{\text{miss}} = E_{x(y)}^{\text{miss},e} + E_{x(y)}^{\text{miss},\mu} + E_{x(y)}^{\text{miss},j} + E_{x(y)}^{\text{miss},\text{TST}}. \quad (4.7)$$

Реконструкция потерянной поперечной энергии производится по откалиброванным электронам, мюонам и струям  $R = 0.4$  (*AntiKt4EMTopoJets* для анализа VV и *AntiKt4LCTopoJets* для анализа EL), а мягкая компонента TST строится по трекам с  $p_T > 400$  МэВ для анализа EL [117] и анализа VV [118]. Кроме того, учитывается перекрытие между треками и калориметрическими кластерами, ассоциированными с жесткими объектами:

- удаляются треки, находящиеся в описанном вокруг электрона конусе с  $\Delta R < 0.05$ ;
- удаляются треки, ассоциированные с мюоном;
- удаляются треки, ассоциированные со струями.

---

<sup>3</sup> При таком построении полного поперечного импульса, не ассоциированного с жесткими объектами, теряется вклад изолированных фотонов и мягких нейтральных адронов. Однако, легко видеть, что в сигнальных событиях их вклад, включаемый в систематическую неопределенность много меньше вклада всех не ассоциированных с жесткими объектами нейтральных частиц, который логично можно было бы оценить по выделению энергии в калориметре. Большая часть таких частиц рождается во взаимодействиях pile-up, и не может быть исключена из-за отсутствия треков, указывающих на вершину рождения.

## 4.2. Первичный отбор событий

Набранные данные делятся по временным периодам (LB<sup>4</sup>), приблизительно равным 1 мин, характеризующимся стабильными параметрами пучка протонов и стабильным и корректным состоянием работы всех подсистем детектора ATLAS [119–122]. Но даже хорошие LB могут содержать отдельные события, информация о которых записана в моменты некорректной работы электромагнитного (LAr) или адронного (TileCal) калориметров или трековой системы (SCT) внутреннего детектора или пострадала из-за случайных вспышек шума в LAr. Такие события удаляются из рассмотрения.

Отобранные события должны иметь первичную вершину (PV, Раздел 3.1) с как минимум тремя ассоциированными треками для анализа VV и двумя для анализа EL с поперечными импульсами  $p_T > 400$  МэВ каждый. Это условие уменьшает вклад космических лучей и других фоновых частиц, происходящих не из столкновений пучков протонов.

Двойной счет объектов, электронов, мюонов и струй, реконструированных с помощью более одного лептонного или струйного алгоритма, а также некорректная реконструкция реальных физических объектов, рожденных в непосредственной близости друг от друга устраняются с помощью процедуры удаления перекрытия. В поиске возбужденных электронов эта процедура применяется в первую очередь к *начальным* объектам (электронам, мюонам и струям) в следующем порядке:

- электрон–электрон: если два электрона имеют один ID-трек, то удаляется электрон с более низким качеством идентификации, если же качество обоих электронов одинаковое, то удаляется электрон с меньшим  $p_T$ ;
- электрон–мюон: если электрон и мюон имеют один ID-трек, то удаляется электрон;

---

<sup>4</sup> Luminosity blocks

- электрон–струя (*AntiKt4EMTopoJets*): если  $\Delta R(e, j) < 0.2$ , то удаляется струя, далее для оставшихся струй, которые не являются  $b$ -струями, процедура повторяется, и удаляются электроны с  $\Delta R(e, j) < 0.4$ ;
- мюон–струя (*AntiKt4EMTopoJets*): если  $\Delta R(\mu, j) < 0.2$  и струя имеет меньше трех ID-треков, ассоциированных с вершиной рождения мюона, то удаляется струя, далее для оставшихся струй, которые не являются  $b$ -струями, процедура повторяется, и удаляются мюоны с  $\Delta R(\mu, j) < 0.4$ .

Далее процедура удаления перекрытия выполняется для *начальных* электронов и *конечных* коллимированных струй:

- электрон–струя (*AntiKt10LCSTopoJets*): если  $\Delta R(e, J) < 0.1$ , то удаляется коллимированная струя.

Для поиска дибозонных резонансов процедура удаления перекрытия выполняется для *начальных* объектов (электронов, мюонов) и *конечных* объектов (коллимированных и разрешенных струй):

- электрон–электрон: если два электрона имеют один ID-трек, то удаляется электрон с более низким качеством идентификации, если же качество обоих электронов одинаковое, то удаляется электрон с меньшим  $p_T$ ;
- электрон–мюон: если  $\Delta R(e, \mu) < 0.1$ , то удаляется электрон;
- электрон–струя (*AntiKt4LCSTopoJets*): если  $\Delta R(e, j) < 0.3$ , то удаляется струя;
- электрон–струя (*CA12LCSTopoJets*): если  $\Delta R(e, J) < 0.8$ , то удаляется коллимированная струя.

Для удаления фоновых событий, в которых источником струй является не столкновения протонов, а например, рассеяние протонов вне области пересечения пучков, космические лучи, когерентный шум в калориметре или спонтанные всплески шума в LAr, необходимо идентифицировать некачественные



струи. Струя идентифицируется как некачественная (*LooseBad*), если выполняется одно из условий:

- основная часть энергии струи попала в ячейку калориметра с повышенным уровнем шума;
- малая часть энергии зафиксирована калориметром;
- ID-треки ассоциированы с малой долей энергетических кластеров струи.

В анализе EL удаляются события с некачественными (*LooseBad*) струями *AntiKt4* [123], если некачественная струя удовлетворяет одному из условий:

- струя имеет  $20 < p_T < 60$  ГэВ и  $|\eta| < 2.4$  и удовлетворяет условию JVT;
- струя имеет  $|\eta| < 2.4$  и не удовлетворяет условию JVT;
- струя имеет  $p_T > 60$  ГэВ и  $|\eta| < 2.8$ .

Эффективность идентификации некачественных струй по критерию *LooseBad* составляет 99.5% для  $p_T^j > 20$  ГэВ и 99.9% для  $p_T^j > 100$  ГэВ.

В анализе VV удаляются события с некачественными (*LooseBad*) струями *AntiKt4*, если некачественная струя удовлетворяет условиям:

- $p_T > 20$  ГэВ,  $|\eta| < 4.5$  и JVF.

Для поиска возбужденных электронов в событии требуется наличие хотя бы одной *конечной* коллимированной струи (*AntiKt10LCTopoJets*), а для поиска дибозонных резонансов — как минимум двух *конечных* разрешенных струй (*AntiKt4LCTopoJets*) или как минимум одной *конечной* коллимированной струи (*CA12LCTopoJets*). В соответствии с конечными состояниями в поисках возбужденных электронов и дибозонных резонансов, в событиях требуется наличие ровно одного *конечного* лептона,  $n_e^{\text{final}} = 1$  в анализе EL и  $n_e^{\text{final}} + n_\mu^{\text{final}} = 1$  в анализе VV, и ни одного дополнительного *начального* лептона,  $n_e^{\text{base}} + n_\mu^{\text{base}} = 0$ , в

обоих анализах. Таким образом, можно выделить события, относящиеся к электронному и мюонному (последнее только в анализе VV) конечным состояниям.

Триггеры, используемые в обоих анализах, обсуждались в Разделе 3.1. Для правильного применения поправки эффективности триггеров посредством поправочных коэффициентов (SF, которые обсуждаются далее в Разделе 4.3) в смоделированных наборах данных требуется, чтобы отобранный *конечный* лептон (электрон в анализе EL и электрон или мюон в анализе VV) совпадал с лептоном, реконструированным на уровнеHLT и вызвавшим срабатывание триггера, используемого для отбора события. Данное требование применяется как к экспериментальным, так и смоделированным данным.

Одним из значимых фоновых процессов для анализа EL является фон ложных лептонов, происходящих из некорректно идентифицированных струй, конверсий фотонов в материале детектора или от электронов из распадов адронов, идентифицированных в качестве сигнальных электронов (Глава 5). Так как вклад этих процессов оценивается из данных для исключения его двойного учета, в смоделированных наборах данных все отобранные электроны должны соответствовать пряморожденным электронам на уровне генератора. Не удовлетворяющие этому условию смоделированные события удаляются.

В поиске возбужденных электронов на события накладывается требование на потерянную поперечную энергию,  $E_T^{\text{miss}} > 100$  ГэВ, для подавления вклада фоновых процессов  $W(\rightarrow l\nu) + jets$  ( $E_T^{\text{miss}} \lesssim m_W/2$ ), Дрелла-Ян ( $E_T^{\text{miss}} \sim 0$ ) и событий с ложно идентифицированными лептонами. Как будет показано в Главе 5, наложение такого условия на  $E_T^{\text{miss}}$  приводит к значительному подавлению вклада этих процессов. Кроме того, на инвариантную массу *конечной* коллимированной струи накладывается условие  $m_J^{\text{final}} > 50$  ГэВ, причем струя должна удовлетворять критерию мечения  $W\text{-tag50}$ , включающему ограничение сверху на  $D_2^{\beta=1}$ , но не включающему дополнительных требований на  $m_J$ .

Для поиска дибозонных резонансов на уровне *первичного* отбора включается только дополнительное требование  $E_T^{\text{miss}} > 30$  ГэВ.

Основные критерии и последовательность их применения для *первичного* отбора событий в поиске дибозонных резонансов и возбужденных электронов перечислены в Таблице 4.2.

Таблица 4.2. Последовательность *первичных* отборов событий в поисках VV и EL.  $W$ -tag50 соответствует мечению коллимированной струи как  $W$ -бозон с эффективностью 50%.

	VV	EL
Удаление перекрытий (1)	между <i>начальными</i> $e, \mu$ и <i>конечными</i> CA12 и <i>AntiKt4</i>   <i>AntiKt4</i> и $b$ -струями	
Чистка струй	Событие удаляется, если <i>начальная AntiKt4</i> является <i>LooseBad</i>	
Удаление перекрытий (2)	—	между <i>начальными</i> $e$ и <i>конечными</i> <i>AntiKt10</i>
Число струй	$N_{\text{final}}^{\text{jets}} \geq 2 \parallel N_{\text{final}}^J \geq 1$	$N_{\text{final}}^J \geq 1$
Число лептонов	$N_{\text{final}}^e + N_{\text{final}}^\mu = 1$	$N_{\text{final}}^e = 1$
Триггерное соответствие	Событие удаляется, если <i>конечный</i> $\ell$ не совпадает с триггируемым $\ell$	
Генераторное соответствие	—	Смоделированные данные: событие удаляется, если <i>конечный</i> $e$ не является генераторным $e$
$E_{\text{T}}^{\text{miss}}$ $m_J$ $D_2^{\beta=1}$	$E_{\text{T}}^{\text{miss}} > 30$ ГэВ — —	$E_{\text{T}}^{\text{miss}} > 100$ ГэВ $m_{\text{final}}^J > 50$ ГэВ событие удаляется, если <i>AntiKt10</i> не проходит верхний отбор с $W$ -tag50

### 4.3. Поправочные коэффициенты

Для того, чтобы учесть различие эффективности регистрации объектов в экспериментальных и смоделированных данных, вес каждого смоделированного события умножается на поправочные коэффициенты (SF), соответствующие смоделированным объектам, реконструированным на уровне триггера или оффлайн-реконструкции.

Поправочные коэффициенты для лептонных (электронных и мюонных) триггеров вычисляются как отношение эффективностей триггеров ( $\epsilon_{\text{trig}}$ ), оцененных для реальных (data) и смоделированных (mc) данных,  $\text{SF}_{\text{trig}} = \epsilon_{\text{trig}}^{\text{data}} / \epsilon_{\text{trig}}^{\text{mc}}$ . Электронные и мюонные SF на уровне offline вычисляются как отношение полной эффективности реконструкции ( $\epsilon_{\text{reco}}$ ), идентификации ( $\epsilon_{\text{id}}$ ) и изоляции ( $\epsilon_{\text{iso}}$ ),  $\epsilon_{\text{offline}} = \epsilon_{\text{reco}} \times \epsilon_{\text{id}} \times \epsilon_{\text{iso}}$ , лептонов в реальных и смоделированных данных,  $\text{SF}_{\text{offline}} = \epsilon_{\text{offline}}^{\text{data}} / \epsilon_{\text{offline}}^{\text{mc}}$ . Все значения лептонных SF лежат около единицы и не опускаются ниже 0.95.

Весы событий в контрольной области  $t\bar{t}$  (описана ниже) в поиске возбужденных электронов, в которых применяется процедура мечения  $b$ -струй, и требуется как минимум две  $b$ -струи, умножаются на произведение SF двух лидирующих в событии  $b$ -струй. В проверочных областях  $b$ -jet VR в поисках возбужденных электронов и дибозонных резонансов, где требуется как минимум одна  $b$ -струя, вес события умножается на SF лидирующей  $b$ -струи.

## Глава 5

## Фоновые процессы

Основными фоновыми процессами в области фазового пространства, интересного для поиска как возбужденных электронов (EL) в конечном состоянии  $e\nu J$ , так и дибозонных резонансов (VV) в  $\ell\nu jj/J$ , являются процессы ассоциированного рождения  $W$ - и  $Z$ -бозонов и струй ( $W + \text{jets}$  и  $Z/\gamma^* + \text{jets}$ , соответственно), рождения пары  $t$ -кварка и -антикварка ( $t\bar{t}$ ), одиночного  $t$ -кварка (Single- $t$ ) и дибозонов (VV).

В поиске возбужденных электронов доминирующим фоновым процессом является рождение пары  $t\bar{t}$  с лидирующим распадом одиночного  $t$ -кварка в  $Wb$ , то есть  $t\bar{t} \rightarrow WbWb$  с последующим лептонным распадом одного  $W$ -бозона и адронным распадом второго  $W$ -бозона. Второй по значимости процесс — ассоциированное рождение  $W$ -бозона и струй в электронном канале распада  $W$ -бозона,  $W(\rightarrow e\nu) + \text{jets}$ , в котором конечное состояние события совпадает с сигнальным  $e\nu J$ , но происхождение не совпадает с сигнальным. Меньший вклад вносят Single- $t$ , VV ( $WW, ZZ, WZ$ ),  $Z/\gamma^*(\rightarrow ee) + \text{jets}$ ,  $W(\rightarrow \tau\nu) + \text{jets}$  и  $Z/\gamma^*(\rightarrow \tau\tau) + \text{jets}$ . Вклад всех вышеперечисленных фоновых процессов оценен с помощью смоделированных наборов данных (Раздел 3.4).

Основной вклад в суммарный фон в поиске дибозонных резонансов вносит процесс  $W + \text{jets}$ , следующими по значимости являются процессы  $t\bar{t}$ , Single- $t$ , VV и  $Z/\gamma^* + \text{jets}$ .

Кроме того, часть фона в обоих анализах составляют события с адронными струями, ошибочно идентифицированными как электроны (fake-электроны) и мюоны (fake-мюоны). Достоверно смоделировать такой фон невозможно, так как при этом возникает неопределенность при перемножении большого сечения рождения струй на малую вероятность ошибочной идентификации струй как лептонов. Поэтому оценки вклада этих процессов проводятся из наборов

реальных данных, обогащенных событиями с fake-лептонами. В поиске возбужденных электронов оценка фона fake-электронов производится с помощью матричного метода, описанного далее в Разделе 5.1, а вклад от непряморожденных мюонов пренебрежимо мал. В поиске дибозонных резонансов оценка fake-фонов проводится в контрольных областях, что обсуждается ниже.

Композиция всех основных фоновых процессов после первичного отбора событий для анализов EL и VV обсуждается в Разделе 5.2.

## 5.1. Матричный метод для оценки фона ложных электронов в поиске возбужденных электронов

Матричный метод (ММ) [124; 125] позволяет вычислить вероятность ложной идентификации струй как электронов по известной вероятности  $f$ , которая определена как доля кандидатов в струи, идентифицированных в качестве *loose*-электронов ( $N_{loose}^{fake}$ ), проходящих также и электронную идентификацию *tight* ( $N_{loose\&tight}^{fake}$ )<sup>1</sup>,

$$f = N_{loose\&tight}^{fake} / N_{loose}^{fake}. \quad (5.1)$$

Величина  $f$  оценена в [126] с использованием специального набора данных, обогащенного событиями с fake-электронами, которые отобраны с помощью триггера на одиночный электрон с идентификацией *loose id*<sup>2,3</sup>. Требование  $E_T^{miss} < 25$  ГэВ, примененное к отобранным событиям позволяет подавить вклад от событий  $W \rightarrow e\nu$ . Вклад событий  $Z \rightarrow ee$  подавлен за счет удаления событий с двумя электронами *loose id* с инвариантной массой, попадающей в массовое окно  $Z$  бозона,  $|m_{ee} - m_Z| < 20$  ГэВ. Несмотря на то, что в таком

---

<sup>1</sup> *Loose* идентификация является набором более слабых условий отбора объекта, чем *tight*, и, следовательно, включает в себя последнюю.

<sup>2</sup> Для *loose* объектов изоляция не применена.

<sup>3</sup> Существенно то, что для данного отбора используются те же электронные триггеры, что и в анализе EL.

наборе событий доминируют события с несколькими струями, вклад событий с реальными электронами от процессов  $W + \text{jets}$ ,  $tX$ ,  $Z/\gamma^* + \text{jets}$  и образования  $VV$  не является пренебрежимо малым. Этот вклад оценен из смоделированных наборов данных и вычтен из двумерного распределения по  $\{p_T, \eta\}$  для *loose* и *tight* кандидатов в электроны. Величина  $f$  далее найдена как отношение распределений по  $p_T$  и  $\eta$  чисел событий  $N_{loose\&tight}^{fake}$  к  $N_{loose}^{fake}$ . Значение  $f$  варьируется от  $\simeq 20\%$  для  $p_T = 30$  ГэВ до  $\simeq 10\%$  для  $p_T > 500$  ГэВ.

Следующим необходимым параметром для ММ является условная вероятность  $r$  того, что реальный электрон (*real* электрон), прошедший условия *loose*, пройдет также и условия *tight*. Вероятность  $r$  была определена в [126] с использованием электронов из смоделированного набора данных для процесса  $Z \rightarrow ee$ , как  $r = N_{loose\&tight}^{real}/N_{loose}^{real}$  в зависимости от  $p_T$  и  $\eta$ . Эта вероятность достигает 90% для всех рассматриваемых  $p_T$  электрона в данном анализе.

В данной работе для реализации матричного метода использована программа LPXMatrixMethod [125; 127], которая широко используется в анализах эксперимента ATLAS. Вычисление величин  $f$  и  $r$ , определенных выше, подробно описано в [126].

Для конечного состояния  $e\nu J$  на реальных данных определены два числа событий с одним электроном, классифицируемых как  $N_T$  и  $N_L$ , соответствующих числам электронов, прошедших *tight* ( $T$ ) — определен в Разделе 4.1.1 как окончательно отобранный электрон, и *loose но не tight* ( $L$ ) — электрон, прошедший все *tight* условия отбора с отличием только в идентификационных и изоляционных критериях, которые приведены в Таблице 5.1. Эти числа связаны с двумя неизвестными числами событий: с одним реальным электроном,  $N_R$ , и одним *fake*-электроном, реконструированным из струи,  $N_F$ , следующим уравнением:

$$\begin{pmatrix} N_T \\ N_L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r & f \\ (1-r) & (1-f) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_R \\ N_F \end{pmatrix}. \quad (5.2)$$

Таблица 5.1. Условия отбора для *tight* и *loose* но не *tight* электронов.“—” — условие не применяется.

	“Т”	“L”
Идентификация	<i>tight id</i>	$p_T \geq 145 \text{ ГэВ} \ \& \ \textit{loose id}$ $p_T < 145 \text{ ГэВ} \ \& \ \textit{medium id}$
Изоляция	<i>loose</i>	—

Число ложных электронов в числе номинально отобранных *tight* находится из Уравнения 5.3:

$$N_T^{fakes} = f N_F, \quad (5.3)$$

где ненаблюдаемая величина  $N_F$  находится из Уравнения 5.2:

$$\begin{pmatrix} N_R \\ N_F \end{pmatrix} = \frac{1}{(r-f)} \begin{pmatrix} 1-f & -f \\ r-1 & r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_T \\ N_L \end{pmatrix} \quad (5.4)$$

Объединяя Уравнения 5.3 и 5.4, получаем:

$$N_T^{fakes} = \frac{f}{(r-f)} \{(r-1)N_T + rN_L\} \quad (5.5)$$

## 5.2. Композиция фоновых процессов после первичного отбора

Композиция фоновых процессов после первичного отбора событий (Глава 4) приведена в Таблице 5.2 и дополнительно проиллюстрирована на Рисунке 5.1 с распределениями по различным кинематическим переменным для поиска возбужденных электронов и в Таблице 5.3 для поиска дибозонных резонансов. События из смоделированных наборов данных нормированы на полную светимость экспериментальных данных с учетом  $\sigma \times \mathcal{B}$ ,  $\epsilon_{\text{filter}}$  и  $k_{\text{factor}}$ <sup>4</sup> (Раздел 3.6). Кроме того, для поиска возбужденных электронов были учтены статистические

<sup>4</sup> К смоделированным данным не применялись процедуры перевзвешивания или нормировки с помощью фитирования данных.



и систематические неопределенности. Полный набор кинематических распределений для поиска возбужденных электронов приведен в Приложении Г.

Как видно из Таблиц 5.2 и 5.3, наибольший вклад в суммарный фон вносят процессы рождения  $t\bar{t}$  и  $W(\rightarrow e\nu) + \text{jets}$  для поиска возбужденных электронов и  $W + \text{jets}$  ( $W(\rightarrow \ell\nu) + \text{jets}$ , где  $\ell = e, \mu, \tau$ ) для поиска дибозонных резонансов, вклад остальных фоновых процессов значительно меньше. Таблицы 5.2 и 5.3 не предназначены для сопоставления абсолютных значений чисел фоновых событий между поисками EL и VV, так как первичные отборы как объектов, так и событий в них отличаются.

Таблица 5.2. Числа событий ( $N_{\text{evt}}$ ) в фоновых процессах, нормированные на теоретическое сечение рождения фоновых процессов для  $36.1 \text{ fb}^{-1}$ , после *первичного* отбора. Вклад фоновых процессов в суммарную композицию фона ( $N_{\text{total}}$ ) после *первичного* отбора представлен в %. Фон fake-электронов включает все источники событий с неправильно идентифицированными электронами. Такие события не учитываются в смоделированных данных для избежания двойного счета.

	$N_{\text{evt}}$	$N_{\text{evt}}/N_{\text{total}}$ [%]
$W(\rightarrow e\nu) + \text{jets}$	$(1218 \pm 96) \times 10$	27
$W(\rightarrow \tau\nu) + \text{jets}$	$1291 \pm 97$	3
$Z/\gamma^*(\rightarrow ee) + \text{jets}$	$(7 \pm 2) \times 10$	<1
$Z/\gamma^*(\rightarrow \tau\tau) + \text{jets}$	$(26 \pm 3) \times 10$	<1
$t\bar{t}$	$(26 \pm 2) \times 10^3$	58
Single- $t$	$(26 \pm 2) \times 10^2$	6
VV	$(164 \pm 11) \times 10$	4
Fake-электроны	$(8 \pm 2) \times 10^2$	2

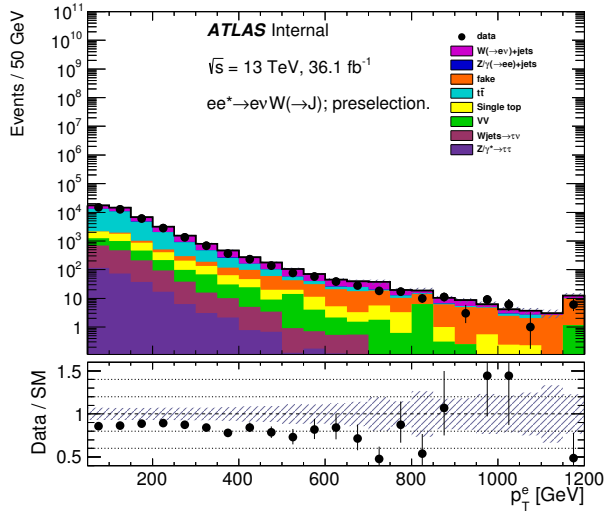
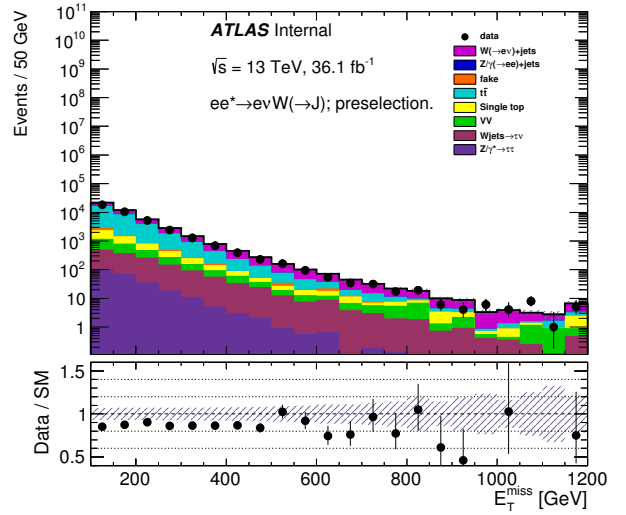
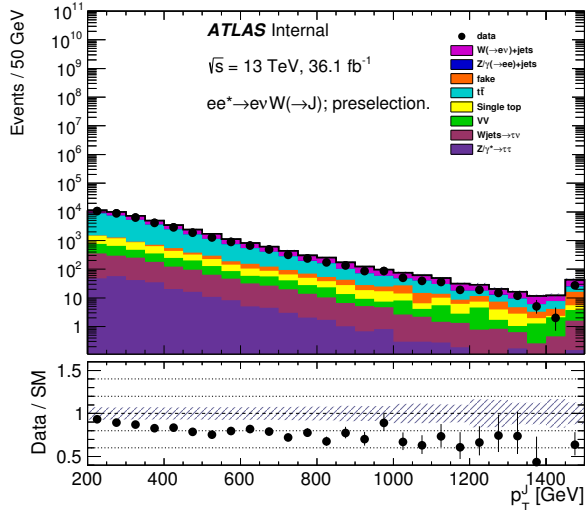
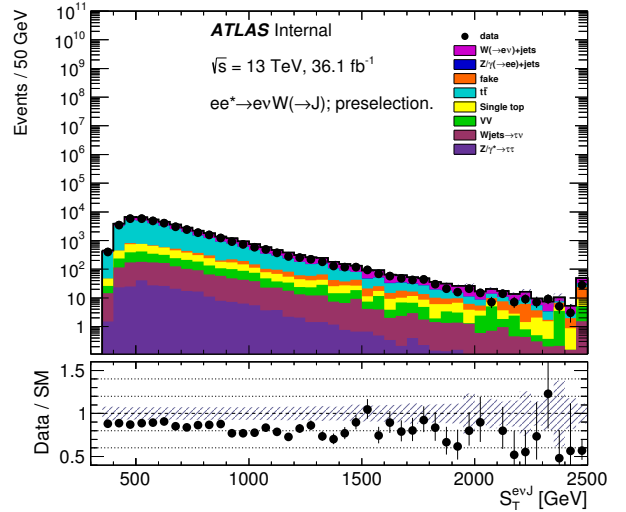
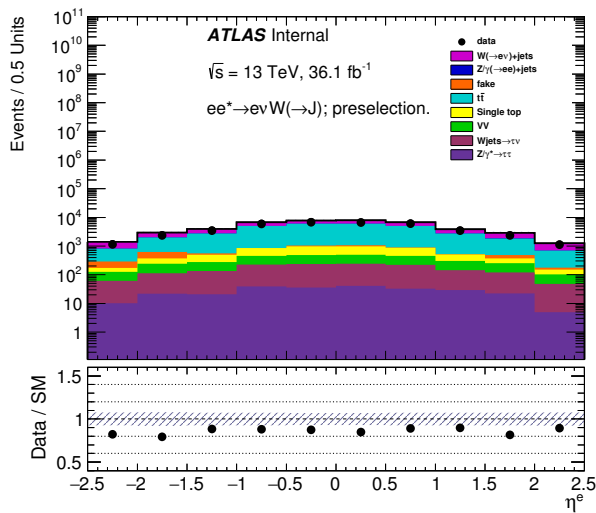
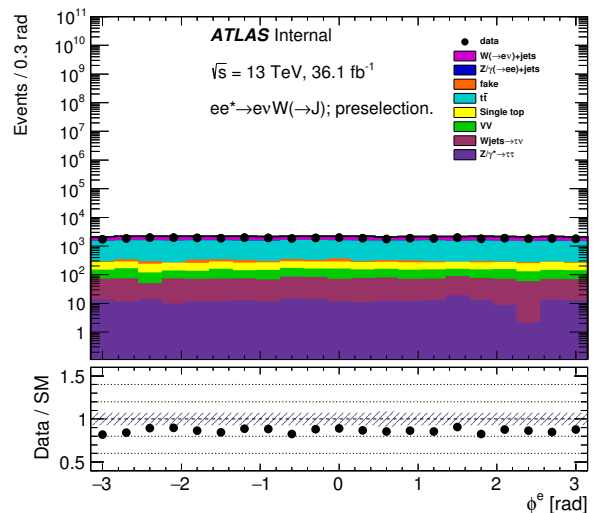
(a)  $p_T$  электрона.(b)  $E_T^{\text{miss}}$ .(c)  $p_T$  лидирующей коллимированной струи.(d)  $S_T$ .(e)  $\eta$  электрона.(f)  $\phi$  электрона.

Рис. 5.1. Распределения по кинематическим переменным после первичного отбора для поиска возбужденных электронов.

Таблица 5.3. Вклады фоновых процессов ( $N_{\text{evt}}$ ) после первичного отбора событий, нормированные на теоретическое сечение и интегральную светимость  $20.3 \text{ фб}^{-1}$ . В правой колонке показаны относительные вклады фоновых процессов в полное число фоновых событий ( $N_{\text{total}}$ ).

каналы распада	$N_{\text{evt}}$		$N_{\text{evt}}/N_{\text{total}} [\%]$	
	$e$	$\mu$	$e$	$\mu$
$W + \text{jets}$	76853600	68530500	91	91
$Z/\gamma^* + \text{jets}$	6701340	6251600	8	8
$t\bar{t}$	491097	434220	$< 1$	$< 1$
Single- $t$	141017	124199	$< 1$	$< 1$
$VV$	119200	104315	$< 1$	$< 1$

## Глава 6

## Стратегия анализа

Поиск основан на подсчете чисел событий в областях фазового пространства, которые определяются путем наложения ограничений на дискриминирующие переменные. Эти переменные выбираются так, чтобы эффективно разделить сигнальные и фоновые процессы в сигнальных (SR), контрольных (CR) и проверочных (VR) областях. Выбор SR основан на максимизации чувствительности конкретной сигнальной области к сигнальному процессу, предсказанному моделью для конкретного значения  $m_{e^*}$ , или  $m_{G^*}$ , или  $m_{W'}$  с учетом присутствия ненулевого фона от процессов SM в данной SR. В поиске возбужденных электронов эффективность отбора сигнала практически не зависит от параметра модели  $\Lambda$ , поэтому оптимизация SR проведена для различных значений  $m_{e^*}$ , вместо двумерной  $\{m_{e^*}, \Lambda\}$  оптимизации SR. Контрольные области строятся таким образом, чтобы обеспечить преобладание вклада соответствующего фонового процесса над остальными и статистически достаточное число фоновых событий в данной области при незначительном вкладе сигнального процесса. В CR производится измерение, позволяющее вычислить из данных поправку проинтегрированного по CR сечения соответствующего фонового процесса и его систематическую неопределенность для оценки вклада данного процесса в соответствующей SR. Анализ выполняется «вслепую», то есть, до возможности сравнения экспериментальных данных с фоновыми процессами в сигнальных областях, прежде всего, вычисляются поправки основных фоновых процессов в CR, далее проверяется соответствие поправленных предсказаний фона экспериментальным данным в проверочных областях (VR), лежащих в фазовом пространстве между контрольными и сигнальными областями, не перекрывая их. Кроме этого, VR выбирается так, что вклад сигнального процесса пренебрежимо мал по сравнению с вкладами фоновых процессов.

Выбор дискриминирующих переменных для поисков возбужденных электронов (EL) и дибозонных резонансов (VV) обоснован в Разделе 6.1. Построение и оптимизация сигнальных областей для поисков EL и VV описаны в Разделе 6.2. Построение контрольных областей для двух доминирующих в поиске EL фоновых процессов —  $W (\rightarrow e\nu) + \text{jets}$  и  $t\bar{t}$ , а также главного фонового процесса  $W + \text{jets}$  в поиске VV, изложено в Разделе 6.3. Построение проверочных областей в поисках возбужденных электронов и дибозонных резонансов обсуждается в Разделе 6.4.

## 6.1. Дискриминирующие переменные

Дискриминирующие переменные введены в анализ как специальные характеристики события, чувствительные к конкретным фоновым или сигнальным процессам. Дискриминирующие переменные предназначены для выделения областей фазового пространства, в которых доминирует выбранный фоновый или сигнальный процесс.

Для поиска возбужденных электронов в конечном состоянии  $e\nu J$  в качестве дискриминирующих были выбраны следующие переменные:

- Инвариантная масса коллимированной тяжелой струи,  $m_J$ , распределение которой имеет максимум при значении, близком к массе  $W$ -бозона, использована для выделения сигнального процесса  $e^* \rightarrow \nu W (\rightarrow J)$  и исключения событий главного фонового процесса  $W (\rightarrow e\nu) + \text{jets}$ , в котором источником коллимированных тяжелых струй не является  $W$ -бозон.
- Поперечная масса нейтрино и коллимированной струи — кандидата в распадающийся в адроны  $W$ -бозон,  $m_T^{\nu W}$ , представленная Уравнением 6.1, имеет якобиановский максимум в сигнальном процессе  $e^* \rightarrow \nu W$ .

$$m_T^{\nu W} = \sqrt{(m_W)^2 + 2 \times \left( \sqrt{(m_W)^2 + (p_T^W)^2} \times E_T^{\text{miss}} - p_x^W \times E_x^{\text{miss}} - p_y^W \times E_y^{\text{miss}} \right)}, \quad (6.1)$$

где  $p_{x(y)}^W$  —  $x(y)$  компонента импульса тяжелой коллимированной струи — кандидата в  $W$ -бозон. На поперечную массу  $m_{\text{T}}^{\nu W}$  наложено условие превышения некоторого порога, который растет в соответствии с ростом  $m_{e^*}$ .

- Абсолютное значение азимутального угла между электроном и нейтрино,  $\left| \Delta\phi(e, \vec{E}_{\text{T}}^{\text{miss}}) \right|$ , распределение по которому имеет разную форму для сигнального и фоновых процессов с лептонным распадом  $W$ -бозона, позволяющую эффективно их разделить.
- Асимметрия между значениями поперечных импульсов электрона и кандидата в возбужденный электрон,

$$p_{\text{T}}^{\text{balance}} = \frac{p_{\text{T}}^e - p_{\text{T}}^{e^*}}{p_{\text{T}}^e + p_{\text{T}}^{e^*}}, \quad (6.2)$$

где  $p_{\text{T}}^{e^*}$  восстановлен по поперечному импульсу кандидата в  $W$ -бозон, распадающегося в адроны, и потерянный поперечному импульсу. Характерные значения модуля  $p_{\text{T}}^{\text{balance}}$  в сигнальном процессе меньше, чем в фоновых, так как модуль  $p_{\text{T}}$  системы  $ee^*$  много меньше  $p_{\text{T}}^e$  и  $p_{\text{T}}^{e^*}$  и, следовательно,  $|p_{\text{T}}^e - p_{\text{T}}^{e^*}| \ll p_{\text{T}}^e + p_{\text{T}}^{e^*}$ . Это соотношение не выполняется в фоновых процессах, где значительная часть поперечного импульса уносится реконструируемыми объектами помимо отобранных электрона и коллимированной тяжелой струи.

Для поиска дибозонных резонансов с конечным состоянием  $\ell\nu jj/J$  были выбраны следующие дискриминирующие переменные:

- Инвариантная масса двух лидирующих в событии разрешенных струй,  $m_{jj}$ , или лидирующей коллимированной струи,  $m_J$ , имеющая максимум распределения в области масс  $W$ - и  $Z$ -бозонов, позволяет выделить события сигнального процесса и удалить события главного фонового процесса  $W/Z + \text{jets}$ , в котором струи не являются продуктами распада  $W$ - или  $Z$ -бозонов.

- Поперечный импульс системы двух лидирующих в событии разрешенных струй,  $p_T^{jj}$ , или лидирующей коллимированной струи,  $p_T^J$ , соответствующий адронному распаду кандидата в  $W$ - или  $Z$ -бозон.
- Поперечный импульс системы лептона и нейтрино,  $p_T^{\ell\nu}$ , соответствующий кандидату в  $W$ -бозон, распадающийся по лептонному каналу.
- Абсолютное значение азимутального угла,  $\left| \Delta\varphi(\text{jet}, \vec{E}_T^{\text{miss}}) \right|$ , между лидирующей струей и нейтрино.

## 6.2. Сигнальные области

В поиске возбужденных электронов оптимизация условий отбора на дискриминирующие переменные для построения SR произведена отдельно для каждого значения  $m_{e^*}$ , при котором моделировались сигнальные события. При этом для каждого данного  $m_{e^*}$  максимизируется модифицированный критерий значимости [128], заданный Уравнением 6.3:

$$Z = \sqrt{2 \times ((S + B) \times \ln(1 + S/B) - S)}, \quad (6.3)$$

где  $S$  и  $B$  — числа сигнальных и фоновых событий, соответственно, в оптимизируемой SR. Этот метод также проверен путем минимизации ожидаемого верхнего предела на сечение сигнального процесса, что дает близкий результат для всех значений  $m_{e^*}$ . Оптимизация SR выполнена только на смоделированных фоновых и сигнальных наборах данных без использования экспериментальных данных, что является необходимым требованием при выполнении «слепого» анализа.

Максимизация модифицированного критерия значимости  $Z$  выполнена путем одновременного варьирования условий отбора на все дискриминирующие переменные. Для каждого значения  $m_{e^*}$  были исследованы три разных комбинации переменных:

1.  $\max p_T^{\text{balance}}, \max m_T^{\nu W}$  и  $\min \left| \Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}}) \right|$ ,
2.  $\max p_T^{\text{balance}}, \min m_T^{\nu W}$  и  $\min \left| \Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}}) \right|$ ,
3.  $\min \left| \Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}}) \right|$ ,  $\min m_T^{\nu W}$  и  $\max m_T^{\nu W}$ ,

где  $\max$  ( $\min$ ) обозначают максимально (минимально) допустимые значения соответствующих переменных. Третья комбинация была выбрана как наиболее эффективная для построения SR. Выбор всех перечисленных дискриминирующих переменных физически обоснован, однако после применения ограничений на  $\left| \Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}}) \right|$  и  $m_T^{\nu W}$ , дополнительное использование  $p_T^{\text{balance}}$  неэффективно. Распределения для переменных  $m_T^{\nu W}$ ,  $\left| \Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}}) \right|$  и  $m_J$  после первичного отбора событий (Раздел 4.2) и фита только фоновых процессов в CR (Раздел 6.3 и Глава 8) показаны на Рисунке 6.1.

В результате оптимизации условий отбора на дискриминирующие переменные  $m_T^{\nu W}$  и  $\left| \Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}}) \right|$  для каждого значения  $m_{e^*}$ , всего построено девять SR, причем каждая SR оптимальна в своем, не перекрывающемся с другими, диапазоне значений  $m_{e^*}$ . Первичный отбор событий и дополнительные критерии на дискриминирующие переменные, определяющие SR, приведены в Таблице 6.1. Кроме этого, к событиям в SR применяются вето на наличие  $b$ -струй и условие мечения коллимированной струи как  $W$ -бозона с 50% вероятностью ( $W$ -tag50) (Таблица 6.4).

Для поиска дибозонных резонансов были оптимизированы три сигнальные области: LRR с двумя разрешенными низкоэнергетическими струями, HRR с двумя разрешенными высокоэнергетическими струями и MR с одной коллимированной высокоэнергетической струей. Условия отбора для каждой SR перечислены в Таблице 6.2. Эффективности отборов сигнальных событий для каждой из SR показаны на Рисунке 6.2. Конкретная сигнальная область применяется к  $m_{G^*}$  или  $m_{W'}$ , если вносит не менее 10% от суммарной эффективности сигнала в данной массовой гипотезе. Применение отдельных или комбинации



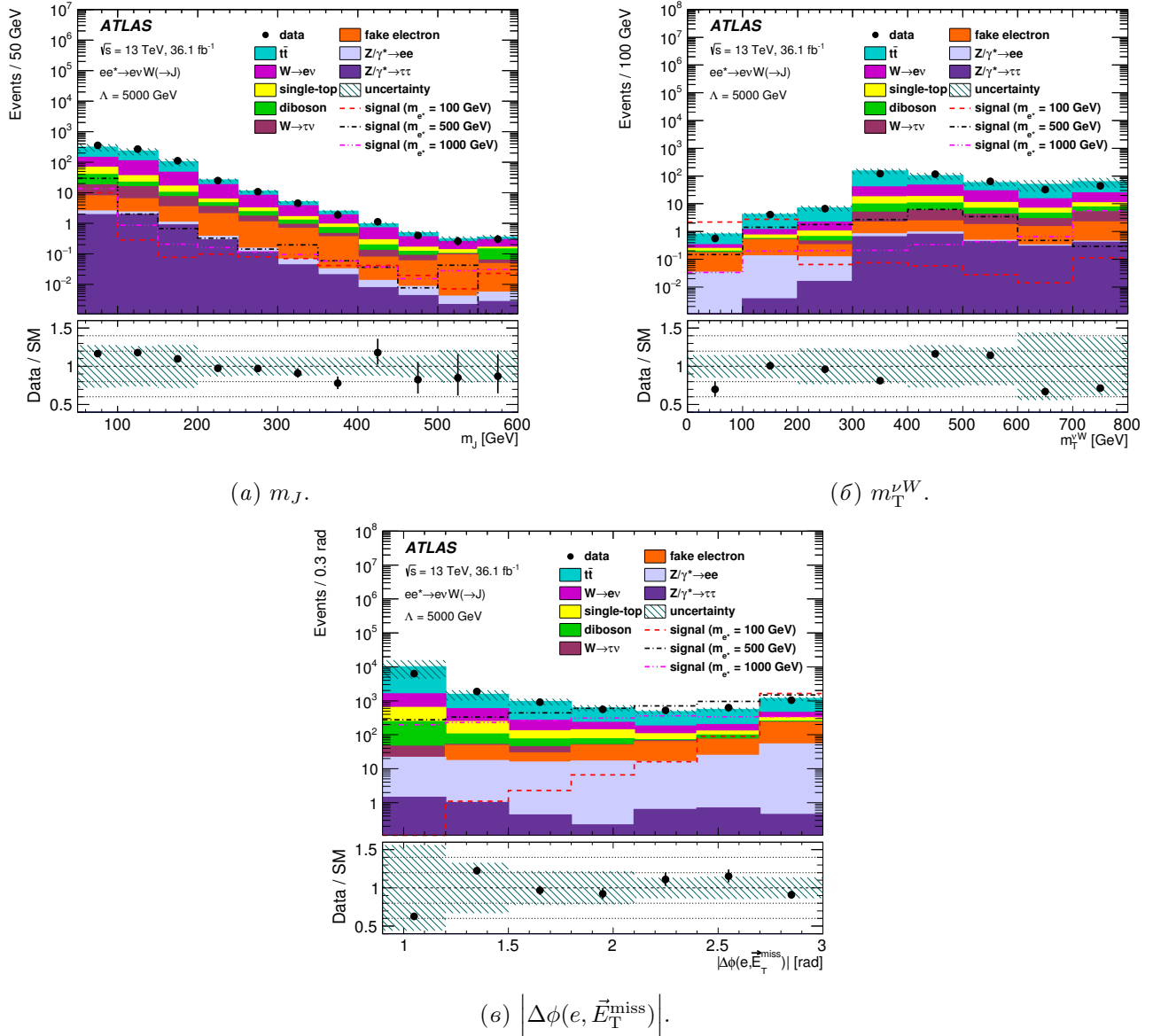


Рис. 6.1. Распределения по переменным  $m_J$  (а),  $m_T^{\nu W}$  (б) и  $|\Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}})|$  (в), используемым для разделения сигнальных и фоновых процессов в поиске возбужденных электронов, показаны после первичного отбора событий. Вклады основных фоновых процессов уточнены путем сравнения с данными в соответствующих контрольных областях (CR). Сигнал смоделирован в предположении  $\Lambda = 5$  ТэВ. Последний вход гистограмм включает в себя информацию из последующих не показанных входов. В нижней части графиков показаны отношения данных с их статистической неопределенностью к предсказанным полным числам фоновых событий. Все систематические и статистические неопределенности, связанные с фоном SM, представлены в виде заштрихованной области.

Таблица 6.1. Оптимизированные условия отбора, применяемые к дискриминирующим переменным после первичного (PRE) отбора событий (Раздел 4.2) для определения сигнальных областей (SR). Эффективность отбора сигнала как отношение числа смоделированных сигнальных событий в каждой сигнальной области (SRi) к их числу после отбора PRE и к их полному числу перед всеми отборами (полная эффективность) даны в %. Дополнительно приведены эффективности принятого в SRi отбора сигнала для значений  $m_{e^*}$ , соответствующих предыдущей (SRi-1) и последующей (SRi+1) сигнальным областям, относительно отбора PRE. Каждая SR соответствует одной или нескольким массовым гипотезам, как показано во второй колонке. “Н/п” означает, что условие в данной SR не применяется.

	$m_{e^*}$ [ГэВ]	$\min m_T^{\nu W}$ [ГэВ]	$\max m_T^{\nu W}$ [ГэВ]	$\min  \Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}}) $ [радиан]	эфф. в SRi-1 к PRE [%]	эфф. в SRi к PRE [%]	эфф. в SRi+1 к PRE [%]	эфф. полная [%]
SR1	100	0	200	2.7	н/п	61	0	3
SR2	200	100	н/п	2.4	46	59	61	4
SR3	300	100	н/п	2.1	49	56	40	5
SR4	400	200	н/п	1.8	45	40	34	5
SR5	500	300	н/п	1.5	39	38	31	5
SR6	600	400	н/п	1.2	38	38	28	6
SR7	700	500	н/п	1.2	40	34	28	6
SR8	800	600	н/п	0.9	38	36	27	7
	900				38	38	32	8
SR9	1000	700	н/п	0.9	42	37	н/п	8
	1250				44	42	н/п	9
	1500				45	43	н/п	10
	1750				45	44	н/п	10
	2000				46	45	н/п	10
	2250				45	45	н/п	10
	2500				44	43	н/п	10
	2750				44	44	н/п	10
	3000				44	44	н/п	10
	3250				43	42	н/п	10
	3500				44	43	н/п	10
	3750				42	42	н/п	10
4000	42	42	н/п	9				

сигнальных областей для каждой массовой гипотезы моделей дибозонных резонансов приведено в Таблице 6.3.

Таблица 6.2. Оптимизированные условия отбора, применяемые к дискриминирующим переменным после первичного отбора событий для определения сигнальных областей в поиске дибозонных резонансов. Для исключения двойного счета событий и обеспечения ортогональности сигнальных областей, вводится следующий порядок применения отборов к событию: MR, HRR, LRR. “—” означает, что условие в данной области не применяется.

LRR	HRR	MR
$N_j \geq 2$ AntiKt4	$N_j \geq 2$ AntiKt4	$N_J \geq 1$ CA12
$p_T^j > 30$ ГэВ	$p_T^j > 80$ ГэВ	$p_T^J > 400$ ГэВ
$p_T^{jj} > 100$ ГэВ	$p_T^{jj} > 300$ ГэВ	—
$p_T^{\ell\nu} > 100$ ГэВ	$p_T^{\ell\nu} > 300$ ГэВ	$p_T^{\ell\nu} > 300$ ГэВ
$N_{b\text{-jet}} = 0$	$N_{b\text{-jet}} = 0$	$N_{b\text{-jet}} = 0$
$\Delta\phi(j_1, E_T^{\text{miss}}) > 1$	$\Delta\phi(j_1, E_T^{\text{miss}}) > 1$	$\Delta\phi(J, E_T^{\text{miss}}) > 1$
$65 < m_{jj} < 105$ ГэВ	$65 < m_{jj} < 105$ ГэВ	$65 < m_J < 105$ ГэВ

### 6.3. Контрольные области

Контрольные области (CR) используются для получения нормировочных факторов и ограничения систематических неопределенностей для соответствующих фоновых процессов, которые далее используется в финальном фите (Глава 8). CR для каждого данного фонового процесса определяется таким образом, чтобы обеспечить значительное преобладание вклада данного процесса по сравнению с остальными при статистически достаточном числе событий. При этом CR не перекрывается с соответствующей SR. Для уменьшения неопределенностей моделирования фонового процесса в SR, связанных с экстраполяцией из CR в SR, условия отбора в CR выбраны наиболее близкими к соответствующим

Таблица 6.3. Оптимизация применения одной из трех сигнальных областей или их комбинации: с двумя разрешенными низкоэнергетическими струями (LRR), с двумя разрешенными высокоэнергетическими струями (HRR), с одной коллимированной высокоэнергетической струей (MR), — для массовых гипотез в поиске дибозонных резонансов в моделях RS1  $G^*$  и EGM  $W'$ .

$m[\text{ГэВ}]$	$G^*$	$W'$
300	LRR	LRR
400	LRR	LRR
500	LRR	LRR
600	LRR & HRR	LRR & HRR
700	LRR & HRR	LRR & HRR
800	LRR & HRR & MR	LRR & HRR & MR
900	HRR & MR	HRR & MR
1000	MR	HRR & MR
1100	MR	HRR & MR
1200	MR	MR
1300	MR	MR
1400	MR	MR
1500	MR	MR
1600	MR	MR
1700	MR	MR
1800	MR	MR
1900	MR	MR
2000	MR	MR
2100	MR	MR
2200	MR	MR
2300	MR	MR
2400	MR	MR
2500	MR	MR

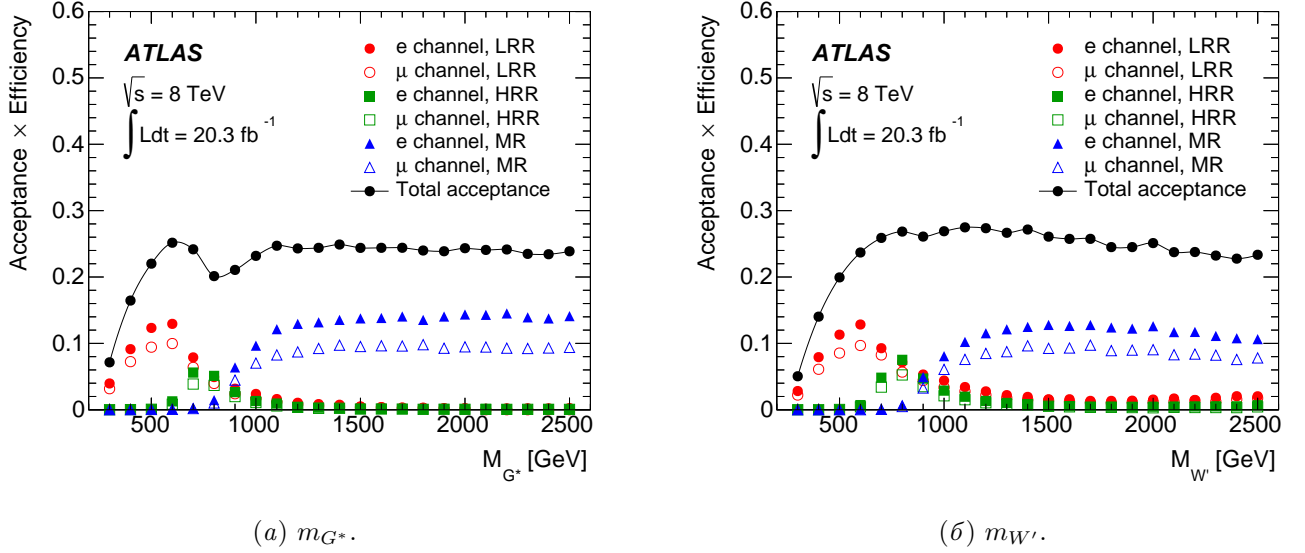


Рис. 6.2. Эффективность отбора сигнальных событий в поиске дибозонных резонансов для обоих, электронного и мюонного, каналов и трех сигнальных областей, LRR, HRR и MR в зависимости от  $m_{G^*}$  (а) и  $m_{W'}$  (б). Эффективность показана в отношении к суммарному числу событий  $WW/WZ \rightarrow \ell\nu qq$  для  $G^*/W'$  с  $\ell = e, \mu, \tau$ .

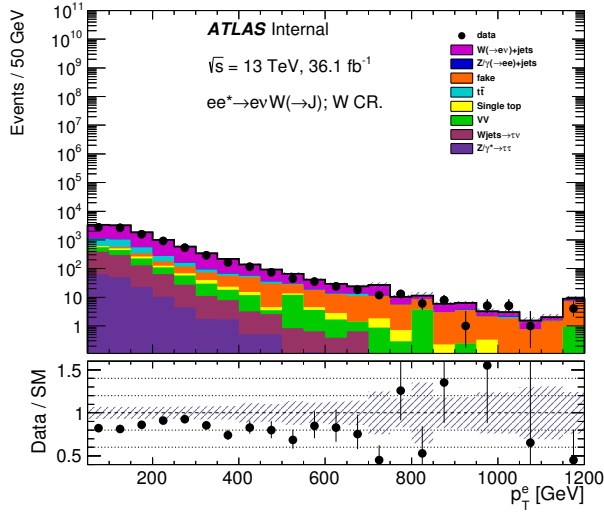
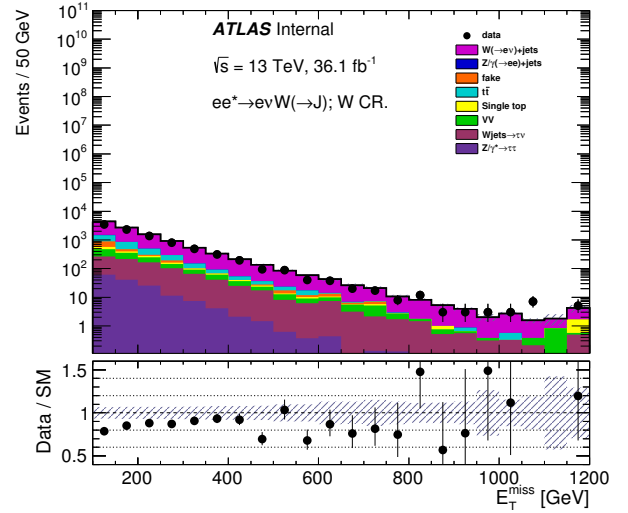
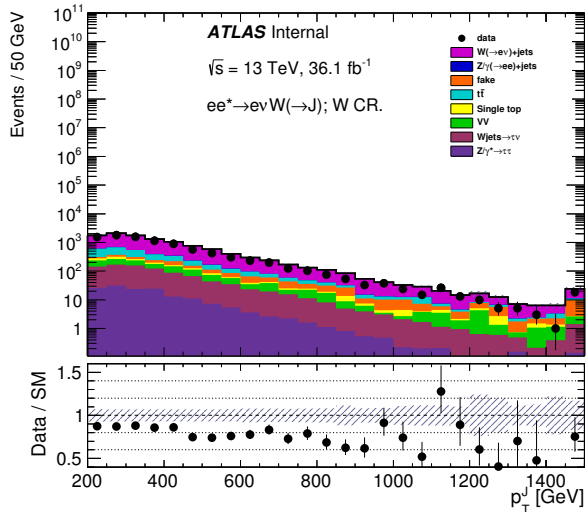
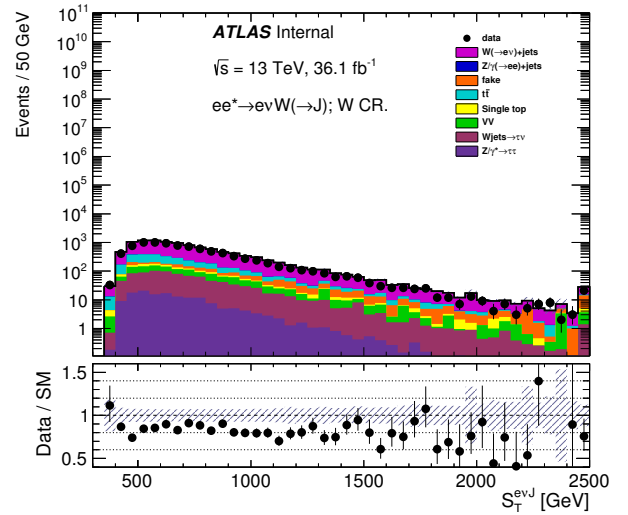
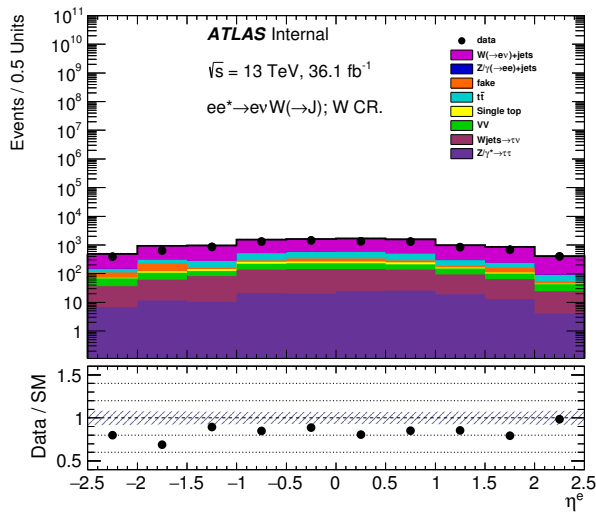
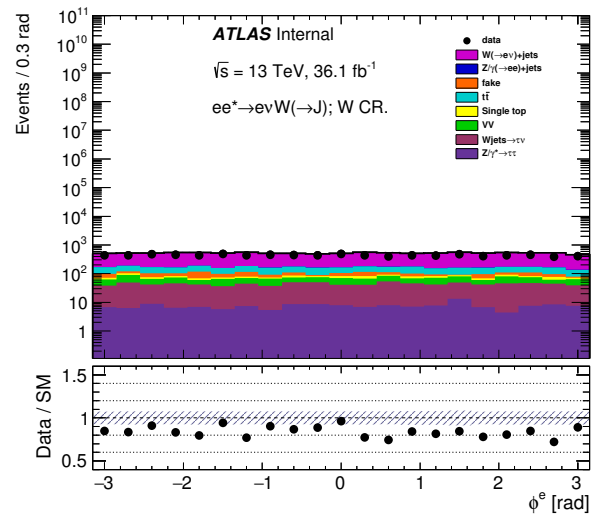
щей SR. Отдельные условия отбора могут быть изменены с целью обогащения конкретной CR событиями соответствующего фонового процесса, вместе с тем обеспечивая ортогональность с соответствующей SR, а остальные условия отбора сохраняются такими же как в SR. Таким образом, для каждой SR определен соответствующий набор CR.

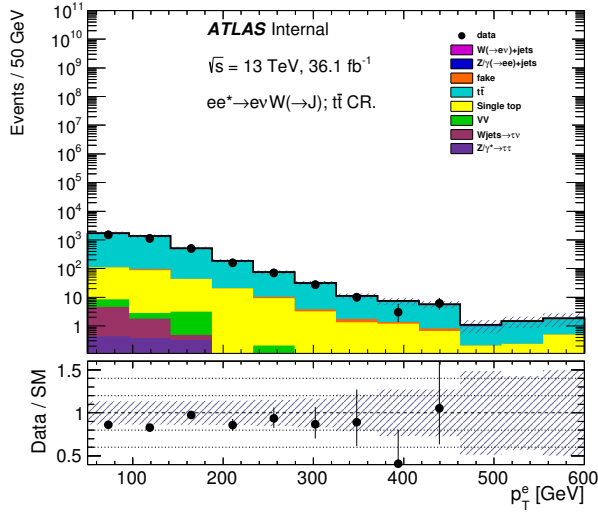
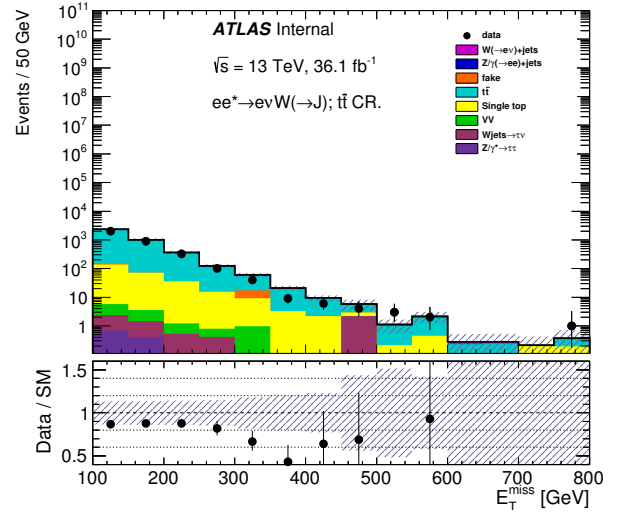
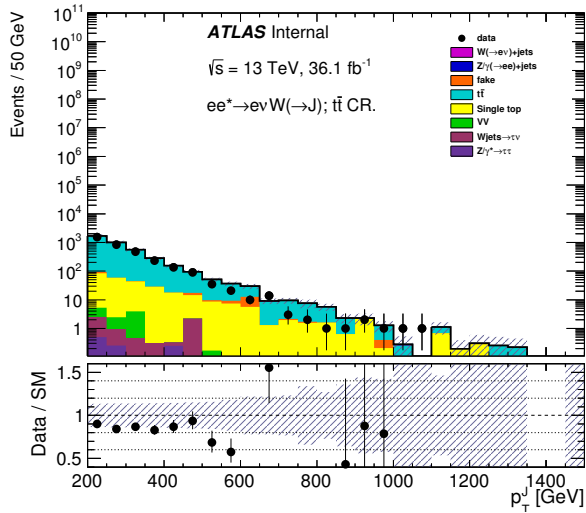
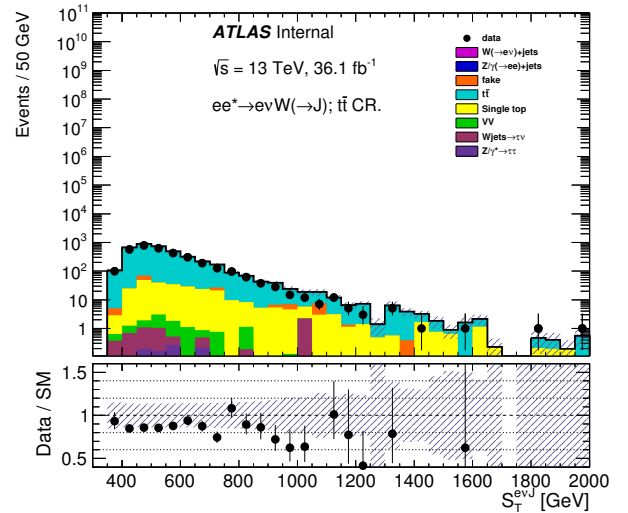
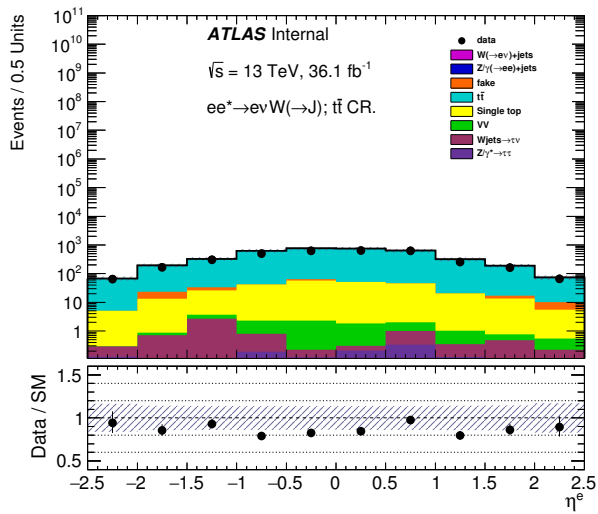
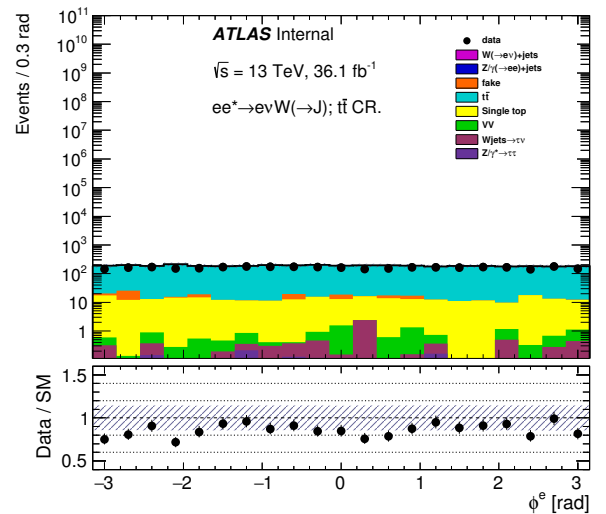
Для поиска возбужденного электрона в конечном состоянии  $e\nu J$  определены два набора CR в соответствии с двумя главными фоновыми процессами, показанными в Разделе 5.2 —  $W (\rightarrow e\nu) + \text{jets}$  ( $W$  CR) и  $t\bar{t}$  ( $t\bar{t}$  CR) (Таблица 6.4).  $W$  CR определены полным набором критериев первичного отбора (Раздел 4.2), такими же критериями отбора событий как и SR (Таблица 6.1), вместе с вето на  $b$ -струи, но с инвертированным критерием на массу коллимированной струи:  $m_J$  не идентифицируется как  $W$ -бозон с 80% вероятностью ( $W$ -tag80). Кроме того, из всех  $W$  CR удалено условие на  $|\Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}})|$ , чтобы уменьшить статистическую неопределенность. Также, в анализе не участвует  $W$  CR1, которая соответствовала бы SR1, так как в такой CR фоновый процесс  $W (\rightarrow e\nu) + \text{jets}$  не является основным. События в  $t\bar{t}$  CR также проходят первичный отбор (Раз-

дел 4.2), все критерии отбора SR из Таблицы 6.1, масса лидирующей коллимированной струи удовлетворяет критерию  $W$ -tag50, кроме этого, события должны иметь не меньше двух  $b$ -струй. Никакие дополнительные кинематические ограничения на  $b$ -струи для построения  $t\bar{t}$  CR не накладываются. В результате, для девяти SR определены восемь  $W$  CR и девять  $t\bar{t}$  CR.

В поиске дибозонных резонансов нормировка вклада основного фонового процесса  $W + \text{jets}$  к данным вычисляется из распределения  $p_T^W$  в области, построенной с применением всех условий отбора LRR, кроме инвертированного критерия на инвариантную массу разрешенных струй, которая не должна лежать в области значений массы  $W$ - и  $Z$ -бозонов,  $40 < m_{jj} < 65$  ГэВ или  $105 < m_{jj} < 200$  ГэВ. Нормировка вкладов фоновых процессов  $W/Z + \text{jets}$  и fake-лептонов вычисляется с помощью контрольного набора данных, полученного для каждой сигнальной области отдельно для электронного и мюонного каналов. Нормировки вычисляются с помощью минимизации бинированного фита  $\chi^2$  для распределения  $E_T^{\text{miss}}$ .

Для того, чтобы проиллюстрировать комбинацию фоновых процессов в поиске возбужденных электронов, построены две интегральные контрольные области:  $W$  CR и  $t\bar{t}$  CR, как описано выше, но без применения условий отбора событий на дискриминирующие переменные из Таблицы 6.1. Основные кинематические распределения в интегральной  $W$  CR показаны на Рисунке 6.3. Рисунок 6.4 представляет распределения в интегральной  $t\bar{t}$  CR. Смоделированные наборы данных нормированы на полную светимость данных с учетом сечения генератора,  $\epsilon_{\text{filter}}$  и  $k_{\text{factor}}$  до фита. Все систематические и статистические неопределенности отражены на рисунках. Распределения по различным кинематическим переменным приведены в Приложении Д для  $W$  CR и Приложении Е для  $t\bar{t}$  CR.

(a)  $p_T$  электрона.(б)  $E_T^{\text{miss}}$ .(в)  $p_T$  лидирующей коллимированной струи.(г)  $S_T$ .(д)  $\eta$  электрона.(е)  $\phi$  электрона.Рис. 6.3. Распределения по основным кинематическим переменным в интегральной  $W$  CR.

(a)  $p_T$  электрона.(б)  $E_T^{\text{miss}}$ .(в)  $p_T$  лидирующей коллимированной струи.(г)  $S_T$ .(д)  $\eta$  электрона.(е)  $\phi$  электрона.Рис. 6.4. Распределения по основным кинематическим переменным в интегральной  $t\bar{t}$  CR.



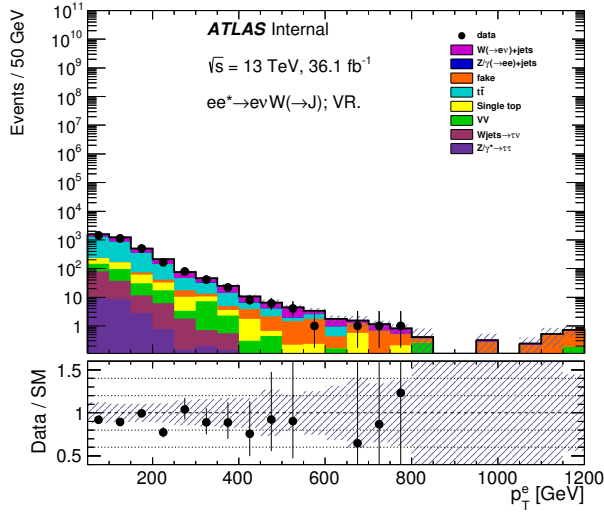
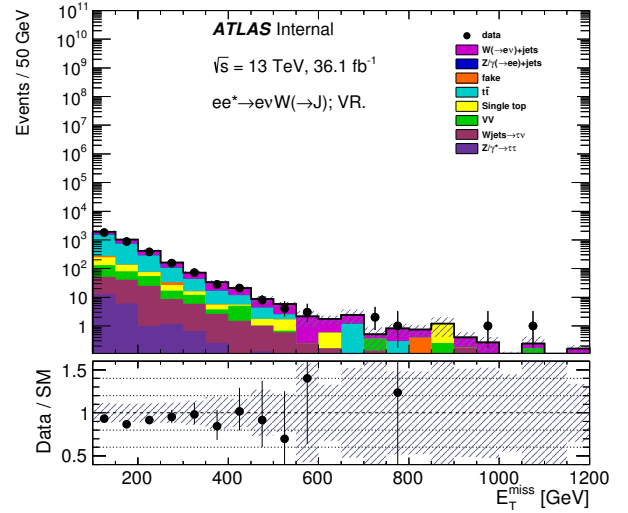
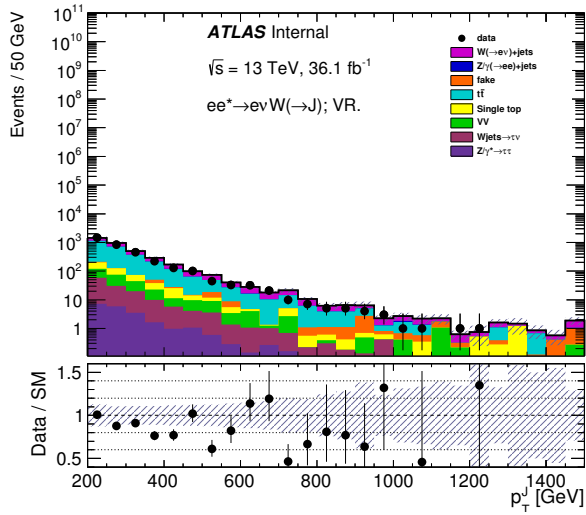
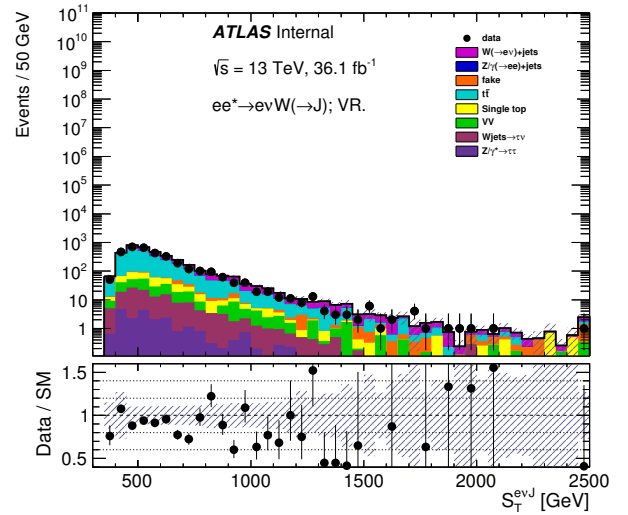
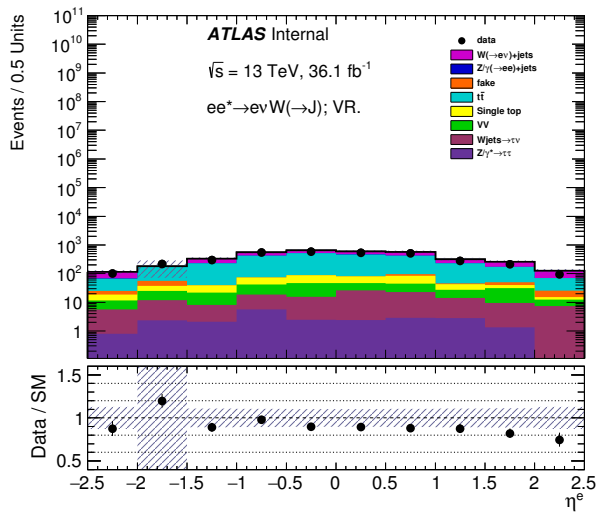
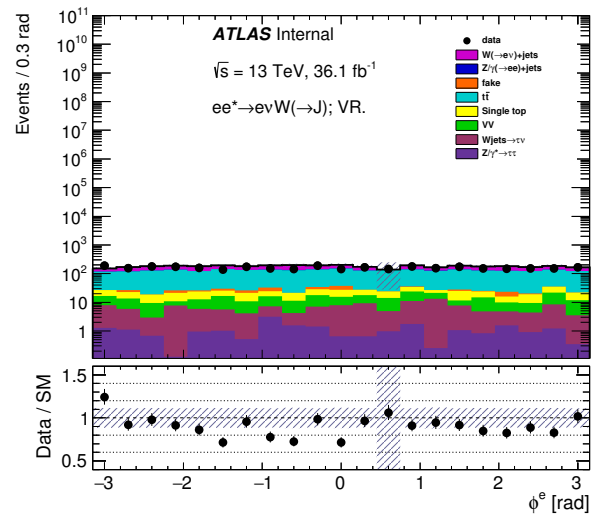
## 6.4. Проверочные области

Оценка фона в CR проверена в дополнительных областях фазового пространства (VR). Эти области не включены в фит при поиске сигнала.

В поиске возбужденных электронов построены два набора проверочных областей:  $m_J$  VR и  $b$ -jet VR, по критериям отбора находящиеся между SR и  $W$  CR и SR и  $t\bar{t}$  CR, соответственно. Для определения  $m_J$  VR на события наложено инвертированное условие на  $m_J$  относительно SR и  $W$  CR. Для уменьшения статистической неопределенности условие на число  $b$ -струй опущено. При построении  $b$ -jet VR требуется ровно одна  $b$ -струя для проверки применимости полученной нормировки фона  $t\bar{t}$  из  $t\bar{t}$  CR с двумя и более  $b$ -струями к SR без  $b$ -струй. Условия на  $m_T^{\nu W}$  и  $\left| \Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}}) \right|$  для обоих наборов VR те же, что и в SR. Все критерии отборов для VR показаны в Таблице 6.4.

В поиске дибозонных резонансов построены две проверочные области: fake VR для проверки корректности оценки фона fake-лептонов путем инверсии условия на  $E_T^{\text{miss}}$ ,  $E_T^{\text{miss}} < 30$  ГэВ для электронного канала и  $50 < E_T^{\text{miss}} < 80$  ГэВ для мюонного канала, и  $t\bar{t}$  VR требованием наличия хотя бы одной  $b$ -струи в событии.

Аналогично CR, для иллюстрации комбинации фоновых процессов в поиске возбужденных электронов построены интегральные VR без применения сигнальных условий из Таблицы 6.1. Для  $m_J$  VR распределения показаны на Рисунке 6.5, а для  $b$ -jet VR — на Рисунке 6.6. Нормировка смоделированных наборов данных произведена к полной светимости экспериментальных данных, фит в CR не произведен. Все систематические и статистические погрешности отражены на распределениях. Распределения по другим кинематическим переменным приведены в Приложениях Ж и З.

(a)  $p_T$  электрона.(б)  $E_T^{\text{miss}}$ .(в)  $p_T$  лидирующей коллимированной струи.(г)  $S_T$ .(д)  $\eta$  электрона.(е)  $\phi$  электрона.Рис. 6.5. Распределения по основным кинематическим переменным в интегральной  $m_J$  VR.

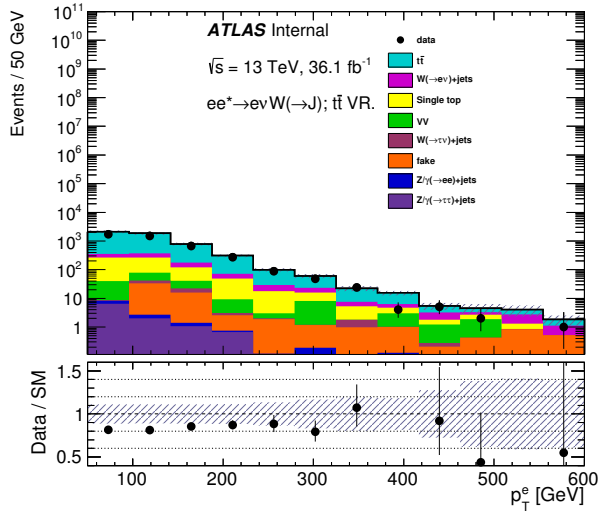
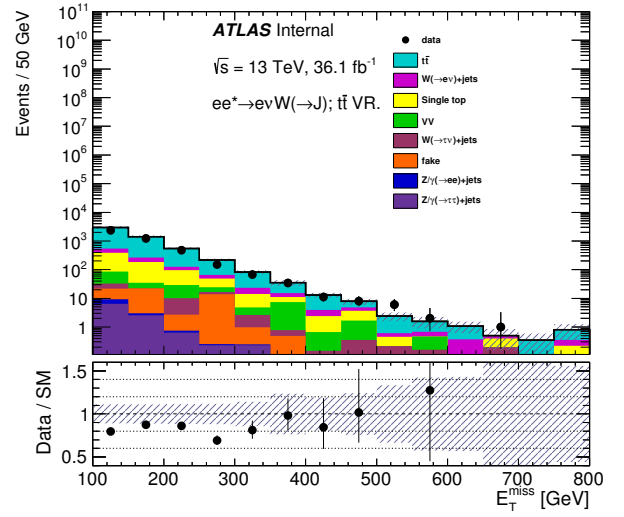
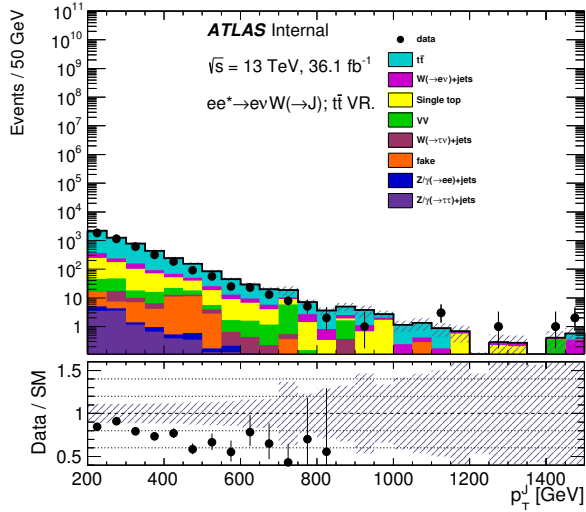
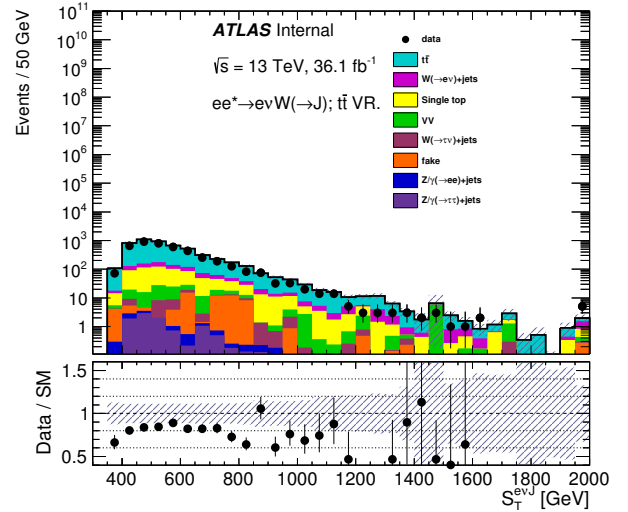
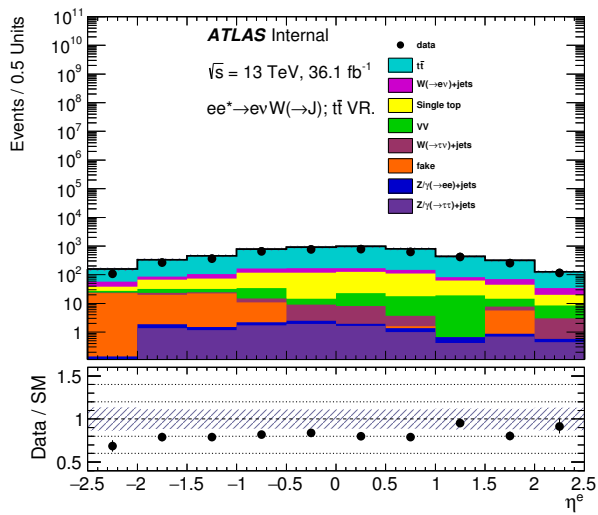
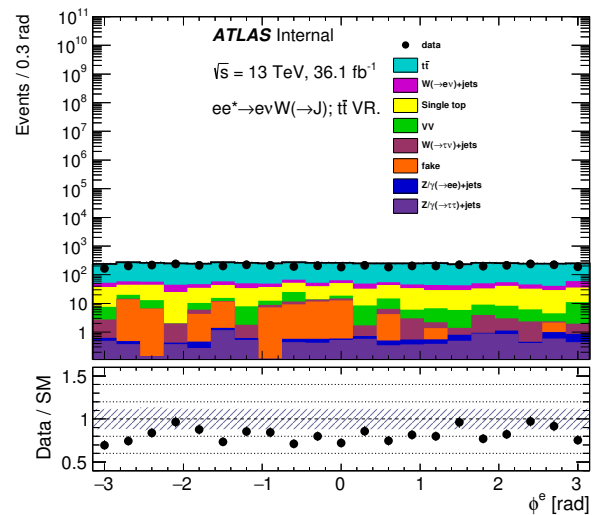
(a)  $p_T$  электрона.(б)  $E_T^{\text{miss}}$ .(в)  $p_T$  лидирующей коллимированной струи.(г)  $S_T$ .(д)  $\eta$  электрона.(е)  $\phi$  электрона.Рис. 6.6. Распределения по основным кинематическим переменным в в интегральной  $b$ -jet VR.

Таблица 6.4. Условия отбора событий применяются после первичного отбора событий (PRE) (Раздел 4.2) в сигнальных областях (SR), контрольных областях (CR):  $W$  CR и  $t\bar{t}$  CR, и в проверочных областях (VR):  $m_J$  VR и  $b$ -jet VR.  $W$ -tag50 и  $W$ -tag80 означают мечение коллимированной струи в качестве  $W$ -бозона с 50% ( $W$ -tag50) и 80% ( $W$ -tag80) эффективностью отбора сигнала. “н/п” означает, что условие в данной области не применяется.

Область	$D_2^{\beta=1}$	$m_J$ интервал	$N^{b\text{-jets}}$	$m_T^{\nu W}$	$ \Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}}) $
PRE	$W$ -tag50 проходит	н/п	н/п	н/п	н/п
SR	$W$ -tag50 проходит	$W$ -tag50 проходит	0	проходит	проходит
$W$ CR	$W$ -tag50 проходит	$W$ -tag80 не проходит	0	проходит	н/п
$t\bar{t}$ CR	$W$ -tag50 проходит	$W$ -tag50 проходит	$\geq 2$	проходит	проходит
$m_J$ VR	$W$ -tag50 проходит	$W$ -tag50 не проходит $W$ -tag80 проходит	н/п	проходит	проходит
$b$ -jet VR	$W$ -tag50 проходит	$W$ -tag50 проходит	1	проходит	проходит

## Глава 7

# Систематические неопределенности

Систематические неопределенности в поисках возбужденных электронов и дибозонных резонансов можно разделить на две категории: экспериментальные неопределенности (Раздел 7.1) и теоретические неопределенности (Раздел 7.2), связанные с предсказаниями оценок сигнальных и фоновых процессов. Детали вычислений экспериментальных неопределенностей могут быть найдены по ссылкам на литературные источники, приведенные в Главе 4. Подробности о статистических и систематических неопределенностях в поиске  $E\bar{L}$  приведены в Приложении К.

### 7.1. Экспериментальные неопределенности

Оценка неопределенности вычисления интегральной светимости составляет 2.1% для данных 2015+2016 годов в анализе  $E\bar{L}$  и 2.8% для данных 2012 года в анализе  $V\bar{V}$ . Источником этой неопределенности является калибровка шкалы светимости, полученной при тестовых сканированиях по осям  $x$  и  $y$  в столкновениях отдельных сгустков протонов с различной степенью геометрического перекрытия поперечного сечения пучков [119; 122], а так же используя основные измерения светимости с помощью детектора LUCID-1 и LUCID-2 [120].

Неопределенности, связанные с энергетической шкалой и энергетическим разрешением для электрона, составляют меньше 1% для событий в смоделированных фоновых и сигнальных наборах данных во всех сигнальных областях. Дополнительно учитываются неопределенности эффективности электронного триггера ( $< 2\%$ ), реконструкции ( $< 1\%$ ), идентификации ( $< 3\%$ ) и изоляции электронов ( $< 6\%$ ).

Эффекты неопределенностей в восстановлении импульса мюонов, эффективности их реконструкции, идентификации, изоляции и в эффективности мюо-

онного триггера стремятся в поиске возбужденных электронов к нулю.

Вклад неопределенностей поправки энергетической шкалы (JES) и разрешения (JER) для струй *Antikt4* для фоновых процессов составляет 1–5% (JES) и 1–6% (JER) в сигнальных областях. Неопределенности, связанные с тяжелыми коллимированными струями с конусом  $R = 1.0$  в анализе EL, возникают в связи с неопределенностями калибровок энергетической (JES) и массовой (JMS) шкал струй. Влияние этих неопределенностей на числа фоновых событий в сигнальных областях варьируется от 20% до 40%, а на числа сигнальных событий составляет менее 10%. Также учитываются неопределенности поправок эффективности метода мечения  $b$ -струй. Для числа  $t\bar{t}$  событий такие неопределенности составляют менее 5%.

Процедура оценки фона ложных электронов является источником систематической неопределенности, равной 10–40% в сигнальных областях в зависимости от  $p_T$  электрона.

## 7.2. Теоретические неопределенности

Теоретические неопределенности вводятся для смоделированных фоновых и сигнальных наборов данных.

Для фоновых процессов они связаны с выбором набора PDF, значения  $\alpha_s$ , оценкой вклада неучтенных поправок высших порядков в пертурбативных вычислениях. Последний эффект оценивается путем вариации перенормировочных и факторизационных параметров в пределах 1.5–2 от их номинальных значений. Неопределенности, связанные с PDF оцениваются с помощью набора NNPDF3.0 [129] и двух альтернативных наборов, MMHT2014 [130] и CT14nnlo [131]. Влияние неопределенности  $\alpha_s$  оценивается путем варьирования номинального значения  $\alpha_s = 0.118$  на  $\pm 0.001$ . Теоретические неопределенности для фоновых процессов варьируются от 3% до 10% в сигнальных областях для анализа EL.

Для оценки сигнала учитываются только теоретические неопределенности, полученные варьированием набора PDF, составляющие от 3% до 10% в сигнальных областях анализа EL. В поиске VV значение неопределенностей, связанных с выбором PDF, составляет менее 1%, в то время как основным источником неопределенности сигнала является учет излучения в начальном (конечном) состоянии, ISR (FSR), моделируемый генератором PYTHIA, достигающая 12% (6%) для  $G^*$  ( $W'$ ).

## Глава 8

## Статистический анализ и результаты

## 8.1. Статистическая модель

Статистический анализ в поиске EL выполнен с помощью построения модели простого счетного эксперимента, которая описывается функцией правдоподобия (LF):

$$\begin{aligned}
& L(N, \theta^0, \mathbf{m} | \mu, \beta, \theta, \gamma) = \\
& \underbrace{P \left( N_{\text{SR}} \mid \left[ \mu \times S_{\text{SR}} \times \prod_i^{\text{Syst.}} \nu_{\text{SR},\text{sig}}^i(\theta_i) + \sum_l^{\text{Bkg.}} \beta_l \times B_{\text{SR},l} \times \prod_i^{\text{Syst.}} \nu_{\text{SR},l}^i(\theta_i) \right] \times \gamma_{\text{SR}} \right)}_{\text{Poissonian term for SR}} \\
& \times \prod_q^{\text{CR}} \underbrace{P \left( N_{\text{CR}_q} \mid \left[ \sum_l^{\text{Bkg.}} \beta_l \times B_{\text{CR}_q,l} \times \prod_i^{\text{Syst.}} \nu_{\text{CR}_q,l}^i(\theta_i) \right] \times \gamma_{\text{CR}_q} \right)}_{\text{Poissonian term for CR}_q} \\
& \times \underbrace{\prod_n^{\text{Syst.}} G(\theta_n^0 | \theta_n, 1)}_{\text{Gaussian constraint term}} \times \underbrace{\prod_p^{\text{Reg.}} P(m_p | \gamma_p \times \tau_p)}_{\text{Poissonian constraint term}} \cdot,
\end{aligned} \tag{8.1}$$

где  $N$  — числа наблюдаемых событий в CR и SR (Глава 6), нормировочные параметры  $\beta$  введены для двух главных фоновых процессов анализа,  $W (\rightarrow e\nu) + \text{jets}$  и  $t\bar{t}$ <sup>1</sup>.  $B$  и  $S$  обозначают предсказываемые числа событий фоновых и сигнальных процессов в конкретной области, соответственно.<sup>2</sup> Систематические неопределенности (Глава 7) учитываются вариацией значений функции  $\nu(\theta)$ , в которой эффект вариации систематического источника для модели параметризован через мешающий параметр (NP)  $\theta$ , как показано в Уравнении 8.2. Вариации NP

<sup>1</sup> Значения этих параметров для остальных фоновых процессов фиксированы и установлены равными единице,  $\beta \equiv 1$ .

<sup>2</sup> Оценка вкладов всех фоновых и сигнальных процессов описана в Главе 5.



обычно ограничены вспомогательными измерениями, которые описываются соответствующими числами событий в LF. Так как систематическая неопределенность, связанная с вычислением светимости влияет на все процессы в CR и SR одинаково, то соответствующая функция определена простейшим образом как  $\nu(\theta) = \theta$ . Для остальных систематических неопределенностей  $\theta = 0$  соответствует номинальной оценке ( $I^0$ ), а  $\theta = 1$  соответствует оценке после смещения вверх на  $1\sigma$  ( $I^+$ ), и  $\theta = -1$  — после смещения вниз на  $1\sigma$  ( $I^-$ ). Для построения  $\nu(\theta)$  для  $\theta \in (-\infty, +\infty)$  используется Уравнение 8.2, предложенное в [132]:

$$\nu(\theta|I^0, I^+, I^-) = \begin{cases} (I^+/I^0)^\theta & \theta \geq 1, \\ 1 + \sum_{i=1}^6 a_i \times \theta^i & |\theta| < 1, \\ (I^-/I^0)^{-\theta} & \theta \leq -1. \end{cases} \quad (8.2)$$

В случае применения только односторонней вариации источника систематической неопределенности, противоположное смещение берется симметрично. Коэффициенты  $a_i$  вычисляются из граничных условий  $\nu(\theta = \pm 1)$ ,  $d\nu/d\theta|_{\theta=\pm 1}$ ,  $d^2\nu/d^2\theta|_{\theta=\pm 1}$ . Статистическая ограниченность смоделированных наборов данных учитывается с помощью параметров  $\gamma$ , предложенных в работе [132]. Параметры  $\mathbf{m}$  определены как  $m = (\xi/\delta)^2$ , где  $\xi$  — полная оценка вклада сигнала или фона в сигнальной или контрольной области, и  $\delta$  — ее полная статистическая неопределенность. Параметр  $\tau = (\xi/\delta)^2$  в модели зафиксирован.

## 8.2. Фит модели

Фит фоновых процессов в поиске возбужденных электронов произведен с использованием описанной в Разделе 8.1 модели LF, в которую входят только  $W$  и  $t\bar{t}$  CR и только компоненты фоновых процессов. Нормировочные параметры  $\beta$  для процессов  $W + \text{jets}$  и  $t\bar{t}$  после такого фита приведены в Таблице 8.1.

Числа событий в  $W$  CR и  $t\bar{t}$  CR после одновременного фита в CR и SR показаны в Таблицах 8.2 и 8.3, соответственно. В Таблице 8.2 отсутствует  $W$

Таблица 8.1. Нормировочные параметры с 68% доверительными интервалами после фита фоновых процессов в CR. “Н/П” — данная CR не применяется в канале  $e\nu J$ . Параметр  $\beta_W$  в SR1 установлен равным единице.

	$\beta_W$	$\beta_{t\bar{t}}$
CR1	Н/П	$0.8^{+0.2}_{-0.2}$
CR2	$0.79^{+0.08}_{-0.08}$	$0.8^{+0.2}_{-0.2}$
CR3	$0.79^{+0.08}_{-0.08}$	$0.8^{+0.2}_{-0.2}$
CR4	$0.77^{+0.10}_{-0.10}$	$1.0^{+0.4}_{-0.3}$
CR5	$0.72^{+0.10}_{-0.10}$	$1.2^{+0.5}_{-0.4}$
CR6	$0.83^{+0.10}_{-0.10}$	$0.7^{+0.4}_{-0.4}$
CR7	$0.91^{+0.11}_{-0.18}$	$0.13^{+1.17}_{-0.13}$
CR8	$0.65^{+0.15}_{-0.22}$	$1.7^{+1.6}_{-0.9}$
CR9	$0.66^{+0.14}_{-0.20}$	$1.6^{+1.6}_{-0.9}$

CR1, так как фоновый процесс  $W (\rightarrow e\nu) + \text{jets}$  не является доминирующим в соответствующей SR1 (Таблица 8.4), и, соответственно,  $W$  CR1 не определена. Дополнительно, в Приложении И приведены таблицы чисел событий в CR, SR и VR после фита фоновых процессов в CR.

Графики ранжирования источников систематических неопределенностей и корреляционные матрицы находятся в Приложении Л. Наблюдаемая асимметрия параметра  $\mu$  обусловлена асимметрией источников систематических неопределенностей. Этот эффект наблюдается, например, в Таблице К.28 для второй сигнальной области, SR2, где число событий доминирующего фонового процесса  $W (\rightarrow e\nu) + \text{jets}$  возрастает независимо от направления смещения ( $\pm\sigma$ ) источника систематики, связанного с реконструкцией массы тяжелой коллимированной струи (Fat Jet Mass Baseline), что приводит к уменьшению значения силы сигнала при вариациях источника неопределенности в любом направлении (Рисунок Л.2, а).

Таблица 8.2. Числа событий в  $W$  CR поиска  $e^*$  в конечном состоянии  $e\nu J$ . Для каждой контрольной области CRi приведены наблюдаемые числа событий и оценки вкладов фоновых процессов, полученных в результате одновременного фита в SRi и CRi.  $W$  CR2 и  $W$  CR3 идентичны и скомбинированы в одну колонку, так как вторая и третья области отличаются только на условие отбора  $|\Delta\phi(e, \vec{E}_T^{\text{miss}})|$ , которое не применяется в  $W$  CR.

Числа событий	CR2/CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9
Наблюждено	9198	9168	9090	7312	4760	2903	1834
Фон	$9200 \pm 100$	$9170 \pm 100$	$9090 \pm 100$	$7310 \pm 90$	$4800 \pm 300$	$2900 \pm 60$	$1830 \pm 50$
$W \rightarrow e\nu$	$5900 \pm 400$	$5700 \pm 600$	$5300 \pm 600$	$4900 \pm 400$	$3500 \pm 500$	$1600 \pm 400$	$1000 \pm 300$
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$24 \pm 13$	$19 \pm 11$	$14 \pm 8$	$10 \pm 5$	$6 \pm 3$	$4 \pm 2$	$2.1 \pm 0.9$
$t\bar{t}$	$1200 \pm 300$	$1300 \pm 500$	$1700 \pm 600$	$700 \pm 400$	$100 \pm 200$	$500 \pm 400$	$300 \pm 200$
Single- $t$	$210 \pm 20$	$200 \pm 20$	$200 \pm 20$	$149 \pm 11$	$97 \pm 6$	$61 \pm 5$	$40 \pm 4$
Fake-электроны	$460 \pm 120$	$450 \pm 120$	$430 \pm 110$	$370 \pm 90$	$220 \pm 50$	$140 \pm 40$	$80 \pm 20$
$VV$	$560 \pm 110$	$550 \pm 110$	$550 \pm 110$	$450 \pm 100$	$310 \pm 70$	$200 \pm 40$	$120 \pm 30$
$W \rightarrow \tau\nu$	$800 \pm 200$	$800 \pm 200$	$800 \pm 200$	$700 \pm 200$	$460 \pm 110$	$310 \pm 80$	$210 \pm 60$
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	$160 \pm 50$	$160 \pm 50$	$160 \pm 50$	$120 \pm 30$	$80 \pm 20$	$50 \pm 20$	$28 \pm 8$

Таблица 8.3. Числа событий в  $t\bar{t}$  CR поиска  $e^*$  в конечном состоянии  $e\nu J$ . Для каждой контрольной области CRi приведены наблюдаемые числа событий и оценки вкладов фоновых процессов, полученных в результате одновременного фита в CRi и SRi.

Числа событий	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9
Наблюдено	48	73	94	54	62	29	9	10	4
Фон	$48 \pm 7$	$73 \pm 9$	$94 \pm 10$	$54 \pm 8$	$62 \pm 8$	$29 \pm 6$	$9 \pm 3$	$10 \pm 3$	$4 \pm 2$
$W \rightarrow e\nu$	$0.3 \pm 0.2$	$4 \pm 3$	$5 \pm 3$	$5 \pm 4$	$5 \pm 4$	$5 \pm 4$	$4 \pm 3$	$0.11 \pm 0.12$	$0.04 \pm 0.03$
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$0.3 \pm 0.2$	$0.30 \pm 0.11$	$0.4 \pm 0.2$	$0.15 \pm 0.14$	$0.2 \pm 0.2$	$0.10 \pm 0.05$	$0.04 \pm 0.04$	$0.02 \pm 0.02$	$0.010 \pm 0.010$
$t\bar{t}$	$47 \pm 7$	$64 \pm 9$	$79 \pm 11$	$41 \pm 9$	$46 \pm 9$	$15 \pm 7$	$1 \pm 2$	$7 \pm 4$	$4 \pm 2$
Single- $t$	$0.4 \pm 0.5$	$2.5 \pm 1.1$	$4.8 \pm 1.3$	$6 \pm 2$	$6 \pm 2$	$6 \pm 2$	$2.6 \pm 1.4$	$1.1 \pm 0.5$	$0.4 \pm 0.3$
Fake-электроны	–	$2.2 \pm 0.8$	$5 \pm 2$	$2.0 \pm 0.8$	$5 \pm 2$	$2.5 \pm 0.9$	$1.8 \pm 0.7$	$1.6 \pm 0.6$	–
$VV$	–	–	–	$0.13 \pm 0.06$	$0.13 \pm 0.10$	$0.13 \pm 0.10$	–	–	–
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	–	$0.02 \pm 0.02$	$0.06 \pm 0.03$	$0.04 \pm 0.02$	$0.04 \pm 0.02$	$0.020 \pm 0.010$	–	–	–

### 8.3. Результаты поиска возбужденных электронов

Числа событий в SR, предсказываемые для фоновых процессов после максимизации LF в предположении гипотезы  $H_0$  в CR и SR, приведены в Таблице 8.4 в сравнении с числами событий, измеренными на реальных данных. При вычислении неопределенностей предсказанных чисел событий в SR были учтены все корреляции между мешающими параметрами.

Как видно из Таблицы 8.4, поведение фоновых процессов  $t\bar{t}$  и Single- $t$  в SR различается: вклад процесса  $t\bar{t}$  уменьшается до пренебрежительно малых значений при увеличении номера сигнальной области, в то время как вклад процесса Single- $t$  практически постоянен в трех последних SR (SR 7–9). Этот эффект объясняется статистической флуктуацией при моделировании процесса  $Wt$ , в результате которой несколько событий с большим значением  $m_{\text{T}}^{\nu J}$  прошли отборы каждой SR 7–9.

На Рисунке 8.1, *a* показаны значения  $p_0$  в поиске возбужденных электронов для моделей сигнала с  $m_{e^*} = 100 \text{ ГэВ} - 4 \text{ ТэВ}$ . Значительных отклонений реальных данных от предсказаний Стандартной модели не наблюдается. Все отклонения лежат в пределах  $1\sigma$  для всех сигнальных областей. Полученные ограничения сверху (UL) на параметр силы сигнала  $\mu$  и сечение рождения  $e^*$ , умноженное на вероятность распада  $e^* \rightarrow \nu W$ ,  $\sigma \times \mathcal{B}$ , в зависимости от  $m_{e^*}$  показаны на Рисунках 8.1, *б* и 8.1, *в*, соответственно. Причиной флуктуаций, которые наблюдаются на Рисунках 8.1, *б* и 8.1, *в* при  $m_{e^*} < 1 \text{ ТэВ}$ , является независимая оптимизация условий отбора для каждой массовой точки (Раздел 6.2).

Ограничение снизу (LL) на параметр составленности  $\Lambda$  при каждом заданном  $m_{e^*}$  является решением Уравнения 8.3:

$$\mu^{\text{UL}}(m_{e^*}) = \left( \frac{\Lambda^{\text{Nom.}}}{\Lambda^{\text{LL}}} \right)^4 \frac{\mathcal{B}(e^* \rightarrow \nu W; m_{e^*}; \Lambda^{\text{LL}})}{\mathcal{B}(e^* \rightarrow \nu W; m_{e^*}; \Lambda^{\text{Nom.}})}. \quad (8.3)$$

Ограничение снизу на  $\Lambda$  в зависимости от  $m_{e^*}$ , полученное для конечного состо-

Таблица 8.4. Числа событий в сигнальных областях поиска  $e^*$  в конечном состоянии  $e\nu J$ . Для каждой сигнальной области SRi приведены наблюдаемые числа событий и оценки вкладов фоновых процессов, полученных в результате совместного фита в CRi и SRi.

Числа событий	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9
Наблюдено	13	25	39	35	43	34	15	16	8
Фон	$13 \pm 5$	$17 \pm 5$	$26 \pm 8$	$25 \pm 5$	$34 \pm 8$	$30 \pm 6$	$12 \pm 4$	$8 \pm 2$	$6 \pm 2$
$W \rightarrow e\nu$	$2 \pm 2$	$7 \pm 3$	$11 \pm 4$	$13 \pm 3$	$14 \pm 5$	$17 \pm 4$	$7 \pm 3$	$3.2 \pm 1.3$	$2.2 \pm 1.1$
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$1.3 \pm 1.2$	$1.6 \pm 1.1$	$2.1 \pm 1.3$	$1.7 \pm 1.0$	$1.4 \pm 0.9$	$0.6 \pm 0.3$	$0.14 \pm 0.10$	$0.10 \pm 0.05$	$0.04 \pm 0.03$
$t\bar{t}$	$2.9 \pm 1.2$	$5 \pm 2$	$7 \pm 3$	$4 \pm 3$	$11 \pm 5$	$3 \pm 2$	$0.1 \pm 0.3$	$1 \pm 2$	$0.4 \pm 0.7$
Single- $t$	$0.7 \pm 0.3$	$1.9 \pm 0.5$	$2.6 \pm 0.6$	$3.0 \pm 1.4$	$3.0 \pm 1.4$	$4 \pm 2$	$1.9 \pm 0.7$	$1.9 \pm 0.6$	$1.7 \pm 0.7$
Fake-электроны	$6 \pm 2$	$1.9 \pm 0.3$	$3.2 \pm 1.0$	$0.6 \pm 0.3$	$0.25 \pm 0.07$	$0.7 \pm 0.3$	$0.06 \pm 0.11$	–	–
$VV$	$0.0 \pm 1.1$	$0.2 \pm 1.1$	$1 \pm 2$	$2.9 \pm 0.9$	$3.4 \pm 0.7$	$3 \pm 2$	$2 \pm 3$	$1.1 \pm 1.1$	$1.1 \pm 1.1$
$W \rightarrow \tau\nu$	–	–	$0.0 \pm 0.5$	$0.1 \pm 0.2$	$0.34 \pm 0.10$	$0.2 \pm 0.6$	$0.21 \pm 0.09$	$0.21 \pm 0.08$	$0.20 \pm 0.09$
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	$0.04 \pm 0.02$	$0.04 \pm 0.02$	$0.06 \pm 0.03$	$0.03 \pm 0.02$	$0.08 \pm 0.06$	$0.06 \pm 0.05$	$0.05 \pm 0.06$	$0.1 \pm 0.2$	–

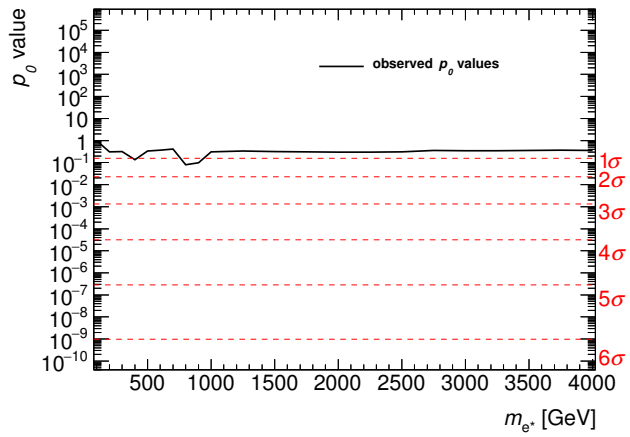
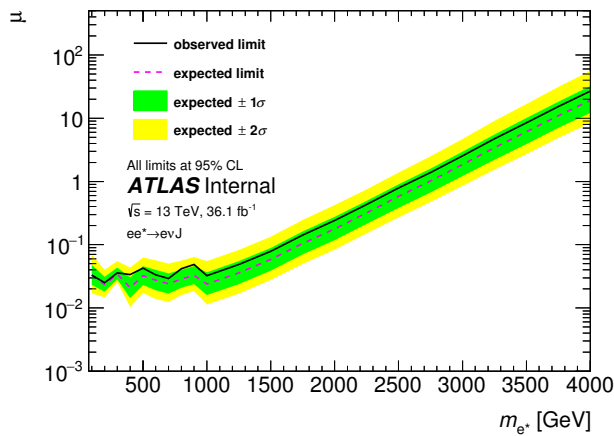
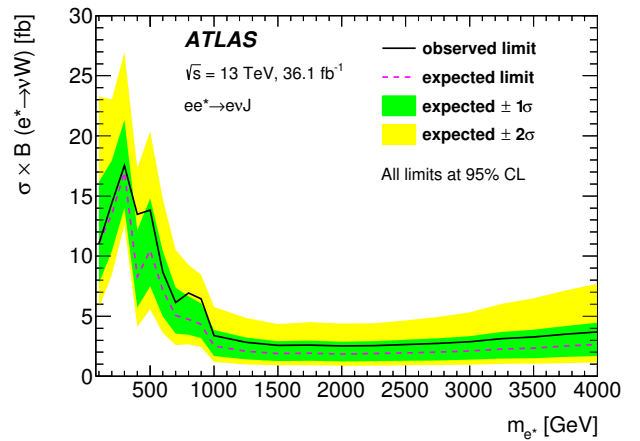
(a)  $p_0$ -значение.(б)  $\mu^{\text{UL}}$ .(е)  $(\sigma \times \mathcal{B})^{\text{UL}}$ .

Рис. 8.1. Значение  $p_0$  (а), ограничения сверху на  $\mu$  (б) и  $\sigma \times \mathcal{B}$  (е) в зависимости от  $m_{e^*}$ . Полосы неопределенностей в  $\pm 1(2)\sigma$  ((б) и (е)) вокруг ожидаемого предела включают все источники систематических и статистических неопределенностей.

яния  $e\nu J$  на уровне значимости  $CL = 95\%$  методом доверительных интервалов  $CL_s$  [133], показано на Рисунке 8.2, *а*. На Рисунке 8.2, *б* показано ограничение снизу на  $\Lambda$ , полученное для конечного состояния  $eejj$  [7] другими авторами в анализе данных эксперимента ATLAS, проведенном параллельно с поиском в конечном состоянии  $e\nu J$ <sup>3</sup>. Информация из обоих поисков использована для построения единой функции LF в каждой массовой точке  $m_{e^*}$  для получения комбинированного нижнего ограничения на  $\Lambda$ . При построении LF учтены корреляции эффектов систематических неопределенностей. Комбинированное ограничение показано на Рисунке 8.2, *в* вместе с индивидуальными ограничениями, полученными для конечных состояний  $e\nu J$  и  $eejj$ , а также ограничением на  $\Lambda$ , полученным коллаборацией ATLAS в поиске одиночного рождения  $e^*$  с последующим распадом  $e^* \rightarrow e\gamma$  при  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ [27]. Ограничение снизу на  $\Lambda$  для значений  $m_{e^*} \leq 1.5$  ТэВ приблизительно равно 11 ТэВ, при значениях  $m_{e^*} = 4$  ТэВ ограничение падает до 7 ТэВ. На характерной границе применимости эффективной теории поля для вычисления сечения одиночного рождения  $e^*$ ,  $m_{e^*} = \Lambda$ , значения  $m_{e^*} < 4.8$  ТэВ исключены. Комбинация поисков одиночного рождения  $e^*$  в конечных состояниях  $e\nu J$  и  $eejj$  позволила значительно улучшить ограничения на масштаб составленности  $\Lambda$  по сравнению с результатами, полученными в LHC Run I в экспериментах ATLAS и CMS [28; 32].

## 8.4. Результаты поиска дибозонных резонансов

Наблюдаемые числа событий в SR поиска дибозонных резонансов в конечном состоянии  $\ell\nu jj/J$  и оценка фоновых процессов до фита показаны в Таблице 8.5.

На Рисунке 8.3, *а* показаны значения  $p_0$  для сигнальных моделей  $G^*$  и  $W'$ , полученные при комбинации электронного и мюонного каналов. Все от-

---

<sup>3</sup> Поиск возбужденного электрона в конечном состоянии  $eejj$  не является непосредственным предметом диссертационной работы и упоминается только в контексте получения комбинированного ограничения на  $\Lambda$ .



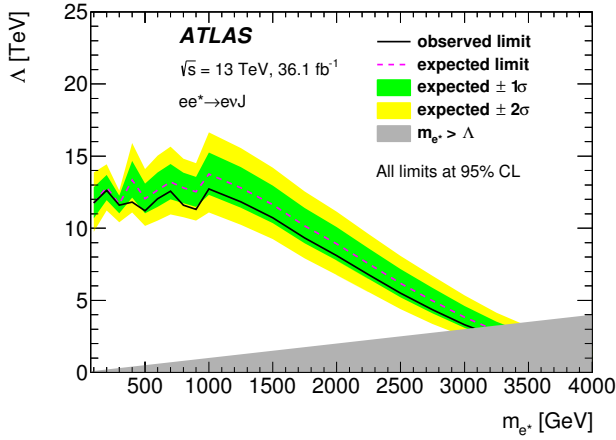
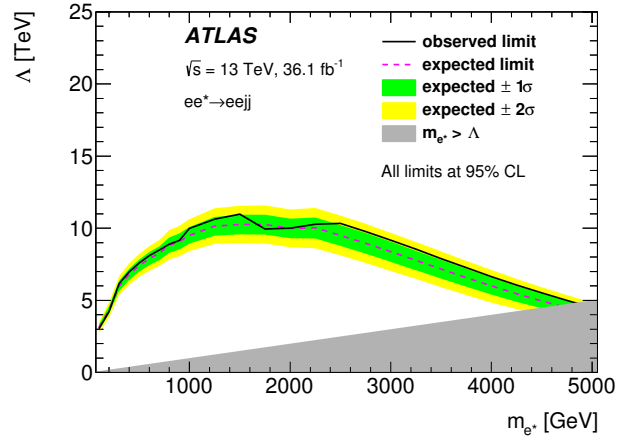
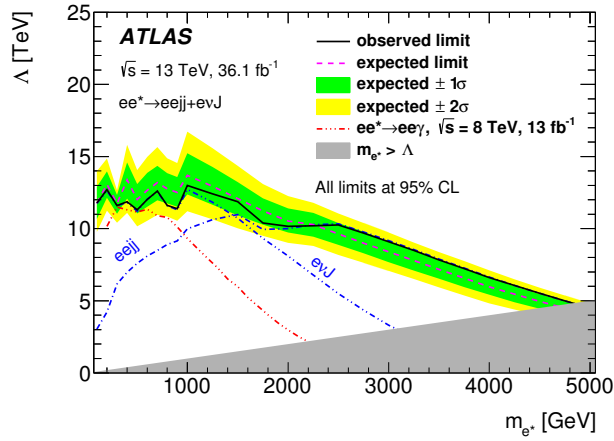
(a)  $\Lambda^{\text{LL}}$ , полученное в конечном состоянии  $e\nu J$ .(б)  $\Lambda^{\text{LL}}$ , полученное в конечном состоянии  $eejj$ .(в) Ограничение снизу на  $\Lambda$ , полученное комбинацией конечных состояний  $e\nu J$  и  $eejj$ .

Рис. 8.2. Ограничения снизу на  $\Lambda$  в зависимости от  $m_{e^*}$  для конечных состояний  $e\nu J$  (a),  $eejj$  (б) и в результате их комбинации (c). Полосы неопределенностей в  $\pm 1(2)\sigma$  ((б) и (в)) вокруг ожидаемого ограничения получены с учетом всех источников систематических и статистических неопределенностей. Ограничения при  $m_{e^*} > 4 \text{ ТэВ}$  получены экстраполяцией. На Рисунке 8.2, в голубыми штрих-пунктирными линиями показаны наблюдаемые ограничения, полученные индивидуально в конечных состояниях  $e\nu J$  (см. (a)) и  $eejj$  (см. (б)). Красной пунктирной линией показано ограничение на  $\Lambda$ , полученное коллаборацией ATLAS в поиске одиночного рождения  $e^*$  с последующим распадом  $e^* \rightarrow e\gamma$  в столкновениях  $pp$  при  $\sqrt{s} = 8 \text{ ТэВ}$  с интегральной светимостью  $13 \text{ фб}^{-1}$  [27].

Таблица 8.5. Числа событий в сигнальных областях LRR, HRR и MR поиска дибозонных резонансов. Для каждой сигнальной области приведены наблюдаемое число событий, предсказание вкладов фоновых процессов и ожидаемые числа событий для моделей сигнала рождения  $G^*$  и  $W'$ . Неопределенности вычислены до фита. Для суммарной оценки фона и сигналов приведены полные статистические и систематические неопределенности. Для отдельных фоновых процессов показаны только систематические неопределенности. Для LRR, HRR, MR использованы сигнальные гипотезы с массами резонансов  $G^*$  и  $W'$ , равных 400, 800 и 1200 ГэВ, соответственно.

Числа событий	LRR	HRR	MR
$W/Z + \text{jets}$	$104800 \pm 1600$	$415 \pm 10$	$180 \pm 20$
$t\bar{t} + \text{Single-}t$	$37700 \pm 1600$	$271 \pm 13$	$42 \pm 7$
Fake-электроны	$13500 \pm 500$	$84 \pm 9$	$29.3 \pm 2.9$
$VV$	$5500 \pm 270$	$96 \pm 6$	$43 \pm 7$
Фон	$161500 \pm 2300$	$870 \pm 40$	$295 \pm 22$
Наблюдено	157837	801	323
Сигнал $G^*$	$7000 \pm 500$	$36 \pm 6$	$5.5 \pm 2.3$
Сигнал $W'$	$6800 \pm 600$	$318 \pm 21$	$70 \pm 4$

клонения данных от предсказаний Стандартной модели лежат в пределах  $1\sigma$  для всех массовых гипотез сигнальных моделей. На Рисунках 8.3, б и 8.3, в приведены ограничения сверху на сечения рождения RS1  $G^*$  и EGM  $W'$ , умноженные на вероятности распадов в  $WW$  и  $WZ$ , в зависимости от  $m_{G^*}$  и  $m_{W'}$ , соответственно, с 95% уровнем значимости. Кроме того, на рисунках показаны теоретические предсказания для моделей EGM  $W'$  с константой связи  $c = 1$  и RS1  $G^*$  с  $k/\bar{M}_{\text{Pl}} = 1$ .

События рождения дибозонных резонансов не обнаружены, получены ограничения сверху на уровне значимости 95% на  $\sigma \times \mathcal{B}$  в зависимости от масс  $G^*$  и  $W'$ . На уровне значимости 95% исключены значения массы тяжелого гравитона модели RS1  $m_{G^*} < 760$  ГэВ и массы  $W'$ -бозона модели EGM  $m_{W'} < 1490$  ГэВ. Полученные результаты значительно превосходят предыдущие, полученные на детекторе ATLAS при  $\sqrt{s} = 7$  ТэВ в таком же конечном состоянии [35].

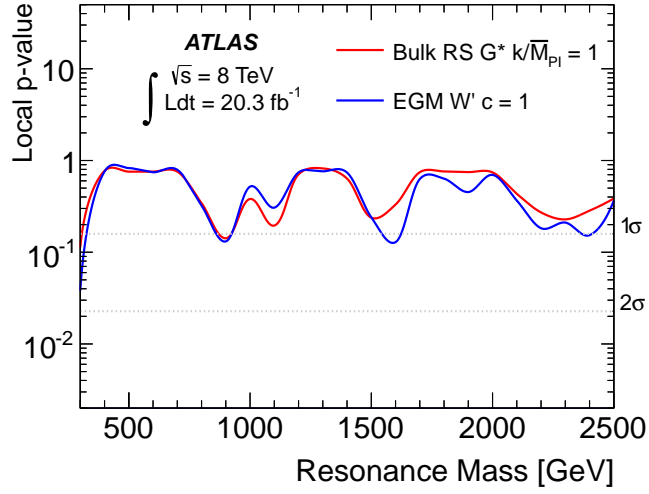
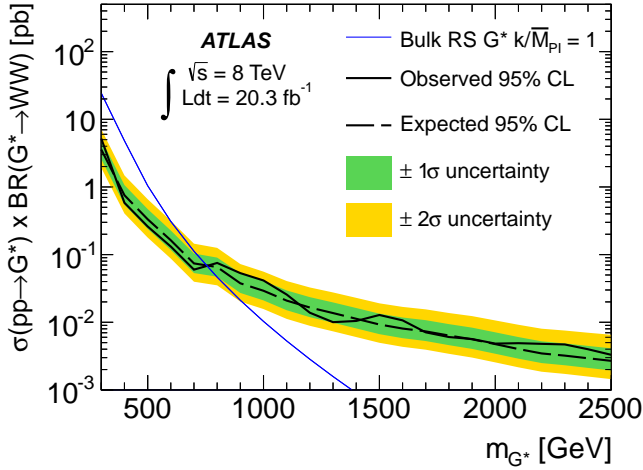
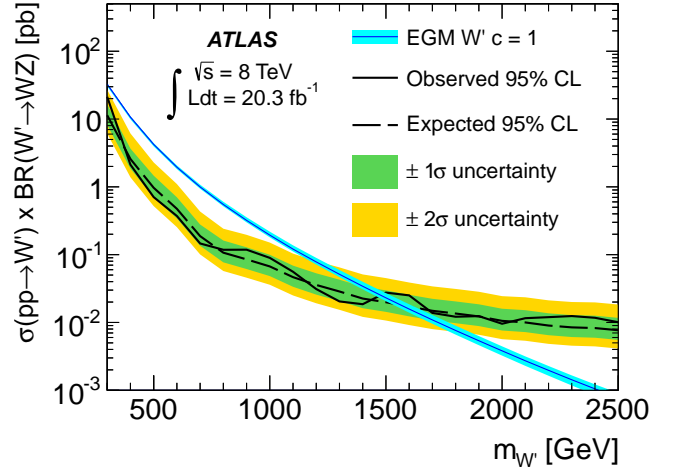
(a)  $p_0$ -значение.(b)  $(\sigma \times \mathcal{B})^{\text{UL}} G^*$ .(c)  $(\sigma \times \mathcal{B})^{\text{UL}} W'$ .

Рис. 8.3. Значение  $p_0$  (a), наблюдаемые и ожидаемые с 95% CL ограничения сверху на  $\sigma \times \mathcal{B}$  в зависимости от масс RS1  $G^*$  (b) и EGM  $W'$  (c), полученные в поиске дибозонных резонансов. Теоретические сечения рождения  $G^*$  ( $W'$ ) вычислены в приближении LO (NNLO). Полосы неопределенностей в  $\pm 1(2)\sigma$  ((b) и (c)) вокруг ожидаемого ограничения вычислены с учетом всех источников систематических и статистических неопределенностей. Полоса вокруг теоретической кривой сечения рождения  $W'$  отражает теоретическую неопределенность вычислений в приближении NNLO.

## Заключение

В данной диссертационной работе получены следующие результаты:

1. Обоснован выбор полулептонного конечного состояния с электроном, нейтрино и  $W$ -бозоном, распадающимся в адроны,  $(e\nu J)$  для поиска возбужденных электронов на данных, полученных на детекторе ATLAS на LHC в протон–протонных столкновениях с  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ.
2. Смоделированы и проверены на достоверность сигнальные наборы данных для поиска возбужденных электронов в событиях с электроном, нейтрино и  $W$ -бозоном.
3. Оптимизированы условия отбора объектов и первичный отбор событий в поиске возбужденных электронов в конечном состоянии  $e\nu J$  в протон–протонных столкновениях с  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ в детекторе ATLAS.
4. Оценен вклад фоновых процессов в поиске возбужденных электронов в событиях  $e\nu J$  в протон–протонных столкновениях в детекторе ATLAS при  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ.
5. Выбраны дискриминирующие переменные и построены сигнальные, контрольные и проверочные области в поиске возбужденных электронов в событиях  $e\nu J$  в протон–протонных взаимодействиях при  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ.
6. Получена оценка систематических неопределенностей в поиске возбужденных электронов в событиях  $e\nu J$  на данных, полученных на детекторе ATLAS на LHC в протон–протонных столкновениях с  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ.
7. Проведен статистический анализ для проверки модели рождения возбужденных электронов с конечным состоянием  $e\nu J$  на данных, полученных в протон–протонных столкновениях с  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ в детекторе ATLAS на LHC с полной интегральной светимостью  $\mathcal{L}_{\text{int}} = 36.1 \text{ фб}^{-1}$ . Отклонения

реальных данных от предсказаний Стандартной модели обнаружены не были, отклонения лежат в пределах  $1\sigma$  для всех значений  $m_{e^*}$  в модели сигнала. Поставлены ограничения сверху на параметры сигнальной модели: силу сигнала,  $\mu$ , и сечение одиночного рождения  $e^*$ , умноженное на вероятность распада  $e^* \rightarrow \nu W$ ,  $\sigma \times \mathcal{B}$ , в зависимости от значения  $m_{e^*}$ . Из ограничений на  $\mu$  и  $\sigma \times \mathcal{B}$  получено ограничение снизу на масштаб составленности  $\Lambda$  в зависимости от  $m_{e^*}$ . Скомбинированы результаты поисков возбужденных электронов в конечных состояниях  $e\nu J$  и  $eejj$ . Это позволило установить нижнее ограничение с 95% уровнем значимости на  $\Lambda$ , равный 11 ТэВ для  $m_{e^*} \leq 1.5$  ТэВ, и 7 ТэВ для  $m_{e^*} = 4$  ТэВ, а в специальном случае  $m_{e^*} = \Lambda$ , исключить массы меньше 4.8 ТэВ. Комбинация двух конечных состояний позволила усилить ограничения по сравнению с результатами, полученными в LHC Run I на детекторах ATLAS и CMS.

8. Оптимизированы условия отбора объектов и первичный отбор событий в поиске дибозонных резонансов в конечном состоянии с лептоном (электроном или мюоном), нейтрино и струями на данных, полученных на детекторе ATLAS в протон–протонных столкновениях при  $\sqrt{s} = 8$  ТэВ.

## Благодарности

По результатам работы выражаю искреннюю благодарность рабочему коллективу НИЦ “Курчатовский Институт” — ИФВЭ, а именно научному руководителю — Алексею Григорьевичу Мягкову, соавторам работы по поиску возбужденных электронов — Андрею Александровичу Каменщикову и Олегу Валентиновичу Зенину, за оказанную помощь на всех этапах подготовки диссертации.

Кроме того, благодарю группу Отделения математики и вычислительной техники (ОМВТ), в лице Виктора Витальевича Котляра за своевременное качественное обеспечение вычислительными мощностями кластера НИЦ “Курчатовский Институт” — ИФВЭ и технической поддержкой.

Помимо этого, работа не состоялась бы без участия всего научного коллектива коллаборации ATLAS.

## Список сокращений и условных обозначений

CI	— контактное взаимодействие.
CL	— уровень значимости.
CLs	— метод доверительных интервалов.
CR	— контрольные области.
CSC	— катодные стриповые камеры.
DAQ	— система сбора данных.
EF	— фильтр событий.
EGM	— расширенная калибровочная модель.
EL	— возбужденный электрон.
EM	— жидкоаргонный электромагнитный калориметр.
EW	— электрослабое взаимодействие.
FSR	— излучение в конечном состоянии.
GM	— калибровочное взаимодействие.
HLT	— триггер высокого уровня.
HRR	— сигнальная область с двумя разрешенными высокоэнергетическими струями в поиске дибозонных резонансов.
ID	— внутренний детектор.
ISR	— излучение в начальном состоянии.
KK	— Калуца–Клейн.
L1	— триггер первого уровня.
L2	— триггер второго уровня.
LAr	— жидкоаргонный электромагнитный калориметр.
LAr FCal	— передний LAr калориметр.
LAr HEC	— адронный торцевой LAr калориметр.
LF	— функция правдоподобия.
LO	— ведущий порядок.
LRR	— сигнальная область с двумя разрешенными низкоэнергетическими струями в поиске дибозонных резонансов.



	— тическими струями в поиске дибозонных резонансов.
MDT	— мониторируемые дрейфовые трубки.
ME	— матричный элемент.
MM	— матричный метод.
MR	— сигнальная область с одной коллимированной высокоэнергетической струей в поиске дибозонных резонансов.
MS	— мюонный спектрометр.
NLO	— следующий за ведущим порядок.
NLO + NNLL	— следующий за ведущим порядок с поправками второго после ведущего логарифмического приближения.
NNLL	— второе после ведущего логарифмическое приближение.
NNLO	— второй после ведущего порядок.
NP	— мешающий параметр.
PDF	— функция распределения партонов.
Pile-up	— множественность протон–протонных столкновений в одном пересечении протонных сгустков.
PS	— партонные ливни.
PV	— первичная вершина.
ROI	— область интереса.
RPC	— мюонные резистивные плоские камеры.
RS1	— расширенная модель Рэндалл–Сандрума.
Run I	— первый период сбора данных.
Run II	— второй период сбора данных.
SCT	— кремниевый детектор.
SF	— поправочные коэффициенты.
SM	— Стандартная модель.
SR	— сигнальные области.
TDAQ	— система триггеров и сбора данных.

TGC	—	мюонные камеры с тонким зазором.
TileCal	—	адронный сцинтилляционный калориметр.
TRT	—	детектор переходного излучения.
VR	—	проверочные области.
VV	—	дибозонный резонанс.

## Список литературы

1. *Baur U., Spira M., Zerwas P. M.* Excited-quark and -lepton production at hadron colliders // *Phys. Rev. D.* — 1990. — Т. 42. — С. 815–824. — DOI: [10.1103/PhysRevD.42.815](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.42.815).
2. Warped Gravitons at the CERN LHC and beyond / К. Agashe [и др.] // *Phys. Rev. D.* — 2007. — Т. 76. — С. 036006. — DOI: [10.1103/PhysRevD.76.036006](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.76.036006). — arXiv: [hep-ph/0701186](https://arxiv.org/abs/hep-ph/0701186) [[hep-ph](#)].
3. *G. Altarelli B. M., Ruiz-Altaba M.* Searching for new heavy vector bosons in  $p\bar{p}$  colliders // *Z. Phys. C.* — 1989. — Т. 45. — С. 109. — DOI: [10.1007/BF01556677](https://doi.org/10.1007/BF01556677).
4. *Cheremushkina E.* Semileptonic  $WW/WZ$  resonance search at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector at the LHC. — 2015. — Сент. — URL: <https://cds.cern.ch/record/2049868>.
5. *Cheremushkina E.* Semileptonic (lepton, neutrino and jets)  $WW/WZ$  resonances searches at  $\sqrt{s} = 8$  and 13 TeV with the ATLAS detector at the LHC // *Phys. Part. Nucl.* — 2017. — Т. 48, № 5. — 752–754. 3 p. — DOI: [10.1134/S1063779617050100](https://doi.org/10.1134/S1063779617050100). — URL: <https://cds.cern.ch/record/2304070>.
6. *Milic A.* Searches for new phenomena in final states involving leptons and jets using the ATLAS detector. — 2019. — Июль. — URL: <https://cds.cern.ch/record/2684390>.
7. *ATLAS Collaboration.* Search for excited electrons singly produced in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS experiment at the LHC // *Eur. Phys. J. C.* — 2019. — Т. 79, № 9. — С. 803. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-019-7295-1](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-019-7295-1). — arXiv: [1906.03204](https://arxiv.org/abs/1906.03204) [[hep-ex](#)].
8. *ATLAS Collaboration.* Search for production of  $WW/WZ$  resonances decaying to a lepton, neutrino and jets in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS

- detector // Eur. Phys. J. C. — 2015. — T. 75, № 5. — C. 209. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-015-3593-4](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-015-3593-4), [10.1140/epjc/s10052-015-3425-6](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-015-3425-6). — arXiv: [1503.04677](https://arxiv.org/abs/1503.04677) [hep-ex]. — [Erratum: Eur. Phys. J.C75,370(2015)].
9. *Cheremushkina E.* Semileptonic (lepton, neutrino and jets)  $WW/WZ$  resonances search at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector at the LHC : тех. отч. / CERN. — Geneva, 12.2015. — ATL-PHYS-PROC-2015—171. — DOI: [oai : cds.cern.ch:2111163](https://doi.org/10.2478/epjconf-2015-171). — URL: <https://cds.cern.ch/record/2111163>.
  10. *Pati J. C., Salam A.* Lepton number as the fourth “color” // Phys. Rev. D. — 1974. — T. 10. — C. 275—289. — DOI: [10.1103/PhysRevD.10.275](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.10.275). — Erratum: // Phys. Rev. D. — 1975. — T. 11. — C. 703. — DOI: [10.1103/PhysRevD.11.703.2](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.11.703.2).
  11. *Kayser B., Shrock R. E.* Distinguishing between Dirac and Majorana neutrinos in neutral-current reactions // Phys. Lett. B. — 1982. — T. 112. — C. 137—142. — DOI: [10.1016/0370-2693\(82\)90314-8](https://doi.org/10.1016/0370-2693(82)90314-8).
  12. *Eichten E., Lane K. D., Peskin M. E.* New Tests for Quark and Lepton Substructure // Phys. Rev. Lett. — 1983. — T. 50. — C. 811—814. — DOI: [10.1103/PhysRevLett.50.811](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.50.811).
  13. *Cabibbo N., Maiani L., Srivastava Y.* Anomalous Z decays: excited leptons? // Phys. Lett. B. — 1984. — T. 139. — C. 459—463. — DOI: [10.1016/0370-2693\(84\)91850-1](https://doi.org/10.1016/0370-2693(84)91850-1).
  14. *Hagiwara K., Zeppenfeld D., Komamiya S.* Excited lepton production at LEP and HERA // Z. Phys. C. — 1985. — T. 29. — C. 115. — DOI: [10.1007/BF01571391](https://doi.org/10.1007/BF01571391).
  15. Unitarity bounds for 4-fermion contact interactions / T. B. Anders [и др.] // Found. Phys. — 1993. — T. 23. — C. 399—410. — DOI: [10.1007/BF01883720](https://doi.org/10.1007/BF01883720).

16. *ALEPH Collaboration*. Search for excited leptons at 130–140 GeV // Phys. Lett. B. — 1996. — T. 385. — C. 445–453. — DOI: [10.1016/0370-2693\(96\)00961-6](https://doi.org/10.1016/0370-2693(96)00961-6).
17. *OPAL Collaboration*. Search for unstable heavy and excited leptons at LEP2 // Eur. Phys. J. C. — 2000. — T. 14. — C. 73–84. — DOI: [10.1007/s100520000345](https://doi.org/10.1007/s100520000345). — arXiv: [hep-ex/0001056](https://arxiv.org/abs/hep-ex/0001056) [hep-ex].
18. *L3 Collaboration*. Search for excited leptons at LEP // Phys. Lett. B. — 2003. — T. 568. — C. 23–34. — DOI: [10.1016/j.physletb.2003.05.004](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2003.05.004). — arXiv: [hep-ex/0306016](https://arxiv.org/abs/hep-ex/0306016) [hep-ex].
19. *DELPHI Collaboration*. Search for excited leptons in  $e^+e^-$  collisions at  $\sqrt{s} = 189\text{--}209$  GeV // Eur. Phys. J. C. — 2006. — T. 46. — C. 277–293. — DOI: [10.1140/epjc/s2006-02501-3](https://doi.org/10.1140/epjc/s2006-02501-3). — arXiv: [hep-ex/0603045](https://arxiv.org/abs/hep-ex/0603045) [hep-ex].
20. *ZEUS Collaboration*. Searches for excited fermions in  $ep$  collisions at HERA // Phys. Lett. B. — 2002. — T. 549. — C. 32–47. — DOI: [10.1016/S0370-2693\(02\)02863-0](https://doi.org/10.1016/S0370-2693(02)02863-0). — arXiv: [hep-ex/0109018](https://arxiv.org/abs/hep-ex/0109018) [hep-ex].
21. *H1 Collaboration*. Search for excited electrons in  $ep$  collisions at HERA // Phys. Lett. B. — 2008. — T. 666. — C. 131–139. — DOI: [10.1016/j.physletb.2008.07.014](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2008.07.014). — arXiv: [0805.4530](https://arxiv.org/abs/0805.4530) [hep-ex].
22. *CDF Collaboration*. Search for Excited and Exotic Electrons in the  $e\gamma$  Decay Channel in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV // Phys. Rev. Lett. — 2005. — T. 94. — C. 101802. — DOI: [10.1103/PhysRevLett.94.101802](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.94.101802). — arXiv: [hep-ex/0410013](https://arxiv.org/abs/hep-ex/0410013) [hep-ex].
23. *CDF Collaboration*. Search for Excited and Exotic Muons in the  $\mu\gamma$  Decay Channel in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV // Phys. Rev. Lett. — 2006. — T. 97. — C. 191802. — DOI: [10.1103/PhysRevLett.97.191802](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.97.191802). — arXiv: [hep-ex/0606043](https://arxiv.org/abs/hep-ex/0606043) [hep-ex].

24. *D0 Collaboration*. Search for excited muons in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV // Phys. Rev. D. — 2006. — T. 73. — C. 111102. — DOI: [10.1103/PhysRevD.73.111102](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.73.111102). — arXiv: [hep-ex/0604040](https://arxiv.org/abs/hep-ex/0604040) [hep-ex].
25. *D0 Collaboration*. Search for excited electrons in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV // Phys. Rev. D. — 2008. — T. 77. — C. 091102. — DOI: [10.1103/PhysRevD.77.091102](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.77.091102). — arXiv: [0801.0877](https://arxiv.org/abs/0801.0877) [hep-ex].
26. *ATLAS Collaboration*. Search for excited leptons in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with the ATLAS detector // Phys. Rev. D. — 2012. — T. 85. — C. 072003. — DOI: [10.1103/PhysRevD.85.072003](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.85.072003). — arXiv: [1201.3293](https://arxiv.org/abs/1201.3293) [hep-ex].
27. *ATLAS Collaboration*. Search for excited electrons and muons in  $\sqrt{s} = 8$  TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector // New J. Phys. — 2013. — T. 15. — C. 093011. — DOI: [10.1088/1367-2630/15/9/093011](https://doi.org/10.1088/1367-2630/15/9/093011). — arXiv: [1308.1364](https://arxiv.org/abs/1308.1364) [hep-ex].
28. *ATLAS Collaboration*. Search for new phenomena in events with three or more charged leptons in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector // JHEP. — 2015. — T. 08. — C. 138. — DOI: [10.1007/JHEP08\(2015\)138](https://doi.org/10.1007/JHEP08(2015)138). — arXiv: [1411.2921](https://arxiv.org/abs/1411.2921) [hep-ex].
29. *ATLAS Collaboration*. A search for an excited muon decaying to a muon and two jets in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector // New J. Phys. — 2016. — T. 18, № 7. — C. 073021. — DOI: [10.1088/1367-2630/18/7/073021](https://doi.org/10.1088/1367-2630/18/7/073021). — arXiv: [1601.05627](https://arxiv.org/abs/1601.05627) [hep-ex].
30. *CMS Collaboration*. A search for excited leptons in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV // Phys. Lett. B. — 2011. — T. 704. — C. 143–162. — DOI: [10.1016/j.physletb.2011.09.021](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2011.09.021). — arXiv: [1107.1773](https://arxiv.org/abs/1107.1773) [hep-ex].

31. *CMS Collaboration*. Search for excited leptons in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV // Phys. Lett. B. — 2013. — T. 720. — C. 309–329. — DOI: [10.1016/j.physletb.2013.02.031](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2013.02.031). — arXiv: [1210.2422](https://arxiv.org/abs/1210.2422) [hep-ex].
32. *CMS Collaboration*. Search for excited leptons in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV // JHEP. — 2016. — T. 03. — C. 125. — DOI: [10.1007/JHEP03\(2016\)125](https://doi.org/10.1007/JHEP03(2016)125). — arXiv: [1511.01407](https://arxiv.org/abs/1511.01407) [hep-ex].
33. *CMS Collaboration*. Search for excited leptons in  $\ell\ell\gamma$  final states in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV // JHEP. — 2019. — T. 04. — C. 015. — DOI: [10.1007/JHEP04\(2019\)015](https://doi.org/10.1007/JHEP04(2019)015). — arXiv: [1811.03052](https://arxiv.org/abs/1811.03052) [hep-ex].
34. *Particle Data Group*. Review of Particle Physics // Phys. Rev. D. — 2018. — T. 98, № 3. — C. 030001. — DOI: [10.1103/PhysRevD.98.030001](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.030001).
35. *ATLAS Collaboration*. Search for resonant diboson production in the  $WW/WZ \rightarrow \ell\nu jj$  decay channels with the ATLAS detector at  $\sqrt{s} = 7$  TeV // Phys. Rev. D. — 2013. — T. 87, № 11. — C. 112006. — DOI: [10.1103/PhysRevD.87.112006](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.87.112006). — arXiv: [1305.0125](https://arxiv.org/abs/1305.0125) [hep-ex].
36. *ATLAS Collaboration*. Search for  $WZ$  resonances in the fully leptonic channel using  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector // Phys. Lett. B. — 2014. — T. 737. — C. 223–243. — DOI: [10.1016/j.physletb.2014.08.039](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2014.08.039). — arXiv: [1406.4456](https://arxiv.org/abs/1406.4456) [hep-ex].
37. *ATLAS Collaboration*. Search for resonant diboson production in the  $\ell\ell q\bar{q}$  final state in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector // Eur. Phys. J. C. — 2015. — T. 75. — C. 69. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-015-3261-8](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-015-3261-8). — arXiv: [1409.6190](https://arxiv.org/abs/1409.6190) [hep-ex].
38. *CMS Collaboration*. Search for massive resonances in dijet systems containing jets tagged as  $W$  or  $Z$  boson decays in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV // JHEP. — 2014. — T. 08. — C. 173. — DOI: [10.1007/JHEP08\(2014\)173](https://doi.org/10.1007/JHEP08(2014)173). — arXiv: [1405.1994](https://arxiv.org/abs/1405.1994) [hep-ex].

39. *CMS Collaboration*. Search for massive resonances decaying into pairs of boosted bosons in semi-leptonic final states at  $\sqrt{s} = 8$  TeV // JHEP. — 2014. — T. 08. — C. 174. — DOI: [10.1007/JHEP08\(2014\)174](https://doi.org/10.1007/JHEP08(2014)174). — arXiv: [1405.3447](https://arxiv.org/abs/1405.3447) [hep-ex].
40. *ATLAS Collaboration*. Combination of searches for  $WW$ ,  $WZ$ , and  $ZZ$  resonances in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector // Phys. Lett. B. — 2016. — T. 755. — C. 285–305. — DOI: [10.1016/j.physletb.2016.02.015](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2016.02.015). — arXiv: [1512.05099](https://arxiv.org/abs/1512.05099) [hep-ex].
41. *ATLAS Collaboration*. Search for diboson resonances with boson-tagged jets in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector // Phys. Lett. B. — 2018. — T. 777. — C. 91–113. — DOI: [10.1016/j.physletb.2017.12.011](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.12.011). — arXiv: [1708.04445](https://arxiv.org/abs/1708.04445) [hep-ex].
42. *ATLAS Collaboration*. Searches for heavy  $ZZ$  and  $ZW$  resonances in the  $\ell\ell qq$  and  $\nu\nu qq$  final states in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector // JHEP. — 2018. — T. 03. — C. 009. — DOI: [10.1007/JHEP03\(2018\)009](https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)009). — arXiv: [1708.09638](https://arxiv.org/abs/1708.09638) [hep-ex].
43. *ATLAS Collaboration*. Search for heavy resonances decaying into  $WW$  in the  $e\nu\mu\nu$  final state in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector // Eur. Phys. J. C. — 2018. — T. 78, № 1. — C. 24. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-017-5491-4](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-017-5491-4). — arXiv: [1710.01123](https://arxiv.org/abs/1710.01123) [hep-ex].
44. *ATLAS Collaboration*. Search for  $WW/WZ$  resonance production in  $\ell\nu qq$  final states in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector // JHEP. — 2018. — T. 03. — C. 042. — DOI: [10.1007/JHEP03\(2018\)042](https://doi.org/10.1007/JHEP03(2018)042). — arXiv: [1710.07235](https://arxiv.org/abs/1710.07235) [hep-ex].
45. *ATLAS Collaboration*. Search for resonant  $WZ$  production in the fully leptonic final state in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS



- detector // Phys. Lett. B. — 2018. — T. 787. — C. 68–88. — DOI: [10.1016/j.physletb.2018.10.021](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.10.021). — arXiv: [1806.01532](https://arxiv.org/abs/1806.01532) [hep-ex].
46. *ATLAS Collaboration*. Combination of searches for heavy resonances decaying into bosonic and leptonic final states using  $36 \text{ fb}^{-1}$  of proton–proton collision data at  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$  with the ATLAS detector // Phys. Rev. D. — 2018. — T. 98, № 5. — C. 052008. — DOI: [10.1103/PhysRevD.98.052008](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.052008). — arXiv: [1808.02380](https://arxiv.org/abs/1808.02380) [hep-ex].
47. *ATLAS Collaboration*. Search for diboson resonances in hadronic final states in  $139 \text{ fb}^{-1}$  of  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$  with the ATLAS detector // JHEP. — 2019. — T. 09. — C. 091. — DOI: [10.1007/JHEP09\(2019\)091](https://doi.org/10.1007/JHEP09(2019)091). — arXiv: [1906.08589](https://arxiv.org/abs/1906.08589) [hep-ex].
48. *CMS Collaboration*. Search for heavy gauge  $W'$  boson in events with an energetic lepton and large missing transverse momentum at  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$  // Phys. Lett. B. — 2017. — T. 770. — C. 278–301. — DOI: [10.1016/j.physletb.2017.04.043](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2017.04.043). — arXiv: [1612.09274](https://arxiv.org/abs/1612.09274) [hep-ex].
49. *CMS Collaboration*. Search for high-mass resonances in final states with a lepton and missing transverse momentum at  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$  // JHEP. — 2018. — T. 06. — C. 128. — DOI: [10.1007/JHEP06\(2018\)128](https://doi.org/10.1007/JHEP06(2018)128). — arXiv: [1803.11133](https://arxiv.org/abs/1803.11133) [hep-ex].
50. *ATLAS Collaboration*. The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider // JINST. — 2008. — T. 3. — S08003. — DOI: [10.1088/1748-0221/3/08/S08003](https://doi.org/10.1088/1748-0221/3/08/S08003).
51. *ATLAS Collaboration*. Performance of the ATLAS trigger system in 2015 // Eur. Phys. J. C. — 2017. — T. 77, № 5. — C. 317. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-017-4852-3](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-017-4852-3). — arXiv: [1611.09661](https://arxiv.org/abs/1611.09661) [hep-ex].

52. *ATLAS Collaboration*. The ATLAS Simulation Infrastructure // Eur. Phys. J. C. — 2010. — T. 70. — C. 823–874. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-010-1429-9](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-010-1429-9). — arXiv: [1005.4568](https://arxiv.org/abs/1005.4568) [physics.ins-det].
53. GEANT4 — a simulation toolkit / S. Agostinelli [и др.] // Nucl. Instrum. Meth. A. — 2003. — T. 506. — C. 250–303. — DOI: [10.1016/S0168-9002\(03\)01368-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(03)01368-8).
54. *ATLAS Collaboration*. Performance of the ATLAS Trigger System in 2010 // Eur. Phys. J. C. — 2012. — T. 72. — C. 1849. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-011-1849-1](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-011-1849-1). — arXiv: [1110.1530](https://arxiv.org/abs/1110.1530) [hep-ex].
55. *ATLAS Collaboration*. Performance of the ATLAS muon trigger in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV // Eur. Phys. J. C. — 2015. — T. 75. — C. 120. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-015-3325-9](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-015-3325-9). — arXiv: [1408.3179](https://arxiv.org/abs/1408.3179) [hep-ex].
56. An introduction to PYTHIA 8.2 / T. Sjöstrand [и др.] // Comput. Phys. Commun. — 2015. — T. 191. — C. 159–177. — DOI: [10.1016/j.cpc.2015.01.024](https://doi.org/10.1016/j.cpc.2015.01.024). — arXiv: [1410.3012](https://arxiv.org/abs/1410.3012) [hep-ph].
57. Parton distributions with LHC data / NNPDF Collaboration, R. D. Ball [и др.] // Nucl. Phys. B. — 2013. — T. 867. — C. 244–289. — DOI: [10.1016/j.nuclphysb.2012.10.003](https://doi.org/10.1016/j.nuclphysb.2012.10.003). — arXiv: [1207.1303](https://arxiv.org/abs/1207.1303) [hep-ph].
58. *ATLAS Collaboration*. ATLAS Pythia 8 tunes to 7 TeV data : тех. отч. / CERN. — Geneva, 11.2014. — ATL-PHYS-PUB-2014–021. — URL: <https://cds.cern.ch/record/1966419>.
59. *Belyaev A., Christensen N. D., Pukhov A.* CalcHEP 3.4 for collider physics within and beyond the Standard Model // Comput. Phys. Commun. — 2013. — T. 184. — C. 1729–1769. — DOI: [10.1016/j.cpc.2013.01.014](https://doi.org/10.1016/j.cpc.2013.01.014). — arXiv: [1207.6082](https://arxiv.org/abs/1207.6082) [hep-ph].

60. *Lange D. J.* The EvtGen particle decay simulation package // Nucl. Instrum. Meth. A. — 2001. — Т. 462. — С. 152—155. — DOI: [10.1016/S0168-9002\(01\)00089-4](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(01)00089-4).
61. *Hamberg R., Neerven W. L. van, Matsuura T.* A complete calculation of the order  $\alpha_s^2$  correction to the Drell–Yan  $K$ -factor // Nucl. Phys. B. — 1991. — Т. 359. — С. 343—405. — DOI: [10.1016/S0550-3213\(02\)00814-3](https://doi.org/10.1016/S0550-3213(02)00814-3), [10.1016/0550-3213\(91\)90064-5](https://doi.org/10.1016/0550-3213(91)90064-5). — [Erratum: Nucl. Phys.B644,403(2002)].
62. New generation of parton distributions with uncertainties from global QCD analysis / J. Pumplin [и др.] // JHEP. — 2002. — Т. 07. — С. 012. — DOI: [10.1088/1126-6708/2002/07/012](https://doi.org/10.1088/1126-6708/2002/07/012). — arXiv: [hep-ph/0201195](https://arxiv.org/abs/hep-ph/0201195) [hep-ph].
63. Parton distributions for the LHC / A. D. Martin [и др.] // Eur. Phys. J. C. — 2009. — Т. 63. — С. 189—285. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-009-1072-5](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-009-1072-5). — arXiv: [0901.0002](https://arxiv.org/abs/0901.0002) [hep-ph].
64. Event generation with SHERPA 1.1 / T. Gleisberg [и др.] // JHEP. — 2009. — Т. 02. — С. 007. — DOI: [10.1088/1126-6708/2009/02/007](https://doi.org/10.1088/1126-6708/2009/02/007). — arXiv: [0811.4622](https://arxiv.org/abs/0811.4622) [hep-ph].
65. Parton distributions for the LHC Run II / NNPDF Collaboration, R. D. Ball [и др.] // JHEP. — 2015. — Т. 04. — С. 040. — DOI: [10.1007/JHEP04\(2015\)040](https://doi.org/10.1007/JHEP04(2015)040). — arXiv: [1410.8849](https://arxiv.org/abs/1410.8849) [hep-ph].
66. New parton distributions for collider physics / H.-L. Lai [и др.] // Phys. Rev. D. — 2010. — Т. 82. — С. 074024. — DOI: [10.1103/PhysRevD.82.074024](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.82.074024). — arXiv: [1007.2241](https://arxiv.org/abs/1007.2241) [hep-ph].
67. *Cascioli F., Maierhofer P., Pozzorini S.* Scattering Amplitudes with Open Loops // Phys. Rev. Lett. — 2012. — Т. 108. — С. 111601. — DOI: [10.1103/PhysRevLett.108.111601](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.108.111601). — arXiv: [1111.5206](https://arxiv.org/abs/1111.5206) [hep-ph].

68. *Gleisberg T., Hoeche S.* Comix, a new matrix element generator // JHEP. — 2008. — T. 12. — C. 039. — DOI: [10.1088/1126-6708/2008/12/039](https://doi.org/10.1088/1126-6708/2008/12/039). — arXiv: [0808.3674](https://arxiv.org/abs/0808.3674) [hep-ph].
69. QCD matrix elements + parton showers. The NLO case / S. Hoeche [и др.] // JHEP. — 2013. — T. 04. — C. 027. — DOI: [10.1007/JHEP04\(2013\)027](https://doi.org/10.1007/JHEP04(2013)027). — arXiv: [1207.5030](https://arxiv.org/abs/1207.5030) [hep-ph].
70. *Li Y., Petriello F.* Combining QCD and electroweak corrections to dilepton production in the framework of the FEWZ simulation code // Phys. Rev. D. — 2012. — T. 86. — C. 094034. — DOI: [10.1103/PhysRevD.86.094034](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.86.094034). — arXiv: [1208.5967](https://arxiv.org/abs/1208.5967) [hep-ph].
71. Vector boson production at hadron colliders: a fully exclusive QCD calculation at NNLO / S. Catani [и др.] // Phys. Rev. Lett. — 2009. — T. 103. — C. 082001. — DOI: [10.1103/PhysRevLett.103.082001](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.103.082001). — arXiv: [0903.2120](https://arxiv.org/abs/0903.2120) [hep-ph].
72. *Nason P.* A new method for combining NLO QCD with shower Monte Carlo algorithms // JHEP. — 2004. — T. 11. — C. 040. — DOI: [10.1088/1126-6708/2004/11/040](https://doi.org/10.1088/1126-6708/2004/11/040). — arXiv: [hep-ph/0409146](https://arxiv.org/abs/hep-ph/0409146).
73. *Frixione S., Nason P., Oleari C.* Matching NLO QCD computations with parton shower simulations: the POWHEG method // JHEP. — 2007. — T. 11. — C. 070. — DOI: [10.1088/1126-6708/2007/11/070](https://doi.org/10.1088/1126-6708/2007/11/070). — arXiv: [0709.2092](https://arxiv.org/abs/0709.2092) [hep-ph].
74. *Frixione S., Nason P., Ridolfi G.* A Positive-weight next-to-leading-order Monte Carlo for heavy flavour hadroproduction // JHEP. — 2007. — T. 09. — C. 126. — DOI: [10.1088/1126-6708/2007/09/126](https://doi.org/10.1088/1126-6708/2007/09/126). — arXiv: [0707.3088](https://arxiv.org/abs/0707.3088) [hep-ph].
75. A general framework for implementing NLO calculations in shower Monte Carlo programs: the POWHEG BOX / S. Alioli [и др.] // JHEP. — 2010. —

- T. 06. — C. 043. — DOI: [10.1007/JHEP06\(2010\)043](https://doi.org/10.1007/JHEP06(2010)043). — arXiv: [1002.2581](https://arxiv.org/abs/1002.2581) [[hep-ph](#)].
76. NLO single-top production matched with shower in POWHEG: s- and t-channel contributions / S. Alioli [и др.] // JHEP. — 2009. — Т. 09. — C. 111. — DOI: [10.1007/JHEP02\(2010\)011](https://doi.org/10.1007/JHEP02(2010)011), [10.1088/1126-6708/2009/09/111](https://doi.org/10.1088/1126-6708/2009/09/111). — arXiv: [0907.4076](https://arxiv.org/abs/0907.4076) [[hep-ph](#)]. — [Erratum: JHEP02,011(2010)].
77. *Re E.* Single-top Wt-channel production matched with parton showers using the POWHEG method // Eur. Phys. J. — 2011. — Т. C71. — C. 1547. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-011-1547-z](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-011-1547-z). — arXiv: [1009.2450](https://arxiv.org/abs/1009.2450) [[hep-ph](#)].
78. *Sjostrand T., Mrenna S., Skands P. Z.* PYTHIA 6.4 physics and manual // JHEP. — 2006. — Т. 05. — C. 026. — DOI: [10.1088/1126-6708/2006/05/026](https://doi.org/10.1088/1126-6708/2006/05/026). — arXiv: [hep-ph/0603175](https://arxiv.org/abs/hep-ph/0603175).
79. *Skands P. Z.* Tuning Monte Carlo generators: The Perugia tunes // Phys. Rev. D. — 2010. — Т. 82. — C. 074018. — DOI: [10.1103/PhysRevD.82.074018](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.82.074018). — arXiv: [1005.3457](https://arxiv.org/abs/1005.3457) [[hep-ph](#)].
80. *Frixione S., Webber B. R.* Matching NLO QCD computations and parton shower simulations // JHEP. — 2002. — Т. 06. — C. 029. — DOI: [10.1088/1126-6708/2002/06/029](https://doi.org/10.1088/1126-6708/2002/06/029). — arXiv: [hep-ph/0204244](https://arxiv.org/abs/hep-ph/0204244) [[hep-ph](#)].
81. HERWIG 6: An Event generator for hadron emission reactions with interfering gluons (including supersymmetric processes) / G. Corcella [и др.] // JHEP. — 2001. — Т. 01. — C. 010. — DOI: [10.1088/1126-6708/2001/01/010](https://doi.org/10.1088/1126-6708/2001/01/010). — arXiv: [hep-ph/0011363](https://arxiv.org/abs/hep-ph/0011363) [[hep-ph](#)].
82. *Butterworth J. M., Forshaw J. R., Seymour M. H.* Multiparton interactions in photoproduction at HERA // Z. Phys. C. — 1996. — Т. 72. — C. 637—646. — DOI: [10.1007/BF02909195](https://doi.org/10.1007/BF02909195), [10.1007/s002880050286](https://doi.org/10.1007/s002880050286). — arXiv: [hep-ph/9601371](https://arxiv.org/abs/hep-ph/9601371) [[hep-ph](#)].

83. *Kersevan B. P., Richter-Was E.* The Monte Carlo event generator AcerMC versions 2.0 to 3.8 with interfaces to PYTHIA 6.4, HERWIG 6.5 and ARIADNE 4.1 // *Comput. Phys. Commun.* — 2013. — T. 184. — C. 919–985. — DOI: [10.1016/j.cpc.2012.10.032](https://doi.org/10.1016/j.cpc.2012.10.032). — arXiv: [hep-ph/0405247](https://arxiv.org/abs/hep-ph/0405247) [[hep-ph](#)].
84. *Czakon M., Mitov A.* Top++: A program for the calculation of the top-pair cross-section at hadron colliders // *Comput. Phys. Commun.* — 2014. — T. 185. — C. 2930. — DOI: [10.1016/j.cpc.2014.06.021](https://doi.org/10.1016/j.cpc.2014.06.021). — arXiv: [1112.5675](https://arxiv.org/abs/1112.5675) [[hep-ph](#)].
85. Top-pair production at hadron colliders with next-to-next-to-leading logarithmic soft-gluon resummation / M. Cacciari [и др.] // *Phys. Lett. B.* — 2012. — T. 710. — C. 612–622. — DOI: [10.1016/j.physletb.2012.03.013](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2012.03.013). — arXiv: [1111.5869](https://arxiv.org/abs/1111.5869) [[hep-ph](#)].
86. Hadronic top-quark pair production with NNLL threshold resummation / M. Beneke [и др.] // *Nucl. Phys. B.* — 2012. — T. 855. — C. 695–741. — DOI: [10.1016/j.nuclphysb.2011.10.021](https://doi.org/10.1016/j.nuclphysb.2011.10.021). — arXiv: [1109.1536](https://arxiv.org/abs/1109.1536) [[hep-ph](#)].
87. *Bärnreuther P., Czakon M., Mitov A.* Percent-Level-Precision Physics at the Tevatron: Next-to-Next-to-Leading Order QCD Corrections to  $q\bar{q} \rightarrow t\bar{t} + X$  // *Phys. Rev. Lett.* — 2012. — T. 109. — C. 132001. — DOI: [10.1103/PhysRevLett.109.132001](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.109.132001). — arXiv: [1204.5201](https://arxiv.org/abs/1204.5201) [[hep-ph](#)].
88. *Czakon M., Mitov A.* NNLO corrections to top-pair production at hadron colliders: the all-fermionic scattering channels // *JHEP.* — 2012. — T. 12. — C. 054. — DOI: [10.1007/JHEP12\(2012\)054](https://doi.org/10.1007/JHEP12(2012)054). — arXiv: [1207.0236](https://arxiv.org/abs/1207.0236) [[hep-ph](#)].
89. *Czakon M., Mitov A.* NNLO corrections to top pair production at hadron colliders: the quark-gluon reaction // *JHEP.* — 2013. — T. 01. — C. 080. — DOI: [10.1007/JHEP01\(2013\)080](https://doi.org/10.1007/JHEP01(2013)080). — arXiv: [1210.6832](https://arxiv.org/abs/1210.6832) [[hep-ph](#)].
90. *Czakon M., Fiedler P., Mitov A.* Total Top-Quark Pair-Production Cross Section at Hadron Colliders Through  $O(\alpha_S^4)$  // *Phys. Rev. Lett.* — 2013. —

- T. 110. — C. 252004. — DOI: [10.1103/PhysRevLett.110.252004](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.110.252004). — arXiv: [1303.6254](https://arxiv.org/abs/1303.6254) [hep-ph].
91. *Kidonakis N.* Next-to-next-to-leading-order collinear and soft gluon corrections for  $t$ -channel single top quark production // Phys. Rev. D. — 2011. — T. 83. — C. 091503. — DOI: [10.1103/PhysRevD.83.091503](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.83.091503). — arXiv: [1103.2792](https://arxiv.org/abs/1103.2792) [hep-ph].
92. *Kidonakis N.* Two-loop soft anomalous dimensions for single top quark associated production with a  $W^-$  or  $H^-$  // Phys. Rev. D. — 2010. — T. 82. — C. 054018. — DOI: [10.1103/PhysRevD.82.054018](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.82.054018). — arXiv: [1005.4451](https://arxiv.org/abs/1005.4451) [hep-ph].
93. *Kidonakis N.* Next-to-next-to-leading logarithm resummation for  $s$ -channel single top quark production // Phys. Rev. D. — 2010. — T. 81. — C. 054028. — DOI: [10.1103/PhysRevD.81.054028](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.81.054028). — arXiv: [1001.5034](https://arxiv.org/abs/1001.5034) [hep-ph].
94. *Sjostrand T., Mrenna S., Skands P. Z.* A brief introduction to PYTHIA 8.1 // Comput. Phys. Commun. — 2008. — T. 178. — C. 852–867. — DOI: [10.1016/j.cpc.2008.01.036](https://doi.org/10.1016/j.cpc.2008.01.036). — arXiv: [0710.3820](https://arxiv.org/abs/0710.3820) [hep-ph].
95. *ATLAS Collaboration.* Summary of ATLAS Pythia 8 tunes : tex. отч. / CERN. — Geneva, 08.2012. — ATL-PHYS-PUB-2012–003. — URL: <https://cds.cern.ch/record/1474107>.
96. *ATLAS Collaboration.* Electron performance measurements with the ATLAS detector using the 2010 LHC proton–proton collision data // Eur. Phys. J. C. — 2012. — T. 72. — C. 1909. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-012-1909-1](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-012-1909-1). — arXiv: [1110.3174](https://arxiv.org/abs/1110.3174) [hep-ex].
97. *ATLAS Collaboration.* Electron reconstruction and identification in the ATLAS experiment using the 2015 and 2016 LHC proton–proton collision data at  $\sqrt{s} = 13$  TeV // Eur. Phys. J. C. — 2019. — T. 79, № 8. — C. 639. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-019-7140-6](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-019-7140-6). — arXiv: [1902.04655](https://arxiv.org/abs/1902.04655) [physics.ins-det].

98. *ATLAS Collaboration*. Electron and photon energy calibration with the ATLAS detector using LHC Run 1 data // Eur. Phys. J. C. — 2014. — T. 74, № 10. — C. 3071. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-014-3071-4](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-014-3071-4). — arXiv: [1407.5063](https://arxiv.org/abs/1407.5063) [hep-ex].
99. *ATLAS Collaboration*. Electron and photon energy calibration with the ATLAS detector using 2015–2016 LHC proton–proton collision data // JINST. — 2019. — T. 14, № 03. — P03017. — DOI: [10.1088/1748-0221/14/03/P03017](https://doi.org/10.1088/1748-0221/14/03/P03017). — arXiv: [1812.03848](https://arxiv.org/abs/1812.03848) [hep-ex].
100. Concepts, Design and Implementation of the ATLAS New Tracking (NEWT) : тех. отч. / Т. Cornelissen [и др.] ; CERN. — Geneva, 03.2007. — ATL-SOFT-PUB-2007-007. ATL-COM-SOFT-2007–002. — URL: <https://cds.cern.ch/record/1020106>.
101. *ATLAS Collaboration*. Measurement of the muon reconstruction performance of the ATLAS detector using 2011 and 2012 LHC proton–proton collision data // Eur. Phys. J. C. — 2014. — T. 74, № 11. — C. 3130. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-014-3130-x](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-014-3130-x). — arXiv: [1407.3935](https://arxiv.org/abs/1407.3935) [hep-ex].
102. *ATLAS Collaboration*. Muon reconstruction performance of the ATLAS detector in proton–proton collision data at  $\sqrt{s} = 13$  TeV // Eur. Phys. J. C. — 2016. — T. 76, № 5. — C. 292. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-016-4120-y](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-016-4120-y). — arXiv: [1603.05598](https://arxiv.org/abs/1603.05598) [hep-ex].
103. *Cacciari M., Salam G. P., Soyez G.* The anti- $k_t$  jet clustering algorithm // JHEP. — 2008. — T. 04. — C. 063. — DOI: [10.1088/1126-6708/2008/04/063](https://doi.org/10.1088/1126-6708/2008/04/063). — arXiv: [0802.1189](https://arxiv.org/abs/0802.1189) [hep-ph].
104. *ATLAS Collaboration*. Jet energy scale measurements and their systematic uncertainties in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector // Phys. Rev. D. — 2017. — T. 96, № 7. — C. 072002. — DOI: [10.1103/PhysRevD.96.072002](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.96.072002). — arXiv: [1703.09665](https://arxiv.org/abs/1703.09665) [hep-ex].



105. *ATLAS Collaboration*. Performance of pile-up mitigation techniques for jets in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV using the ATLAS detector // Eur. Phys. J. C. — 2016. — T. 76, № 11. — C. 581. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-016-4395-z](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-016-4395-z). — arXiv: [1510.03823](https://arxiv.org/abs/1510.03823) [hep-ex].
106. *ATLAS Collaboration*. In situ calibration of large-radius jet energy and mass in 13 TeV proton–proton collisions with the ATLAS detector // Eur. Phys. J. C. — 2019. — T. 79, № 2. — C. 135. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-019-6632-8](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-019-6632-8). — arXiv: [1807.09477](https://arxiv.org/abs/1807.09477) [hep-ex].
107. *Krohn D., Thaler J., Wang L.-T.* Jet Trimming // JHEP. — 2010. — T. 02. — C. 084. — DOI: [10.1007/JHEP02\(2010\)084](https://doi.org/10.1007/JHEP02(2010)084). — arXiv: [0912.1342](https://arxiv.org/abs/0912.1342) [hep-ph].
108. Better jet clustering algorithms / Y. L. Dokshitzer [и др.] // JHEP. — 1997. — T. 08. — C. 001. — DOI: [10.1088/1126-6708/1997/08/001](https://doi.org/10.1088/1126-6708/1997/08/001). — arXiv: [hep-ph/9707323](https://arxiv.org/abs/hep-ph/9707323) [hep-ph].
109. *ATLAS Collaboration*. Performance of  $b$ -jet identification in the ATLAS experiment // JINST. — 2016. — T. 11, № 04. — P04008. — DOI: [10.1088/1748-0221/11/04/P04008](https://doi.org/10.1088/1748-0221/11/04/P04008). — arXiv: [1512.01094](https://arxiv.org/abs/1512.01094) [hep-ex].
110. *ATLAS Collaboration*. Calibration of the performance of  $b$ -tagging for  $c$  and light-flavour jets in the 2012 ATLAS data : тех. отч. / CERN. — Geneva, 07.2014. — ATLAS-CONF-2014—046. — URL: <http://cds.cern.ch/record/1741020>.
111. *ATLAS Collaboration*. Optimisation of the ATLAS  $b$ -tagging performance for the 2016 LHC Run : тех. отч. / CERN. — Geneva, 06.2016. — ATL-PHYS-PUB-2016—012. — URL: <https://cds.cern.ch/record/2160731>.
112. *ATLAS Collaboration*. Measurements of  $b$ -jet tagging efficiency with the ATLAS detector using  $t\bar{t}$  events at  $\sqrt{s} = 13$  TeV // JHEP. — 2018. — T. 08. — C. 089. — DOI: [10.1007/JHEP08\(2018\)089](https://doi.org/10.1007/JHEP08(2018)089). — arXiv: [1805.01845](https://arxiv.org/abs/1805.01845) [hep-ex].

113. *Larkoski A. J., Salam G. P., Thaler J.* Energy correlation functions for jet substructure // JHEP. — 2013. — T. 06. — C. 108. — DOI: [10.1007/JHEP06\(2013\)108](https://doi.org/10.1007/JHEP06(2013)108). — arXiv: [1305.0007 \[hep-ph\]](https://arxiv.org/abs/1305.0007).
114. *Larkoski A. J., Moult I., Neill D.* Power counting to better jet observables // JHEP. — 2014. — T. 12. — C. 009. — DOI: [10.1007/JHEP12\(2014\)009](https://doi.org/10.1007/JHEP12(2014)009). — arXiv: [1409.6298 \[hep-ph\]](https://arxiv.org/abs/1409.6298).
115. *ATLAS Collaboration.* Performance of top-quark and  $W$ -boson tagging with ATLAS in Run 2 of the LHC // Eur. Phys. J. C. — 2019. — T. 79, № 5. — C. 375. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-019-6847-8](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-019-6847-8). — arXiv: [1808.07858 \[hep-ex\]](https://arxiv.org/abs/1808.07858).
116. *ATLAS Collaboration.* Identification of boosted, hadronically-decaying  $W$  and  $Z$  bosons in  $\sqrt{s} = 13$  TeV Monte Carlo Simulations for ATLAS : тех. отч. / CERN. — Geneva, 08.2015. — ATL-PHYS-PUB-2015—033. — URL: <https://cds.cern.ch/record/2041461>.
117. *ATLAS Collaboration.* Performance of missing transverse momentum reconstruction with the ATLAS detector using proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV // Eur. Phys. J. C. — 2018. — T. 78, № 11. — C. 903. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-018-6288-9](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-018-6288-9). — arXiv: [1802.08168 \[hep-ex\]](https://arxiv.org/abs/1802.08168).
118. *ATLAS Collaboration.* Performance of missing transverse momentum reconstruction in proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with ATLAS // Eur. Phys. J. C. — 2012. — T. 72. — C. 1844. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-011-1844-6](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-011-1844-6). — arXiv: [1108.5602 \[hep-ex\]](https://arxiv.org/abs/1108.5602).
119. *ATLAS Collaboration.* Luminosity determination in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV using the ATLAS detector at the LHC // Eur. Phys. J. C. — 2016. — T. 76, № 12. — C. 653. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-016-4466-1](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-016-4466-1). — arXiv: [1608.03953 \[hep-ex\]](https://arxiv.org/abs/1608.03953).

120. The new LUCID-2 detector for luminosity measurement and monitoring in ATLAS / G. Avoni [и др.] // JINST. — 2018. — Т. 13, № 07. — P07017. — DOI: [10.1088/1748-0221/13/07/P07017](https://doi.org/10.1088/1748-0221/13/07/P07017).
121. *ATLAS Collaboration*. Luminosity determination in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV using the ATLAS detector at the LHC. — 2019.
122. *ATLAS Collaboration*. Improved luminosity determination in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV using the ATLAS detector at the LHC // Eur. Phys. J. C. — 2013. — Т. 73, № 8. — C. 2518. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-013-2518-3](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-013-2518-3). — arXiv: [1302.4393](https://arxiv.org/abs/1302.4393) [hep-ex].
123. *ATLAS Collaboration*. Selection of jets produced in 13 TeV proton–proton collisions with the ATLAS detector : тех. отч. / CERN. — Geneva, 07.2015. — ATLAS-CONF-2015–029. — URL: <https://cds.cern.ch/record/2037702>.
124. Search for new high-mass resonances in the dilepton final state using proton–proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector : тех. отч. / D. Hayden [и др.] ; CERN. — Geneva, 05.2016. — ATL-COM-PHYS-2016–453. — URL: <https://cds.cern.ch/record/2151267>.
125. LPX Matrix Method : тех. отч. — URL: <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/AtlasProtected/LPXMatrixMethod>.
126. *ATLAS Collaboration*. Search for scalar leptoquarks in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS experiment // New J. Phys. — 2016. — Т. 18, № 9. — C. 093016. — DOI: [10.1088/1367-2630/18/9/093016](https://doi.org/10.1088/1367-2630/18/9/093016). — arXiv: [1605.06035](https://arxiv.org/abs/1605.06035) [hep-ex].
127. LPXMatrixMethod : тех. отч. — URL: [svn+ssh://svn.cern.ch/repos/atlasphys-exo/Physics/Exotic/LPX/CommonTools/LPXMatrixMethod/tags/LPXMatrixMethod-00-00-03](https://svn.cern.ch/repos/atlasphys-exo/Physics/Exotic/LPX/CommonTools/LPXMatrixMethod/tags/LPXMatrixMethod-00-00-03).

128. Asymptotic formulae for likelihood-based tests of new physics / G. Cowan and K. Cranmer and E. Gross and O. Vitell // Eur. Phys. J. C. — 2011. — Т. 71. — С. 1554. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-011-1554-0](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-011-1554-0). — arXiv: [1007.1727 \[physics.data-an\]](https://arxiv.org/abs/1007.1727). — Erratum: G. Cowan [и др.] // Eur. Phys. J. C. — 2013. — Т. 73. — С. 2501. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-013-2501-z](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-013-2501-z).
129. The PDF4LHC Working Group Interim Recommendations / M. Botje [и др.]. — 2011. — arXiv: [1101.0538 \[hep-ph\]](https://arxiv.org/abs/1101.0538).
130. Parton distributions in the LHC era: MMHT 2014 PDFs / L. A. Harland-Lang [и др.] // Eur. Phys. J. C. — 2015. — Т. 75, № 5. — С. 204. — DOI: [10.1140/epjc/s10052-015-3397-6](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-015-3397-6). — arXiv: [1412.3989 \[hep-ph\]](https://arxiv.org/abs/1412.3989).
131. New parton distribution functions from a global analysis of quantum chromodynamics / S. Dulat [и др.] // Phys. Rev. D. — 2016. — Т. 93, № 3. — С. 033006. — DOI: [10.1103/PhysRevD.93.033006](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.93.033006). — arXiv: [1506.07443 \[hep-ph\]](https://arxiv.org/abs/1506.07443).
132. *Cranmer K.* Practical Statistics for the LHC // Proceedings, 2011 European School of High-Energy Physics (ESHEP 2011): Cheile Gradistei, Romania, September 7–20, 2011. — 2015. — С. 267–308. — DOI: [10.5170/CERN-2015-001.247](https://doi.org/10.5170/CERN-2015-001.247), [10.5170/CERN-2014-003.267](https://doi.org/10.5170/CERN-2014-003.267). — arXiv: [1503.07622 \[physics.data-an\]](https://arxiv.org/abs/1503.07622). — [,247(2015)].
133. *Read A. L.* Presentation of search results: The  $CL_s$  technique // J. Phys. G. — 2002. — Vol. 28. — P. 2693–2704. — DOI: [10.1088/0954-3899/28/10/313](https://doi.org/10.1088/0954-3899/28/10/313).

## Приложение А

**Моделирование сигнальных наборов данных в  
поиске возбужденных электронов**

Парциальные ширины распадов  $e^*$  вычислены для каждого значения  $m_{e^*}$  с помощью CALCHEP 3.6.25 [59], в котором применяется процедура символьного интегрирования для процессов  $1 \rightarrow 2$  и численного интегрирования с алгоритмом Vegas для процессов  $1 \rightarrow 3$  без учета эффектов фазового пространства. В Таблице A.1 приведены парциальные ширины для всех смоделированных сигнальных наборов данных.

Таблица A.2 описывает смоделированные наборы данных для процесса  $ll^* \rightarrow l\nu W$ .

Таблица А.1. Парциальные ширины распадов возбужденного электрона для разных масс возбужденного электрона. Все числа представлены в ГэВ.

	100	200	300	400	500	600
$\Gamma\gamma e$	$7.95 \times 10^{-5}$	$6.36 \times 10^{-4}$	$2.15 \times 10^{-3}$	$5.09 \times 10^{-3}$	$9.94 \times 10^{-3}$	$1.72 \times 10^{-2}$
$\Gamma Ze$	$1.30 \times 10^{-6}$	$1.79 \times 10^{-4}$	$7.52 \times 10^{-4}$	$1.91 \times 10^{-3}$	$3.84 \times 10^{-3}$	$6.74 \times 10^{-3}$
$\Gamma W\nu_e$	$2.84 \times 10^{-5}$	$1.04 \times 10^{-3}$	$4.14 \times 10^{-3}$	$1.03 \times 10^{-2}$	$2.06 \times 10^{-2}$	$3.61 \times 10^{-2}$
$\Gamma ed\bar{d}$	$1.59 \times 10^{-7}$	$5.09 \times 10^{-6}$	$3.87 \times 10^{-5}$	$1.63 \times 10^{-4}$	$4.97 \times 10^{-4}$	$1.24 \times 10^{-3}$
$\Gamma eu\bar{u}$	$1.59 \times 10^{-7}$	$5.09 \times 10^{-6}$	$3.87 \times 10^{-5}$	$1.63 \times 10^{-4}$	$4.97 \times 10^{-4}$	$1.24 \times 10^{-3}$
$\Gamma es\bar{s}$	$1.59 \times 10^{-7}$	$5.09 \times 10^{-6}$	$3.87 \times 10^{-5}$	$1.63 \times 10^{-4}$	$4.97 \times 10^{-4}$	$1.24 \times 10^{-3}$
$\Gamma ec\bar{c}$	$1.59 \times 10^{-7}$	$5.09 \times 10^{-6}$	$3.87 \times 10^{-5}$	$1.63 \times 10^{-4}$	$4.97 \times 10^{-4}$	$1.24 \times 10^{-3}$
$\Gamma eb\bar{b}$	$1.55 \times 10^{-7}$	$5.06 \times 10^{-6}$	$3.85 \times 10^{-5}$	$1.63 \times 10^{-4}$	$4.97 \times 10^{-4}$	$1.24 \times 10^{-3}$
$\Gamma et\bar{t}$	0	0	0	$1.27 \times 10^{-6}$	$4.79 \times 10^{-5}$	$2.84 \times 10^{-4}$
$\Gamma eee$	$1.06 \times 10^{-7}$	$3.40 \times 10^{-6}$	$2.58 \times 10^{-5}$	$1.09 \times 10^{-4}$	$3.32 \times 10^{-4}$	$8.25 \times 10^{-4}$
$\Gamma e\nu_e\nu_e$	$5.31 \times 10^{-8}$	$1.70 \times 10^{-6}$	$1.29 \times 10^{-5}$	$5.43 \times 10^{-5}$	$1.66 \times 10^{-4}$	$4.13 \times 10^{-4}$
$\Gamma e\mu\mu$	$5.31 \times 10^{-8}$	$1.70 \times 10^{-6}$	$1.29 \times 10^{-5}$	$5.43 \times 10^{-5}$	$1.66 \times 10^{-4}$	$4.13 \times 10^{-4}$
$\Gamma e\nu_\mu\nu_\mu$	$5.31 \times 10^{-8}$	$1.70 \times 10^{-6}$	$1.29 \times 10^{-5}$	$5.43 \times 10^{-5}$	$1.66 \times 10^{-4}$	$4.13 \times 10^{-4}$
$\Gamma e\tau\tau$	$5.28 \times 10^{-8}$	$1.70 \times 10^{-6}$	$1.29 \times 10^{-5}$	$5.43 \times 10^{-5}$	$1.66 \times 10^{-4}$	$4.12 \times 10^{-4}$
$\Gamma e\nu_\tau\nu_\tau$	$5.31 \times 10^{-8}$	$1.70 \times 10^{-6}$	$1.29 \times 10^{-5}$	$5.43 \times 10^{-5}$	$1.66 \times 10^{-4}$	$4.13 \times 10^{-4}$
$\Gamma^{total}$	$1.10 \times 10^{-4}$	$1.89 \times 10^{-3}$	$7.33 \times 10^{-3}$	$1.85 \times 10^{-2}$	$3.81 \times 10^{-2}$	$6.94 \times 10^{-2}$

	700	800	900	1000	1250	1500
$\Gamma^{\gamma e}$	$2.73 \times 10^{-2}$	$4.07 \times 10^{-2}$	$5.79 \times 10^{-2}$	$7.95 \times 10^{-2}$	$1.55 \times 10^{-1}$	$2.68 \times 10^{-1}$
$\Gamma^{Ze}$	$1.08 \times 10^{-2}$	$1.62 \times 10^{-2}$	$2.32 \times 10^{-2}$	$3.19 \times 10^{-2}$	$6.26 \times 10^{-2}$	$1.08 \times 10^{-1}$
$\Gamma^{W\nu_e}$	$5.78 \times 10^{-2}$	$8.67 \times 10^{-2}$	$1.24 \times 10^{-1}$	$1.70 \times 10^{-1}$	$3.34 \times 10^{-1}$	$5.78 \times 10^{-1}$
$\Gamma^{ed\bar{d}}$	$2.67 \times 10^{-3}$	$5.21 \times 10^{-3}$	$9.40 \times 10^{-3}$	$1.59 \times 10^{-2}$	$4.86 \times 10^{-2}$	$1.21 \times 10^{-1}$
$\Gamma^{eu\bar{u}}$	$2.67 \times 10^{-3}$	$5.21 \times 10^{-3}$	$9.40 \times 10^{-3}$	$1.59 \times 10^{-2}$	$4.86 \times 10^{-2}$	$1.21 \times 10^{-1}$
$\Gamma^{es\bar{s}}$	$2.67 \times 10^{-3}$	$5.21 \times 10^{-3}$	$9.40 \times 10^{-3}$	$1.59 \times 10^{-2}$	$4.86 \times 10^{-2}$	$1.21 \times 10^{-1}$
$\Gamma^{ec\bar{c}}$	$2.67 \times 10^{-3}$	$5.21 \times 10^{-3}$	$9.40 \times 10^{-3}$	$1.59 \times 10^{-2}$	$4.86 \times 10^{-2}$	$1.21 \times 10^{-1}$
$\Gamma^{eb\bar{b}}$	$2.67 \times 10^{-3}$	$5.21 \times 10^{-3}$	$9.39 \times 10^{-3}$	$1.59 \times 10^{-2}$	$4.86 \times 10^{-2}$	$1.21 \times 10^{-1}$
$\Gamma^{et\bar{t}}$	$9.54 \times 10^{-4}$	$2.42 \times 10^{-3}$	$5.17 \times 10^{-3}$	$9.85 \times 10^{-3}$	$3.59 \times 10^{-2}$	$9.80 \times 10^{-2}$
$\Gamma^{eee}$	$1.78 \times 10^{-3}$	$3.48 \times 10^{-3}$	$6.27 \times 10^{-3}$	$1.06 \times 10^{-2}$	$3.24 \times 10^{-2}$	$8.06 \times 10^{-2}$
$\Gamma^{e\nu_e\nu_e}$	$8.92 \times 10^{-4}$	$1.74 \times 10^{-3}$	$3.13 \times 10^{-3}$	$5.31 \times 10^{-3}$	$1.62 \times 10^{-2}$	$4.03 \times 10^{-2}$
$\Gamma^{e\mu\mu}$	$8.92 \times 10^{-4}$	$1.74 \times 10^{-3}$	$3.13 \times 10^{-3}$	$5.31 \times 10^{-3}$	$1.62 \times 10^{-2}$	$4.03 \times 10^{-2}$
$\Gamma^{e\nu_\mu\nu_\mu}$	$8.92 \times 10^{-4}$	$1.74 \times 10^{-3}$	$3.13 \times 10^{-3}$	$5.31 \times 10^{-3}$	$1.62 \times 10^{-2}$	$4.03 \times 10^{-2}$
$\Gamma^{e\tau\tau}$	$8.92 \times 10^{-4}$	$1.74 \times 10^{-3}$	$3.13 \times 10^{-3}$	$5.30 \times 10^{-3}$	$1.62 \times 10^{-2}$	$4.03 \times 10^{-2}$
$\Gamma^{e\nu_\tau\nu_\tau}$	$8.92 \times 10^{-4}$	$1.74 \times 10^{-3}$	$3.13 \times 10^{-3}$	$5.31 \times 10^{-3}$	$1.62 \times 10^{-2}$	$4.03 \times 10^{-2}$
$\Gamma^{total}$	$1.16 \times 10^{-1}$	$1.84 \times 10^{-1}$	$2.79 \times 10^{-1}$	$4.08 \times 10^{-1}$	$9.44 \times 10^{-1}$	1.94

	1750	2000	2250	2500	2750	3000
$\Gamma^{\gamma e}$	$4.26 \times 10^{-1}$	$6.36 \times 10^{-1}$	$9.05 \times 10^{-1}$	1.24	1.65	2.15
$\Gamma^{Ze}$	$1.72 \times 10^{-1}$	$2.58 \times 10^{-1}$	$3.67 \times 10^{-1}$	$5.04 \times 10^{-1}$	$6.71 \times 10^{-1}$	$8.71 \times 10^{-1}$
$\Gamma^{W\nu_e}$	$9.18 \times 10^{-1}$	1.37	1.95	2.68	3.58	4.64
$\Gamma^{ed\bar{d}}$	$2.61 \times 10^{-1}$	$5.09 \times 10^{-1}$	$9.18 \times 10^{-1}$	1.55	2.50	3.87
$\Gamma^{eu\bar{u}}$	$2.61 \times 10^{-1}$	$5.09 \times 10^{-1}$	$9.18 \times 10^{-1}$	1.55	2.50	3.87
$\Gamma^{es\bar{s}}$	$2.61 \times 10^{-1}$	$5.09 \times 10^{-1}$	$9.18 \times 10^{-1}$	1.55	2.50	3.87
$\Gamma^{ec\bar{c}}$	$2.61 \times 10^{-1}$	$5.09 \times 10^{-1}$	$9.18 \times 10^{-1}$	1.55	2.50	3.87
$\Gamma^{eb\bar{b}}$	$2.61 \times 10^{-1}$	$5.09 \times 10^{-1}$	$9.18 \times 10^{-1}$	1.55	2.50	3.87
$\Gamma^{et\bar{t}}$	$2.24 \times 10^{-1}$	$4.53 \times 10^{-1}$	$8.36 \times 10^{-1}$	1.44	2.35	3.67
$\Gamma^{eee}$	$1.74 \times 10^{-1}$	$3.40 \times 10^{-1}$	$6.12 \times 10^{-1}$	1.04	1.67	2.58
$\Gamma^{e\nu_e\nu_e}$	$8.71 \times 10^{-2}$	$1.70 \times 10^{-1}$	$3.06 \times 10^{-1}$	$5.18 \times 10^{-1}$	$8.34 \times 10^{-1}$	1.29
$\Gamma^{e\mu\mu}$	$8.71 \times 10^{-2}$	$1.70 \times 10^{-1}$	$3.06 \times 10^{-1}$	$5.18 \times 10^{-1}$	$8.34 \times 10^{-1}$	1.29
$\Gamma^{e\nu_\mu\nu_\mu}$	$8.71 \times 10^{-2}$	$1.70 \times 10^{-1}$	$3.06 \times 10^{-1}$	$5.18 \times 10^{-1}$	$8.34 \times 10^{-1}$	1.29
$\Gamma^{e\tau\tau}$	$8.71 \times 10^{-2}$	$1.70 \times 10^{-1}$	$3.06 \times 10^{-1}$	$5.18 \times 10^{-1}$	$8.34 \times 10^{-1}$	1.29
$\Gamma^{e\nu_\tau\nu_\tau}$	$8.71 \times 10^{-2}$	$1.70 \times 10^{-1}$	$3.06 \times 10^{-1}$	$5.18 \times 10^{-1}$	$8.34 \times 10^{-1}$	1.29
$\Gamma^{total}$	3.65	6.45	$1.08 \times 10^1$	$1.72 \times 10^1$	$2.67 \times 10^1$	$3.97 \times 10^1$



	3250	3500	3750	4000	500	1000
$\Gamma^{\gamma e}$	2.73	3.41	4.19	5.09	$9.94 \times 10^{-1}$	1.99
$\Gamma^{Ze}$	1.11	1.38	1.70	2.07	$3.84 \times 10^{-1}$	$7.98 \times 10^{-1}$
$\Gamma^{W\nu_e}$	5.90	7.36	9.06	$1.10 \times 10^1$	2.06	4.26
$\Gamma^{ed\bar{d}}$	5.77	8.36	$1.18 \times 10^1$	$1.63 \times 10^1$	4.97	9.95
$\Gamma^{eu\bar{u}}$	5.77	8.36	$1.18 \times 10^1$	$1.63 \times 10^1$	4.97	9.95
$\Gamma^{es\bar{s}}$	5.77	8.36	$1.18 \times 10^1$	$1.63 \times 10^1$	4.97	9.95
$\Gamma^{ec\bar{c}}$	5.77	8.36	$1.18 \times 10^1$	$1.63 \times 10^1$	4.97	9.95
$\Gamma^{eb\bar{b}}$	5.77	8.36	$1.18 \times 10^1$	$1.63 \times 10^1$	4.97	9.94
$\Gamma^{et\bar{t}}$	5.52	8.04	$1.14 \times 10^1$	$1.58 \times 10^1$	4.79	6.16
$\Gamma^{eee}$	3.85	5.57	7.87	$1.09 \times 10^1$	3.32	6.63
$\Gamma^{e\nu_e\nu_e}$	1.92	2.79	3.93	5.43	1.66	3.32
$\Gamma^{e\mu\mu}$	1.92	2.79	3.93	5.43	1.66	3.32
$\Gamma^{e\nu_\mu\nu_\mu}$	1.92	2.79	3.93	5.43	1.66	3.32
$\Gamma^{e\tau\tau}$	1.92	2.79	3.93	5.43	1.66	3.32
$\Gamma^{e\nu_\tau\nu_\tau}$	1.92	2.79	3.93	5.43	1.66	3.32
$\Gamma^{total}$	$5.76 \times 10^1$	$8.15 \times 10^1$	$1.13 \times 10^2$	$1.54 \times 10^2$	$4.47 \times 10^1$	$8.62 \times 10^1$

Таблица А.2. Смоделированные сигнальные наборы данных для процесса  $ll^* \rightarrow l\nu W$ .

$m_{l^*}$ [ГэВ]	$\Lambda$ [ГэВ]	$\sigma_{e^*}^{LO}$ [пб]	$\sigma_{\mu^*}^{LO}$ [пб]	$N_{MC}^{e^*}$	$N_{MC}^{\mu^*}$	Dataset ID ( $e^*$ )	Dataset ID ( $\mu^*$ )	Simulation type
100	5000	$3.34 \times 10^{-1}$	$3.31 \times 10^{-1}$	28000	30000	305725	305749	FULLSIM
200	5000	$5.76 \times 10^{-1}$	$5.80 \times 10^{-1}$	30000	30000	305726	305750	FULLSIM
300	5000	$4.91 \times 10^{-1}$	$4.88 \times 10^{-1}$	29000	28000	305727	305751	FULLSIM
400	5000	$3.98 \times 10^{-1}$	$3.99 \times 10^{-1}$	30000	30000	305728	305752	FULLSIM
500	5000	$3.23 \times 10^{-1}$	$3.23 \times 10^{-1}$	19000	30000	305729	305753	FULLSIM
600	5000	$2.59 \times 10^{-1}$	$2.59 \times 10^{-1}$	29000	29000	305731	305755	FULLSIM
700	5000	$2.09 \times 10^{-1}$	$2.07 \times 10^{-1}$	30000	30000	305732	305756	FULLSIM
800	5000	$1.65 \times 10^{-1}$	$1.65 \times 10^{-1}$	28000	30000	305733	305757	FULLSIM
900	5000	$1.32 \times 10^{-1}$	$1.31 \times 10^{-1}$	30000	29000	305734	305758	FULLSIM
1000	5000	$1.05 \times 10^{-1}$	$1.04 \times 10^{-1}$	29000	30000	305735	305759	FULLSIM
1250	5000	$5.83 \times 10^{-2}$	$5.84 \times 10^{-2}$	30000	30000	305737	305761	FULLSIM
1500	5000	$3.26 \times 10^{-2}$	$3.29 \times 10^{-2}$	29000	29000	305738	305762	FULLSIM
1750	5000	$1.83 \times 10^{-2}$	$1.84 \times 10^{-2}$	30000	30000	305739	305763	FULLSIM
2000	5000	$1.04 \times 10^{-2}$	$1.04 \times 10^{-2}$	30000	26000	305740	305764	FULLSIM
2250	5000	$5.90 \times 10^{-3}$	$5.90 \times 10^{-3}$	29000	30000	305741	305765	FULLSIM
2500	5000	$3.37 \times 10^{-3}$	$3.38 \times 10^{-3}$	30000	30000	305742	305766	FULLSIM
2750	5000	$1.97 \times 10^{-3}$	$1.96 \times 10^{-3}$	30000	30000	305743	305767	FULLSIM
3000	5000	$1.13 \times 10^{-3}$	$1.13 \times 10^{-3}$	16000	30000	305744	305768	FULLSIM
3250	5000	$6.64 \times 10^{-4}$	$6.58 \times 10^{-4}$	30000	30000	305745	305769	FULLSIM
3500	5000	$3.86 \times 10^{-4}$	$3.86 \times 10^{-4}$	30000	29000	305746	305770	FULLSIM
3750	5000	$2.29 \times 10^{-4}$	$2.29 \times 10^{-4}$	29000	30000	305747	305771	FULLSIM
4000	5000	$1.38 \times 10^{-4}$	$1.38 \times 10^{-4}$	30000	30000	305748	305772	FULLSIM

## Приложение Б

**Проверка моделирования сигнальных наборов  
данных**

Наборы проверочных распределений для  $\Lambda = 5000$  ГэВ и  $m_{l^*} = 250$  ГэВ,  $m_{l^*} = 1000$  ГэВ,  $m_{l^*} = 4000$  ГэВ для канала  $ee^* \rightarrow e\nu W$  показаны в Приложении Б.1, а для канала  $\mu\mu^* \rightarrow \mu\nu W$  – в Приложении Б.2. Проверка проведена на генераторном уровне со статистикой каждого набора, равной  $10^4$  событий.

**Б.1.**  $ee^* \rightarrow e\nu W$ ,  $m_{e^*} = 250, 1000, 4000$  ГэВ,  $\Lambda = 5000$  ГэВ.



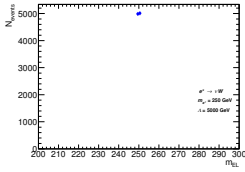


Рис. Б.25.  $m_{e^*}$

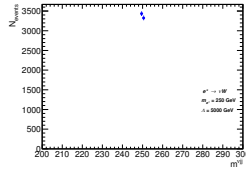


Рис. Б.26.  $m_{\nu jj}$

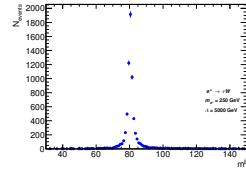


Рис. Б.27.  $m_{jj}$

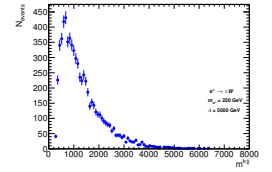


Рис. Б.28.  $m_{e\nu jj}$

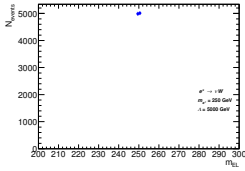


Рис. Б.29.  $m_{e^*}$

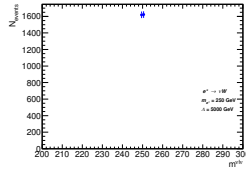


Рис. Б.30.  $m_{\nu jj}$

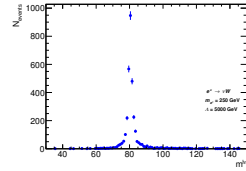


Рис. Б.31.  $m_{jj}$

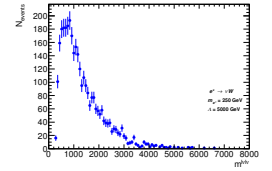


Рис. Б.32.  $m_{e\nu jj}$

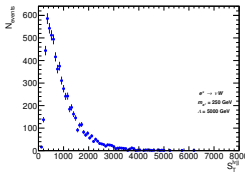


Рис. Б.33.  $S_T (W \rightarrow e \nu)$

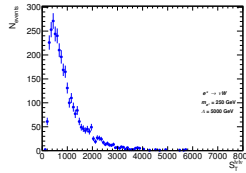


Рис. Б.34.  $S_T (W \rightarrow \mu \nu)$

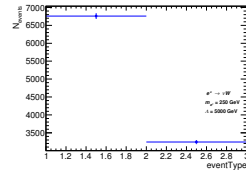
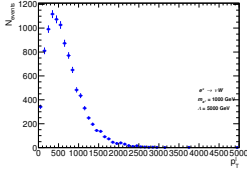
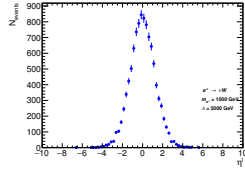
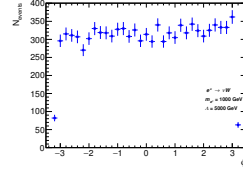
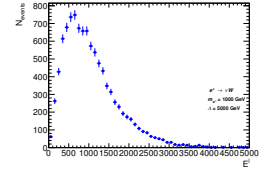
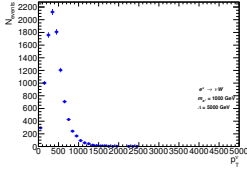
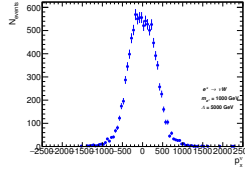
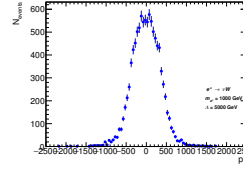
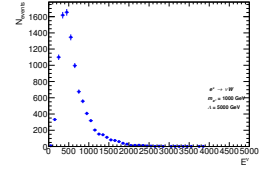
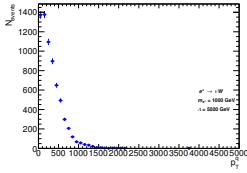
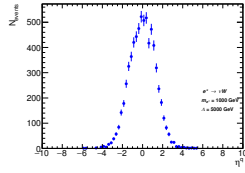
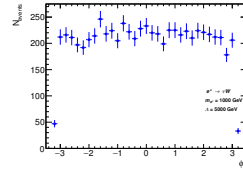
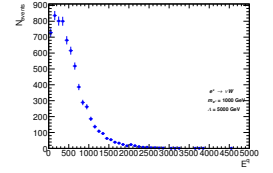
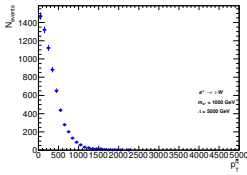
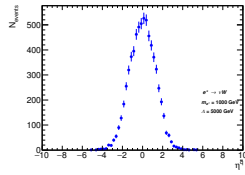
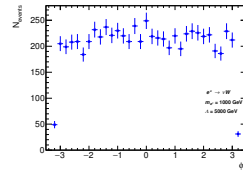
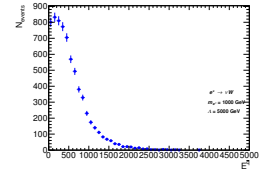
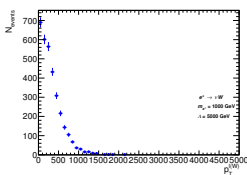
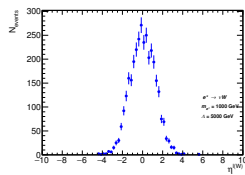
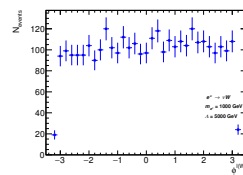
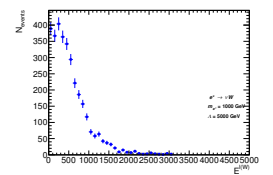
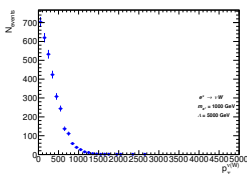
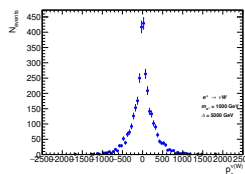
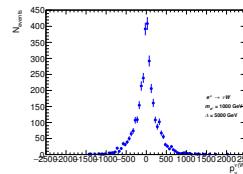
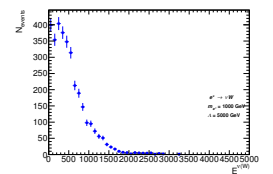


Рис. Б.35. Тип события

**Б.2.**  $\mu\mu^* \rightarrow \mu\nu W$ ,  $m_{\mu^*} = 250, 1000, 4000 \text{ ГэВ}$ ,  $\Lambda = 5000 \text{ ГэВ}$ .

Рис. Б.36.  $e$  (PV)  $p_T$ Рис. Б.37.  $e$  (PV)  $\eta$ Рис. Б.38.  $e$  (PV)  $\phi$ Рис. Б.39.  $e$  (PV)  $E$ Рис. Б.40.  $\nu$  (d.)  $p_T$ Рис. Б.41.  $\nu$  (d.)  $p_x$ Рис. Б.42.  $\nu$  (d.)  $p_y$ Рис. Б.43.  $\nu$  (d.)  $E$ Рис. Б.44.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $p_T$ Рис. Б.45.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\eta$ Рис. Б.46.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\phi$ Рис. Б.47.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $E$ Рис. Б.48.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $p_T$ Рис. Б.49.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\eta$ Рис. Б.50.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\phi$ Рис. Б.51.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $E$ Рис. Б.52.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_T$ Рис. Б.53.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $\eta$ Рис. Б.54.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $\phi$ Рис. Б.55.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $E$ Рис. Б.56.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_T$ Рис. Б.57.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_x$ Рис. Б.58.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_y$ Рис. Б.59.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $E$

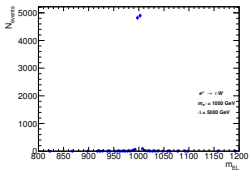


Рис. Б.60.  $m_{e^*}$

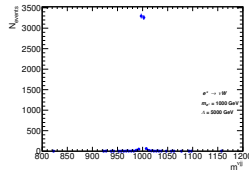


Рис. Б.61.  $m_{\nu jj}$

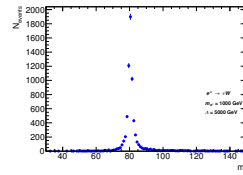


Рис. Б.62.  $m_{jj}$

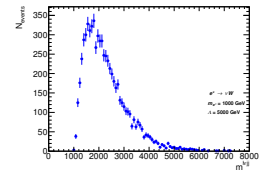


Рис. Б.63.  $m_{e\nu jj}$

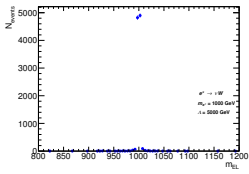


Рис. Б.64.  $m_{e^*}$

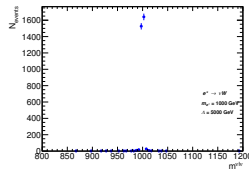


Рис. Б.65.  $m_{\nu l\nu}$

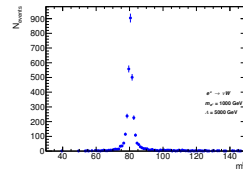


Рис. Б.66.  $m_{l\nu}$

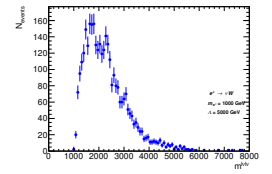


Рис. Б.67.  $m_{e\nu l\nu}$

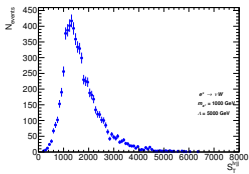


Рис. Б.68.  $S_T$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )

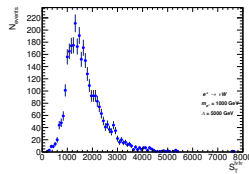


Рис. Б.69.  $S_T$  ( $W \rightarrow l\nu$ )

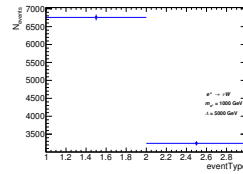
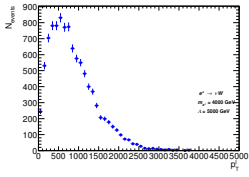
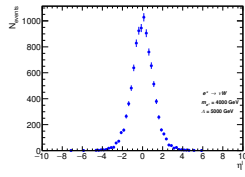
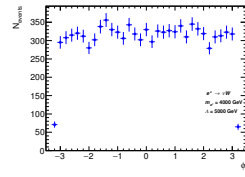
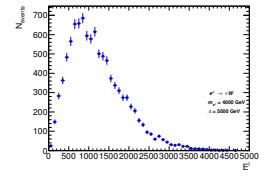
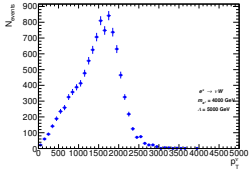
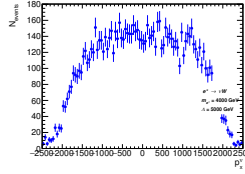
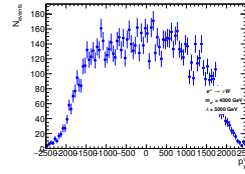
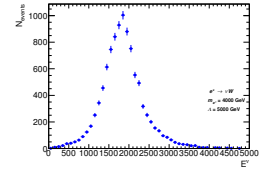
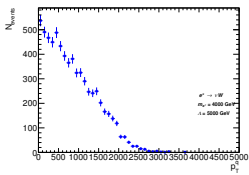
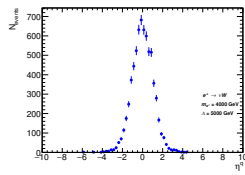
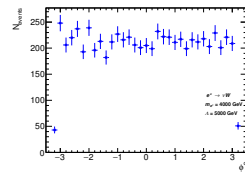
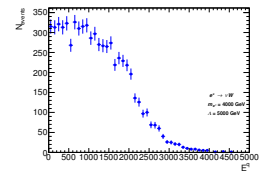
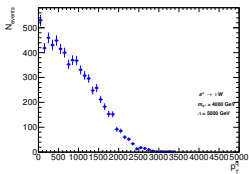
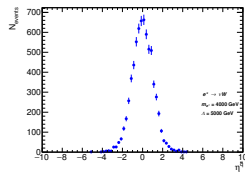
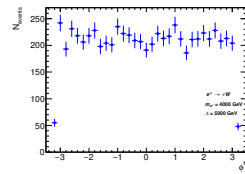
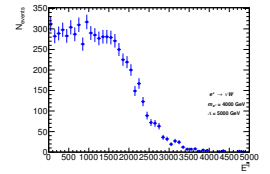
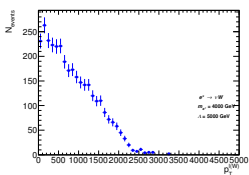
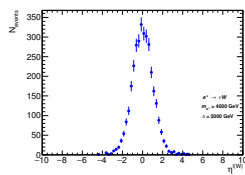
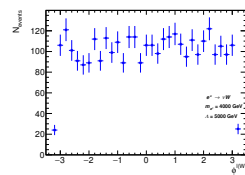
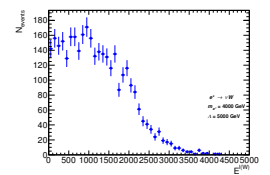
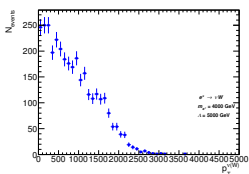
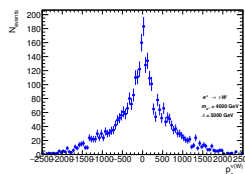
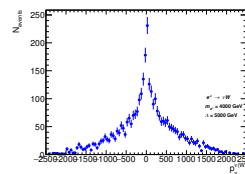
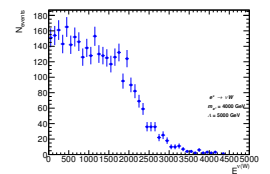


Рис. Б.70. Тип события



Рис. Б.71.  $e$  (PV)  $p_T$ Рис. Б.72.  $e$  (PV)  $\eta$ Рис. Б.73.  $e$  (PV)  $\phi$ Рис. Б.74.  $e$  (PV)  $E$ Рис. Б.75.  $\nu$  (d.)  $p_T$ Рис. Б.76.  $\nu$  (d.)  $p_x$ Рис. Б.77.  $\nu$  (d.)  $p_y$ Рис. Б.78.  $\nu$  (d.)  $E$ Рис. Б.79.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $p_T$ Рис. Б.80.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\eta$ Рис. Б.81.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\phi$ Рис. Б.82.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $E$ Рис. Б.83.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $p_T$ Рис. Б.84.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\eta$ Рис. Б.85.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\phi$ Рис. Б.86.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $E$ Рис. Б.87.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_T$ Рис. Б.88.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $\eta$ Рис. Б.89.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $\phi$ Рис. Б.90.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $E$ Рис. Б.91.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_T$ Рис. Б.92.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_x$ Рис. Б.93.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_y$ Рис. Б.94.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $E$

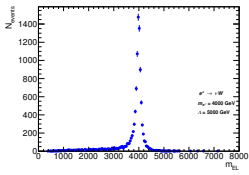


Рис. Б.95.  $m_{e^*}$

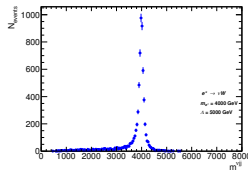


Рис. Б.96.  $m_{\nu jj}$

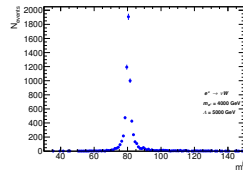


Рис. Б.97.  $m_{jj}$

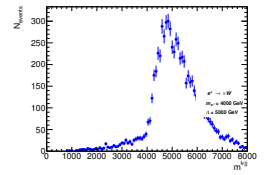


Рис. Б.98.  $m_{e\nu jj}$

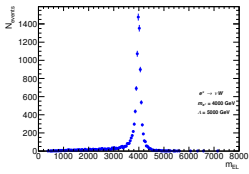


Рис. Б.99.  $m_{e^*}$

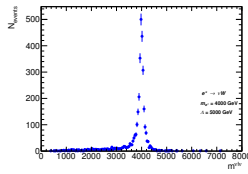


Рис. Б.100.  $m_{\nu l\nu}$

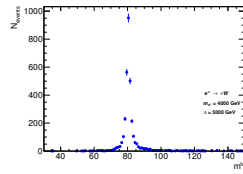


Рис. Б.101.  $m_{l\nu}$

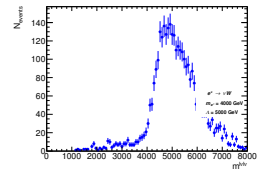


Рис. Б.102.  $m_{e\nu l\nu}$

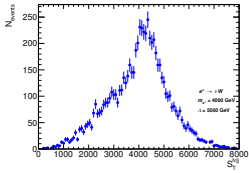


Рис. Б.103.  $S_T$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )

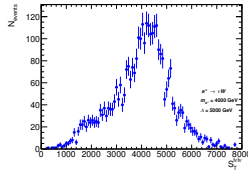


Рис. Б.104.  $S_T$  ( $W \rightarrow l\nu$ )

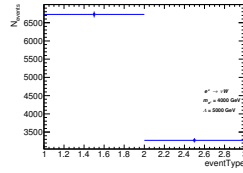
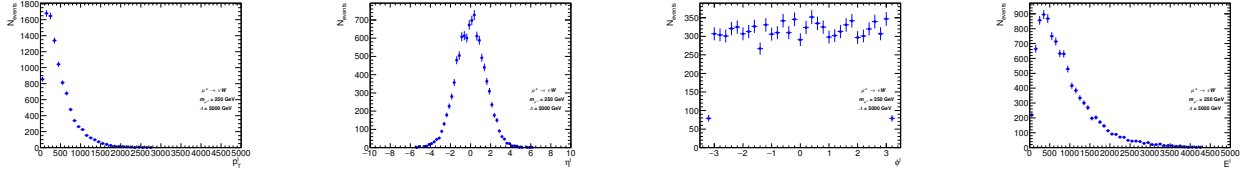
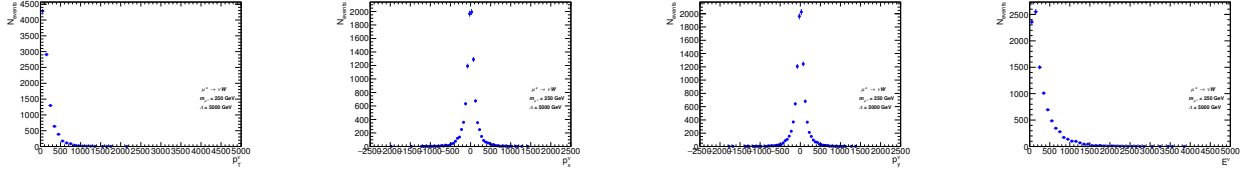
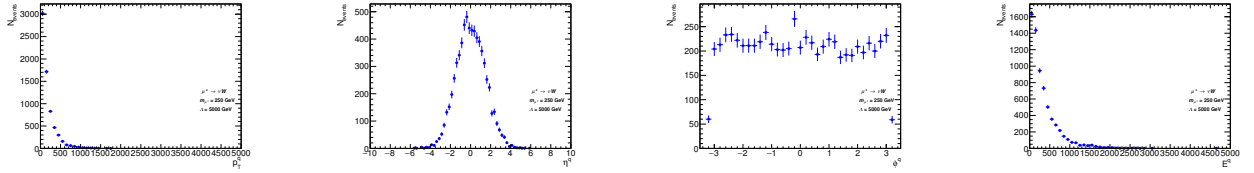
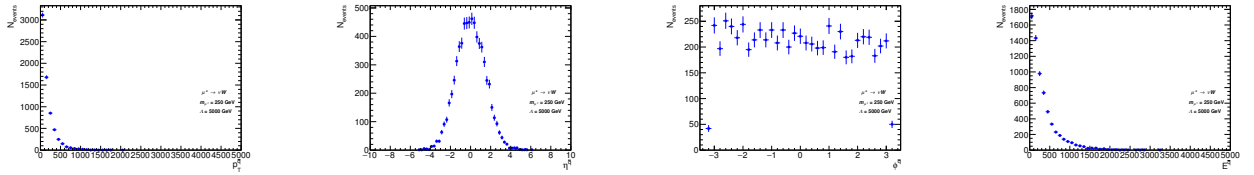
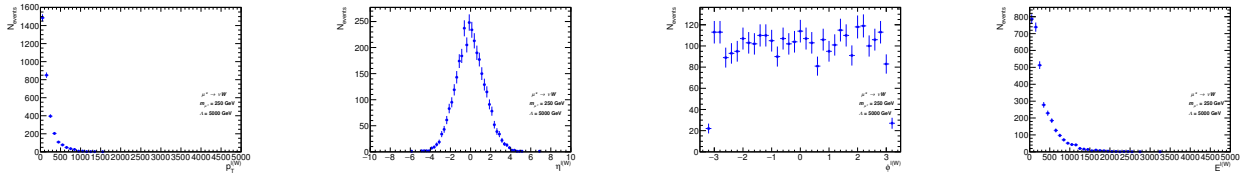
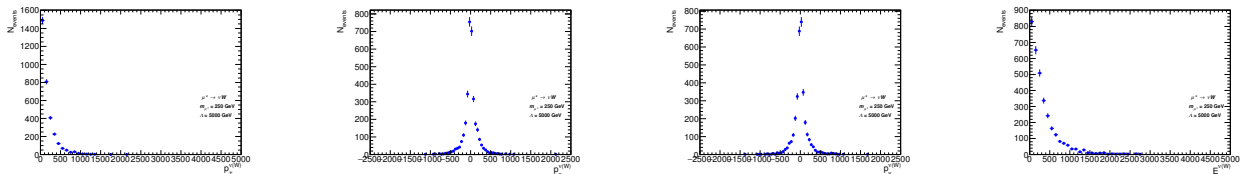


Рис. Б.105. Тип события

Рис. Б.106.  $\mu$  (PV)  $p_T$     Рис. Б.107.  $\mu$  (PV)  $\eta$     Рис. Б.108.  $\mu$  (PV)  $\phi$     Рис. Б.109.  $\mu$  (PV)  $E$ Рис. Б.110.  $\nu$  (d.)  $p_T$     Рис. Б.111.  $\nu$  (d.)  $p_x$     Рис. Б.112.  $\nu$  (d.)  $p_y$     Рис. Б.113.  $\nu$  (d.)  $E$ Рис. Б.114.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $p_T$     Рис. Б.115.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\eta$     Рис. Б.116.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\phi$     Рис. Б.117.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $E$ Рис. Б.118.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $p_T$     Рис. Б.119.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\eta$     Рис. Б.120.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\phi$     Рис. Б.121.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $E$ Рис. Б.122.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_T$     Рис. Б.123.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $\eta$     Рис. Б.124.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $\phi$     Рис. Б.125.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $E$ Рис. Б.126.  $\nu$  ( $W \rightarrow \nu l$ )  $p_T$     Рис. Б.127.  $\nu$  ( $W \rightarrow \nu l$ )  $p_x$     Рис. Б.128.  $\nu$  ( $W \rightarrow \nu l$ )  $p_y$     Рис. Б.129.  $\nu$  ( $W \rightarrow \nu l$ )  $E$

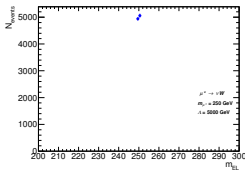


Рис. Б.130.  $m_{\mu^*}$

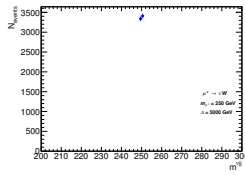


Рис. Б.131.  $m_{\nu jj}$

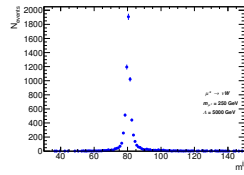


Рис. Б.132.  $m_{jj}$

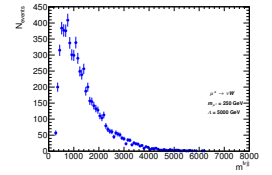


Рис. Б.133.  $m_{\mu\nu jj}$

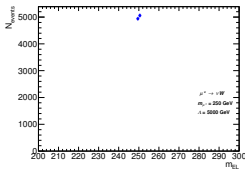


Рис. Б.134.  $m_{\mu^*}$

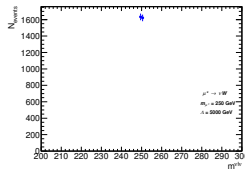


Рис. Б.135.  $m_{\nu l\nu}$

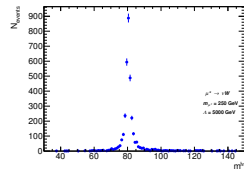


Рис. Б.136.  $m_{l\nu}$

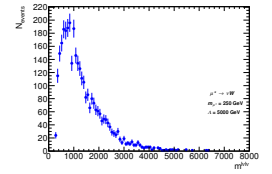


Рис. Б.137.  $m_{\mu\nu l\nu}$

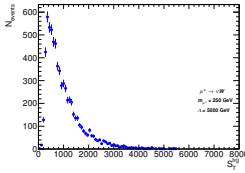


Рис. Б.138.  $S_T$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )

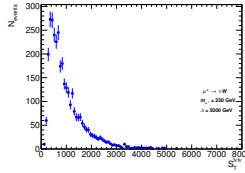


Рис. Б.139.  $S_T$  ( $W \rightarrow l\nu$ )

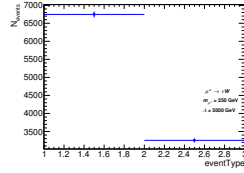


Рис. Б.140. Тип события

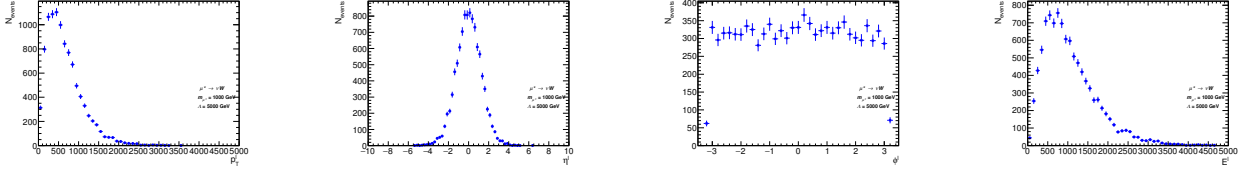


Рис. Б.141.  $\mu$  (PV)  $p_T$     Рис. Б.142.  $\mu$  (PV)  $\eta$     Рис. Б.143.  $\mu$  (PV)  $\phi$     Рис. Б.144.  $\mu$  (PV)  $E$

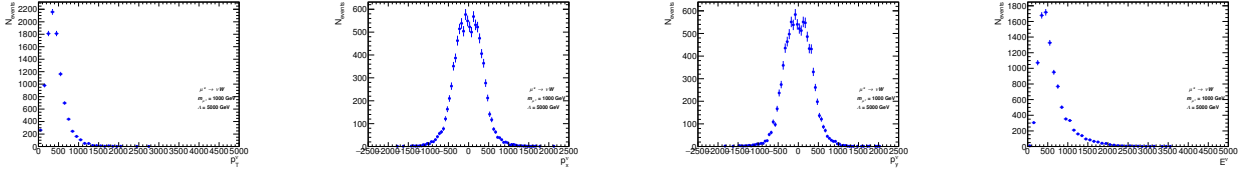


Рис. Б.145.  $\nu$  (d.)  $p_T$     Рис. Б.146.  $\nu$  (d.)  $p_x$     Рис. Б.147.  $\nu$  (d.)  $p_y$     Рис. Б.148.  $\nu$  (d.)  $E$

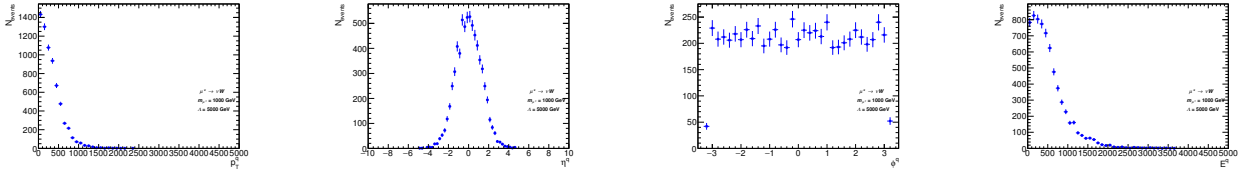


Рис. Б.149.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $p_T$     Рис. Б.150.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\eta$     Рис. Б.151.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\phi$     Рис. Б.152.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $E$

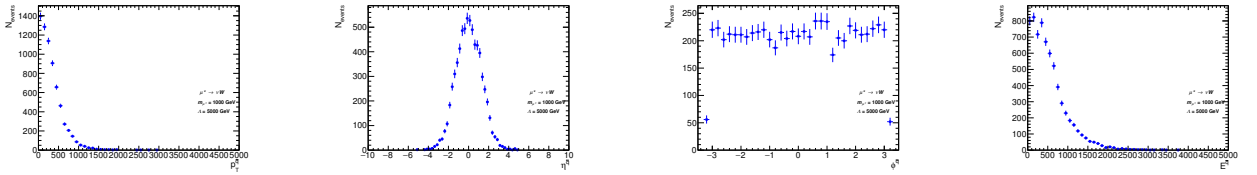


Рис. Б.153.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $p_T$     Рис. Б.154.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\eta$     Рис. Б.155.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\phi$     Рис. Б.156.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $E$

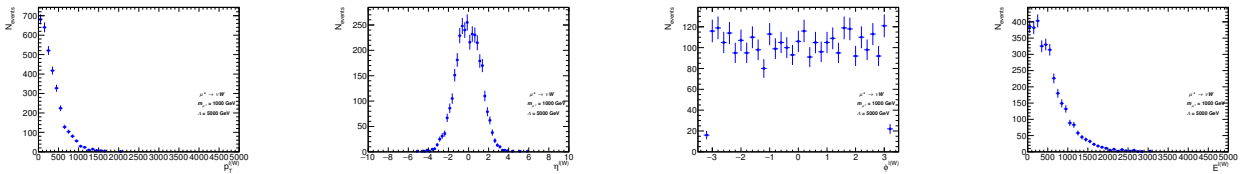


Рис. Б.157.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_T$     Рис. Б.158.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $\eta$     Рис. Б.159.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $\phi$     Рис. Б.160.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $E$

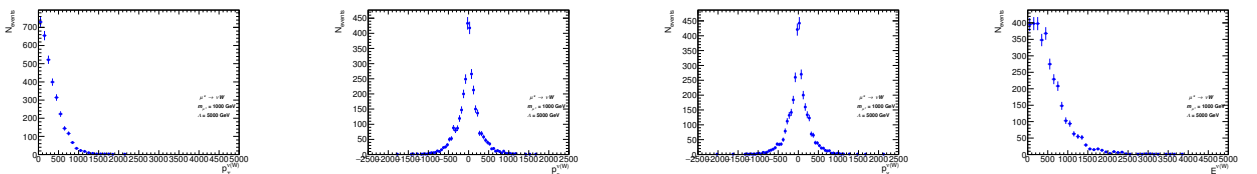


Рис. Б.161.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_T$     Рис. Б.162.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_x$     Рис. Б.163.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_y$     Рис. Б.164.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $E$

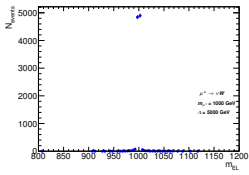


Рис. Б.165.  $m_{\mu^*}$

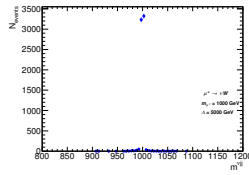


Рис. Б.166.  $m_{\nu jj}$

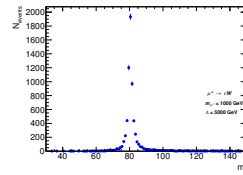


Рис. Б.167.  $m_{jj}$

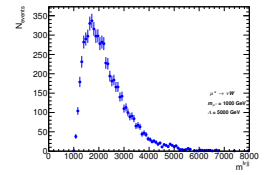


Рис. Б.168.  $m_{\mu\nu jj}$

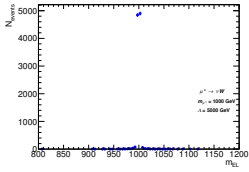


Рис. Б.169.  $m_{\mu^*}$

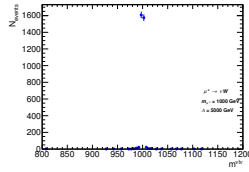


Рис. Б.170.  $m_{\nu l\nu}$

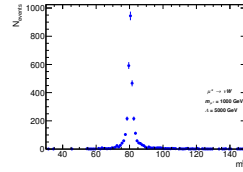


Рис. Б.171.  $m_{l\nu}$

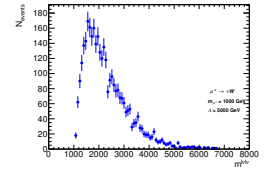


Рис. Б.172.  $m_{\mu\nu l\nu}$

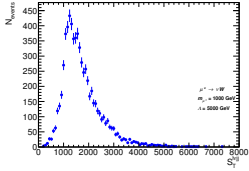


Рис. Б.173.  $S_T$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )

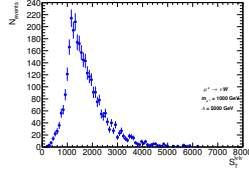


Рис. Б.174.  $S_T$  ( $W \rightarrow l\nu$ )

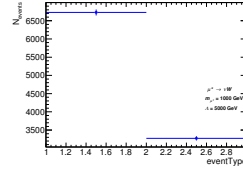


Рис. Б.175. Тип события

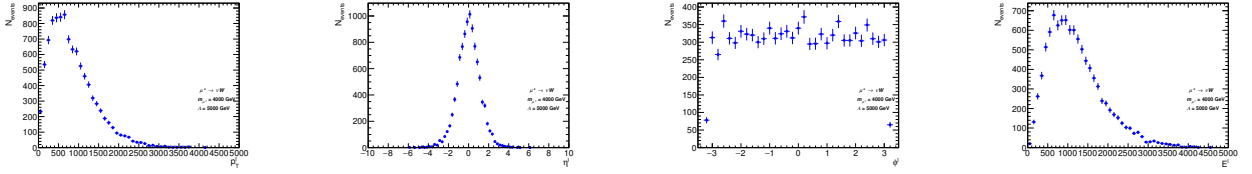


Рис. Б.176.  $\mu$  (PV)  $p_T$     Рис. Б.177.  $\mu$  (PV)  $\eta$     Рис. Б.178.  $\mu$  (PV)  $\phi$     Рис. Б.179.  $\mu$  (PV)  $E$

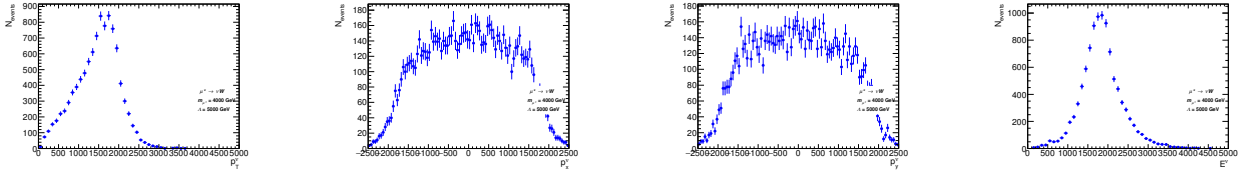


Рис. Б.180.  $\nu$  (d.)  $p_T$     Рис. Б.181.  $\nu$  (d.)  $p_x$     Рис. Б.182.  $\nu$  (d.)  $p_y$     Рис. Б.183.  $\nu$  (d.)  $E$

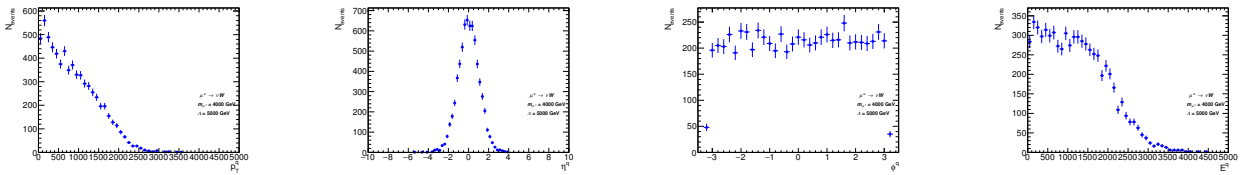


Рис. Б.184.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $p_T$     Рис. Б.185.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\eta$     Рис. Б.186.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\phi$     Рис. Б.187.  $q$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $E$

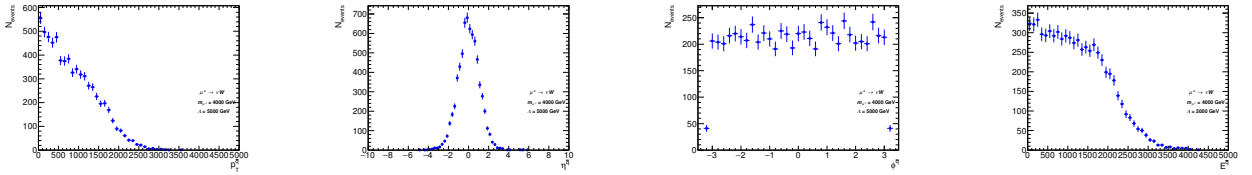


Рис. Б.188.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $p_T$     Рис. Б.189.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\eta$     Рис. Б.190.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $\phi$     Рис. Б.191.  $\bar{q}$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )  $E$

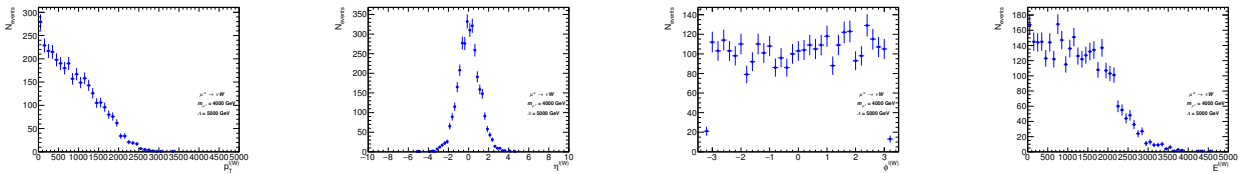


Рис. Б.192.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_T$     Рис. Б.193.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $\eta$     Рис. Б.194.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $\phi$     Рис. Б.195.  $l$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $E$

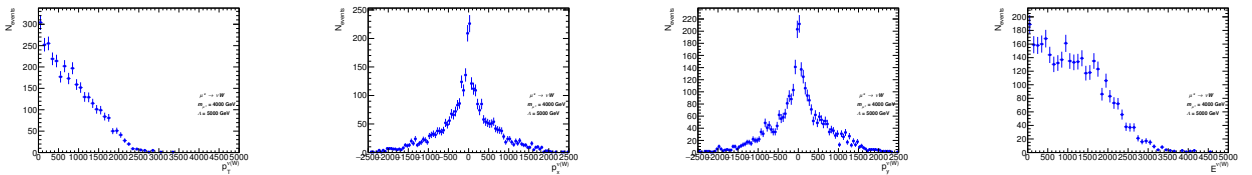


Рис. Б.196.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_T$     Рис. Б.197.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_x$     Рис. Б.198.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $p_y$     Рис. Б.199.  $\nu$  ( $W \rightarrow l\nu$ )  $E$

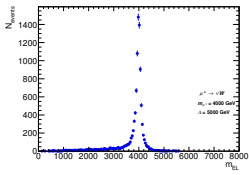


Рис. Б.200.  $m_{\mu^*}$

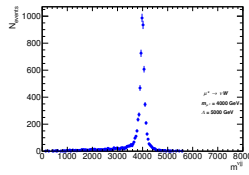


Рис. Б.201.  $m_{\nu jj}$

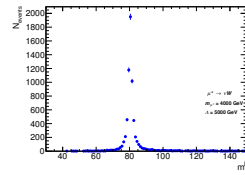


Рис. Б.202.  $m_{jj}$

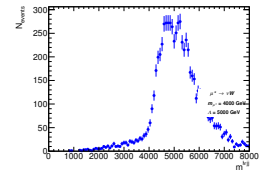


Рис. Б.203.  $m_{\mu\nu jj}$

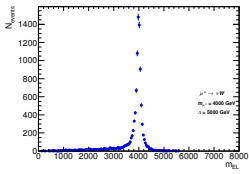


Рис. Б.204.  $m_{\mu^*}$

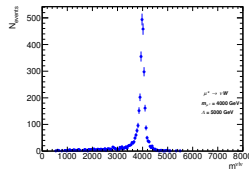


Рис. Б.205.  $m_{\nu l\nu}$

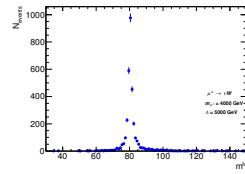


Рис. Б.206.  $m_{l\nu}$

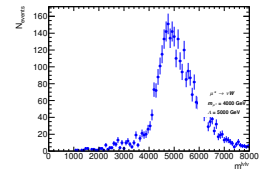


Рис. Б.207.  $m_{\mu\nu l\nu}$

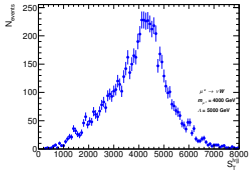


Рис. Б.208.  $S_T$  ( $W \rightarrow q\bar{q}$ )

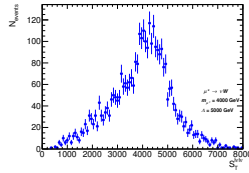


Рис. Б.209.  $S_T$  ( $W \rightarrow l\nu$ )

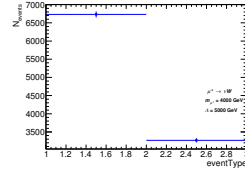


Рис. Б.210. Тип события



## Приложение В

**Наборы данных для фоновых процессов в  
поиске возбужденных электронов**

Процессы  $W + \text{jets}$  и  $Z/\gamma^* + \text{jets}$  (Таблицы В.1-В.4) были смоделированы с наложением фильтров на партонном уровне, которые отбирали либо только события с партонами  $u(\bar{u})$ ,  $d(\bar{d})$ ,  $s(\bar{s})$ ,  $g$  (*light* фильтр), либо с как минимум одним  $c(\bar{c})$  партоном и ни одного  $b(\bar{b})$  партона ( $c$  фильтр), либо с как минимум одним  $b(\bar{b})$  партоном ( $b$  фильтр). В наборах данных для процесса  $t\bar{t}$  (Таблица В.5), на уровне генератора к событиям применялись фильтры, требующие, чтобы как минимум один  $t$ -кварк или оба распадались в лептонном канале (*nonallhad*).

Таблица В.1. Смоделированные наборы данных для фоновых процессов рождения  $W(\rightarrow e\nu) + \text{jets}$  (FULLSIM).

Процесс	$\max\{H_T, p_T^{e\nu}\}$ [ГэВ]	$\sigma$ [пб]	$k_F$	$\epsilon_{\text{gen}}$	$N_{MC}$	DSID
$W(\rightarrow e\nu) + \text{light}$	0 – 70	19.127	0.9702	0.82447	24740000	364170
$W(\rightarrow e\nu) + c$		19.13	0.9702	0.1303	9853500	364171
$W(\rightarrow e\nu) + b$		19.135	0.9702	0.044141	17242400	364172
$W(\rightarrow e\nu) + \text{light}$	70 – 140	0.94258	0.9702	0.66872	14660500	364173
$W(\rightarrow e\nu) + c$		0.94567	0.9702	0.22787	9818400	364174
$W(\rightarrow e\nu) + b$		0.94515	0.9702	0.10341	9801900	364175
$W(\rightarrow e\nu) + \text{light}$	140 – 280	0.33981	0.9702	0.59691	9879000	364176
$W(\rightarrow e\nu) + c$		0.33987	0.9702	0.28965	7410000	364177
$W(\rightarrow e\nu) + b$		0.33948	0.9702	0.10898	24677800	364178
$W(\rightarrow e\nu) + \text{light}$	280 – 500	0.072084	0.9702	0.54441	4923800	364179
$W(\rightarrow e\nu) + c$		0.072128	0.9702	0.31675	2963400	364180
$W(\rightarrow e\nu) + b$		0.072113	0.9702	0.13391	2958000	364181
$W(\rightarrow e\nu)$	500 – 1000	0.015224	0.9702	1.0	5916800	364182
$W(\rightarrow e\nu)$	>1000	0.0012334	0.9702	1.0	3947000	364183

Таблица В.2. Смоделированные наборы данных для фоновых процессов рождения  $W(\rightarrow \tau\nu) + \text{jets}$  (FULLSIM).

Процесс	$\max\{H_T, p_T^{e\nu}\}$ [ГэВ]	$\sigma$ [пб]	$k_F$	$\epsilon_{\text{gen}}$	$N_{MC}$	DSID
$W(\tau\nu) + \text{light}$	0 – 70	19.152	0.9702	0.82495	24784000	364184
$W(\tau\nu) + c$		19.153	0.9702	0.12934	9865600	364185
$W(\tau\nu) + b$		19.163	0.9702	0.044594	17273200	364186
$W(\tau\nu) + \text{light}$	70 – 140	0.94765	0.9702	0.67382	14808500	364187
$W(\tau\nu) + c$		0.94673	0.9702	0.22222	9860000	364188
$W(\tau\nu) + b$		0.9433	0.9702	0.10391	9857000	364189
$W(\tau\nu) + \text{light}$	140 – 280	0.33936	0.9702	0.59622	9899000	364190
$W(\tau\nu) + c$		0.33963	0.9702	0.29025	7415000	364191
$W(\tau\nu) + b$		0.33954	0.9702	0.11229	24595900	364192
$W(\tau\nu) + \text{light}$	280 – 500	0.072065	0.9702	0.54569	4931200	364193
$W(\tau\nu) + c$		0.071976	0.9702	0.31648	2956400	364194
$W(\tau\nu) + b$		0.072026	0.9702	0.13426	2954100	364195
$W(\tau\nu)$	500 – 1000	0.015046	0.9702	1.0	5945000	364196
$W(\tau\nu)$	>1000	0.0012339	0.9702	1.0	3946000	364197

Таблица В.3. Смоделированные наборы данных для фоновых процессов рождения  $Z/\gamma^* (\rightarrow ee) + \text{jets}$  (FULLSIM).

Процесс	$\max\{H_T, p_T^{e\nu}\}$ [ГэВ]	$\sigma$ [пб]	$k_F$	$\epsilon_{\text{gen}}$	$N_{MC}$	DSID
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + \text{light}$	0 – 70	1981.8	0.9751	0.82106	7900000	364114
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + c$		1980.8	0.9751	0.11295	4940500	364115
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + b$		1981.7	0.9751	0.063809	7883600	364116
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + \text{light}$	70 – 140	110.50	0.9751	0.69043	5925000	364117
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + c$		110.63	0.9751	0.18382	1972600	364118
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + b$		110.31	0.9751	0.11443	5855000	364119
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + \text{light}$	140 – 280	40.731	0.9751	0.61452	4949000	364120
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + c$		40.670	0.9751	0.23044	2962600	364121
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + b$		40.643	0.9751	0.14966	12330900	364122
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + \text{light}$	280 – 500	8.6743	0.9751	0.56134	1932800	364123
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + c$		8.6711	0.9751	0.26294	988900	364124
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-) + b$		8.6766	0.9751	0.17223	1976850	364125
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-)$	500 – 1000	1.8081	0.9751	1	2973000	364126
$Z/\gamma^*(\rightarrow e^+e^-)$	>1000	0.14857	0.9751	1	988000	364127

Таблица В.4. Смоделированные наборы данных для фоновых процессов рождения  $Z/\gamma^*(\rightarrow\tau\tau) + \text{jets}$  (FULLSIM).

Процесс	$\max\{H_T, p_T^{e\nu}\} [\Gamma\text{эВ}]$	$\sigma$ [пб]	$k_F$	$\epsilon_{\text{gen}}$	$N_{MC}$	DSID
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + \text{light}$	0 – 70	1981.6	0.9751	0.82142	7907000	364128
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + c$		1978.8	0.9751	0.11314	4941000	364129
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + b$		1981.8	0.9751	0.064453	7890600	364130
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + \text{light}$	70 – 140	110.37	0.9751	0.68883	5935500	364131
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + c$		110.51	0.9751	0.18290	1961200	364132
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + b$		110.87	0.9751	0.12827	5912550	364133
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + \text{light}$	140 – 280	40.781	0.9751	0.60821	4956000	364134
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + c$		40.740	0.9751	0.22897	2973000	364135
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + b$		40.761	0.9751	0.13442	4932950	364136
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + \text{light}$	280 – 500	8.5502	0.9751	0.56036	1973000	364137
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + c$		8.6707	0.9751	0.26245	986000	364138
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-) + b$		8.6804	0.9751	0.17313	1974950	364139
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-)$	500 – 1000	1.8096	0.9751	1	2944800	364140
$Z/\gamma^*(\rightarrow\tau^+\tau^-)$	>1000	0.14834	0.9751	1	980000	364141

Таблица В.5. Смоделированные наборы данных для фоновых процессов рождения  $t\bar{t}$  и Single- $t$  (FULLSIM).

Процесс	$\sigma$ [пб]	$k_F$	$\epsilon_{\text{gen}}$	$N_{MC}$	DSID
$t\bar{t} \rightarrow nonallhad$	730.17	1.1391	0.54383	118443000	410501
Single- $t$ ( $t$ -канал), $t$ -кварк	43.739	1.0094	1	9927200	410011
Single- $t$ ( $t$ -канал), $\bar{t}$ -кварк	25.778	1.0193	1	9804800	410012
$Wt$ , $t$ -кварк	34.009	1.054	1	9950800	410013
$Wt$ , $\bar{t}$ -кварк	33.989	1.054	1	9957600	410014
Single- $t$ ( $s$ -канал), $t$ -кварк	2.0517	1.0046	1	997800	410025
Single- $t$ ( $s$ -канал), $\bar{t}$ -кварк	1.2615	1.0215	1	995400	410026

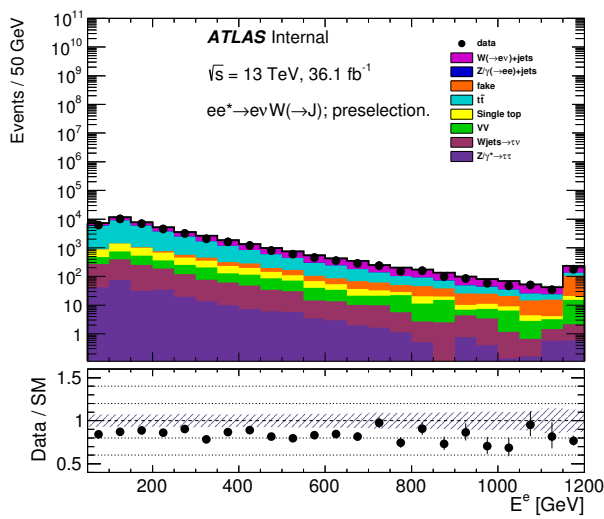
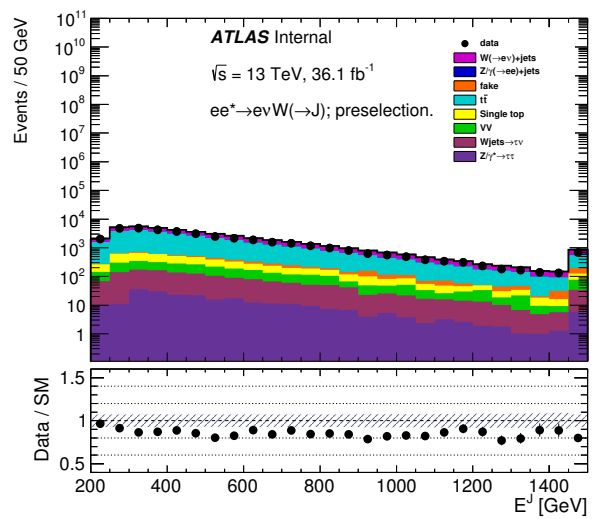
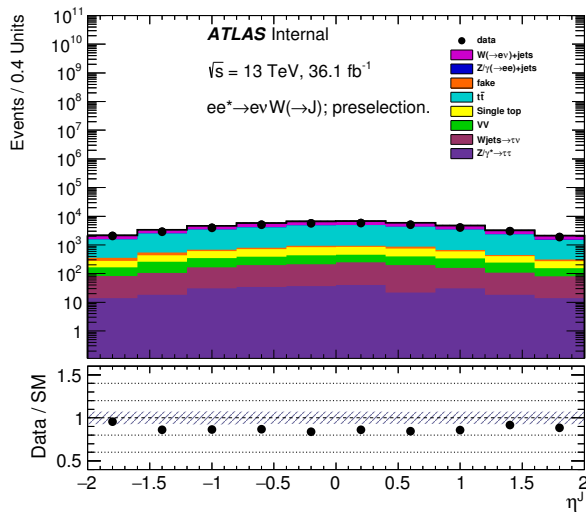
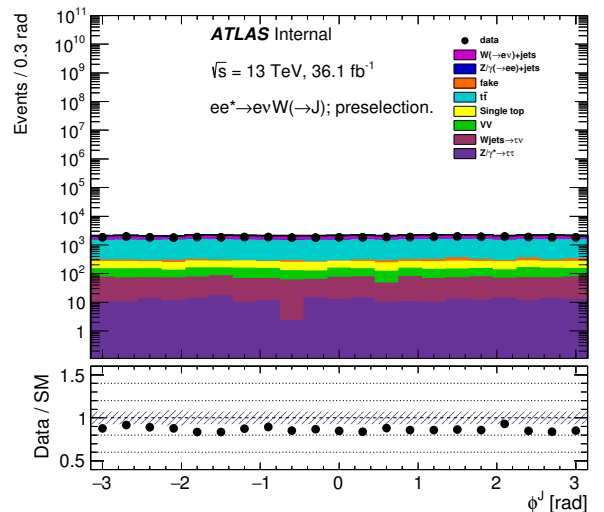
Таблица В.6. Смоделированные наборы данных для фоновых процессов рождения дибозонов (FULLSIM).

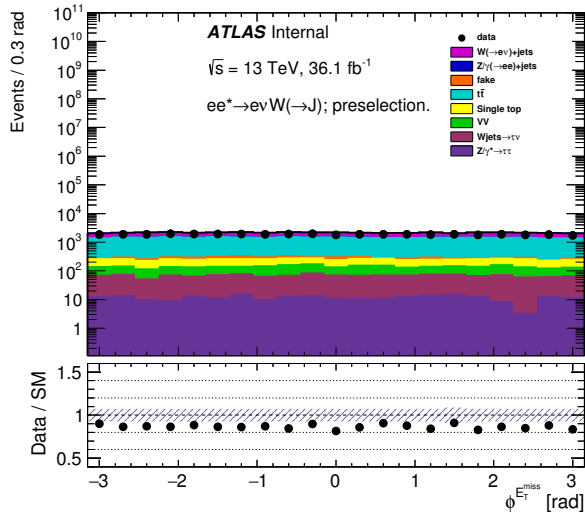
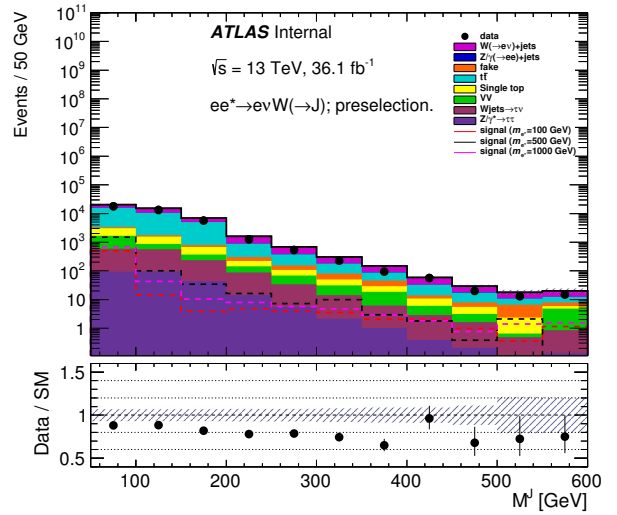
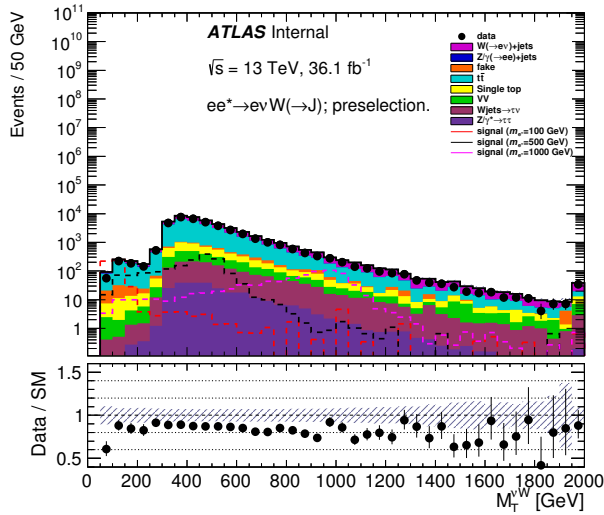
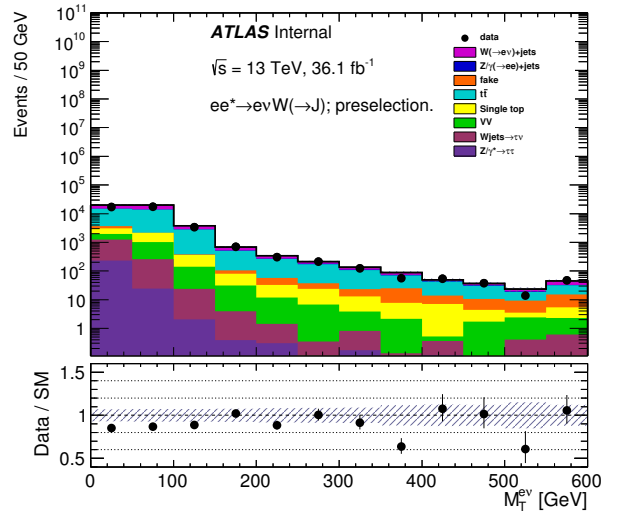
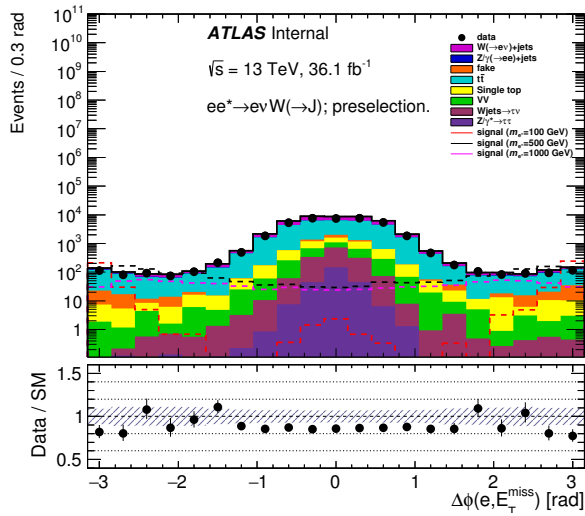
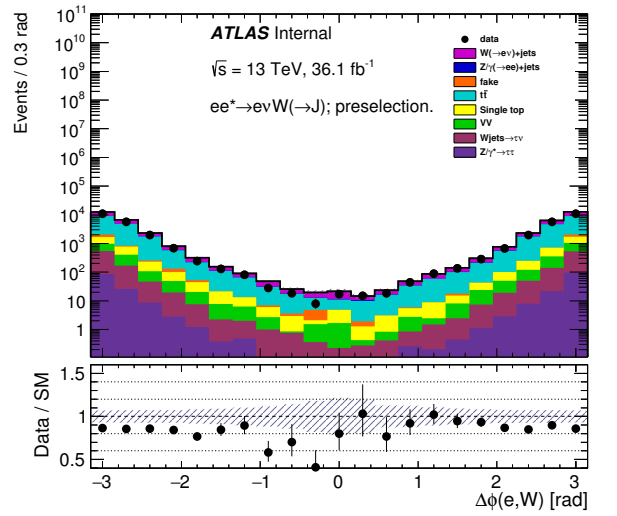
Процесс	$\sigma$ [пб]	$k_F$	$\epsilon_{\text{gen}}$	$N_{MC}$	DSID
$Z(q\bar{q}')Z(\ell\ell)$	15.561	1	0.14089	5317000	363356
$W(q\bar{q}')Z(\ell\ell)$	3.433	1	1	5324000	363358
$W^+(q\bar{q}')W^-(\ell\nu)$	24.71	1	1	7093000	363359
$W^-(q\bar{q}')W^+(\ell\nu)$	24.728	1	1	14224000	363360
$W(\ell\nu)Z(q\bar{q})$	11.42	1	1	7100000	363489

## Приложение Г

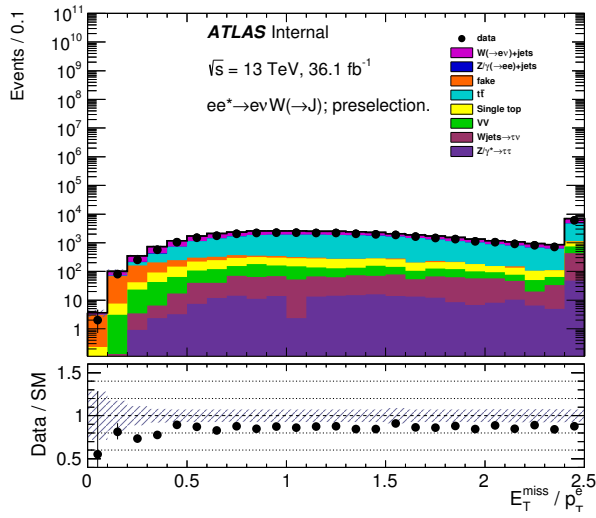
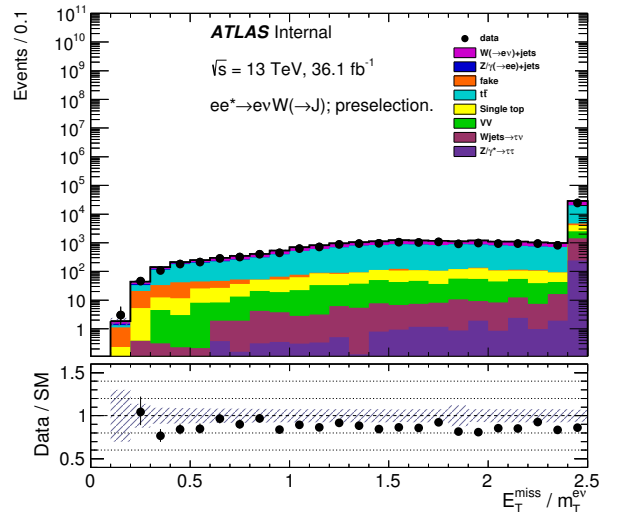
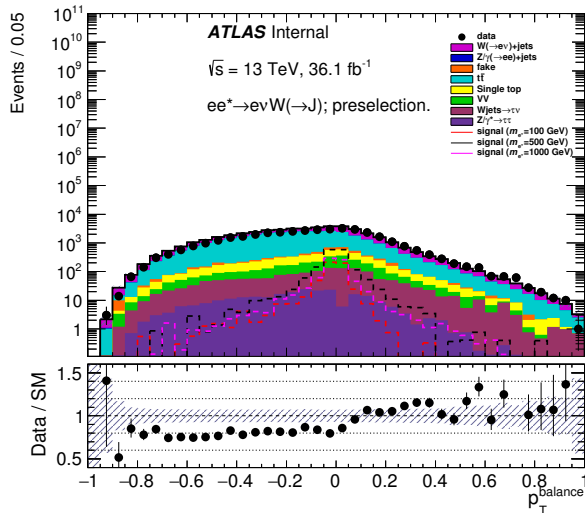
# Спектры кинематических переменных после первичного отбора в поиске возбужденных электронов

На Рисунках Г.1–Г.13 представлены распределения по кинематическим переменным после *первичного* отбора в конечном состоянии  $e\nu J$ .

Рис. Г.1.  $E$  электрона.Рис. Г.2.  $E$  лидирующей струи.Рис. Г.3.  $\eta$  лидирующей струи.Рис. Г.4.  $\phi$  лидирующей струи.

Рис. Г.5.  $\phi E_T^{\text{miss}}$ .Рис. Г.6.  $m_J$ .Рис. Г.7.  $m_T^{\nu J}$ .Рис. Г.8.  $m_T^{e\nu}$ .Рис. Г.9.  $\Delta\varphi(e, E_T^{\text{miss}})$ .Рис. Г.10.  $\Delta\varphi(e, W)$ .

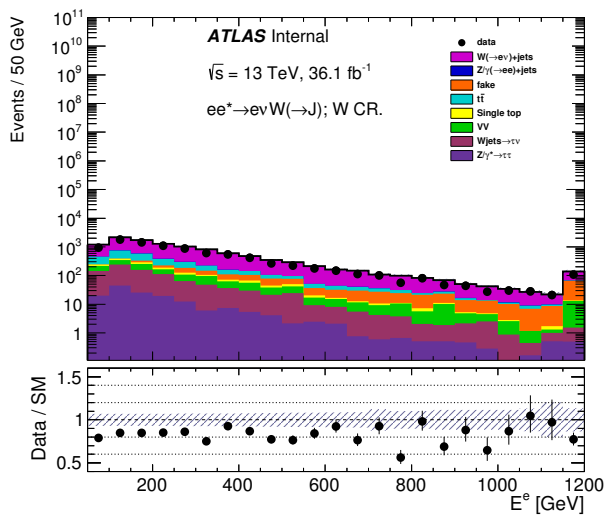
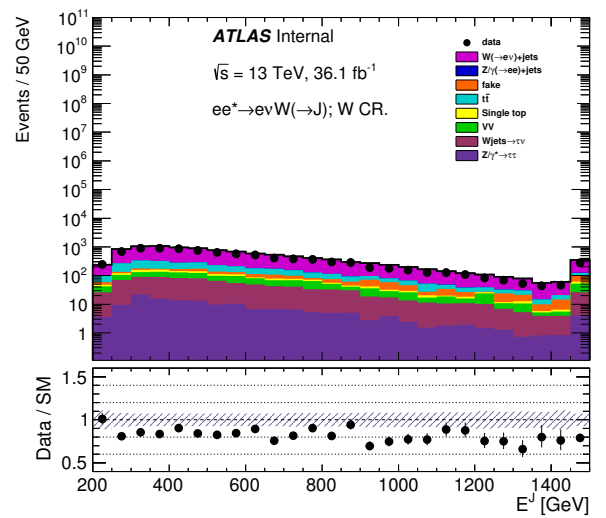
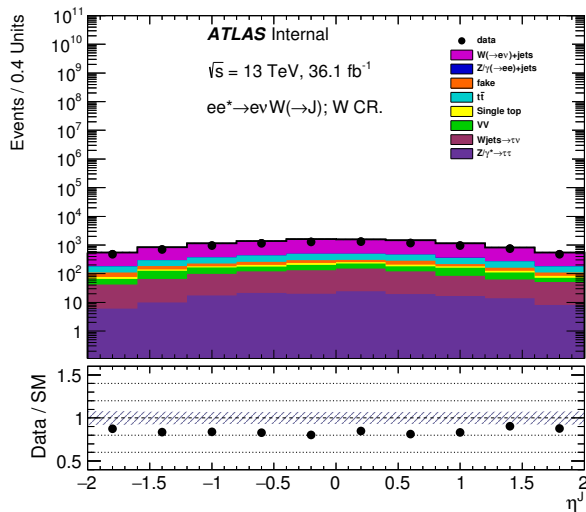
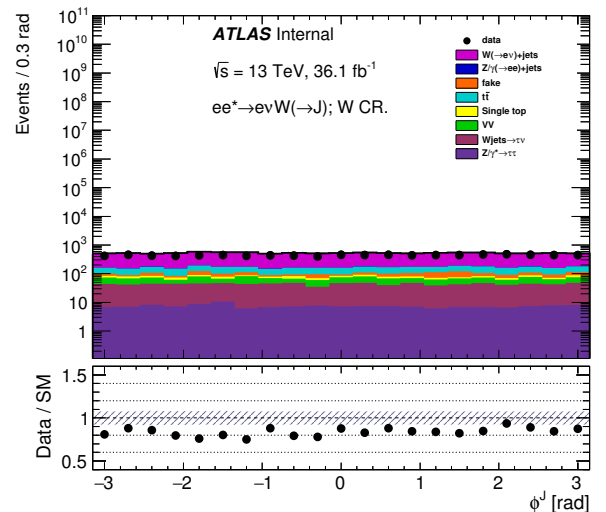


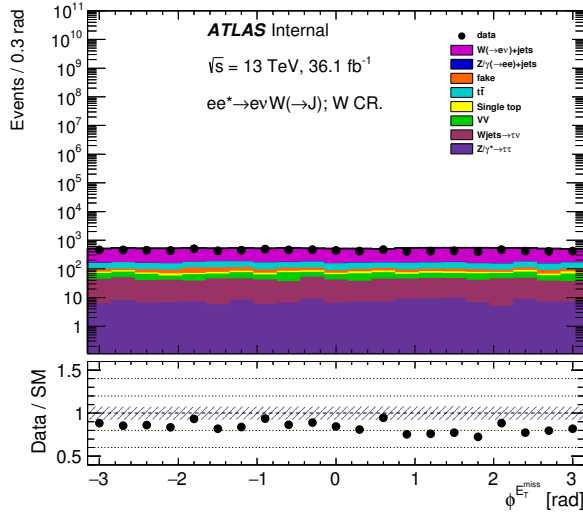
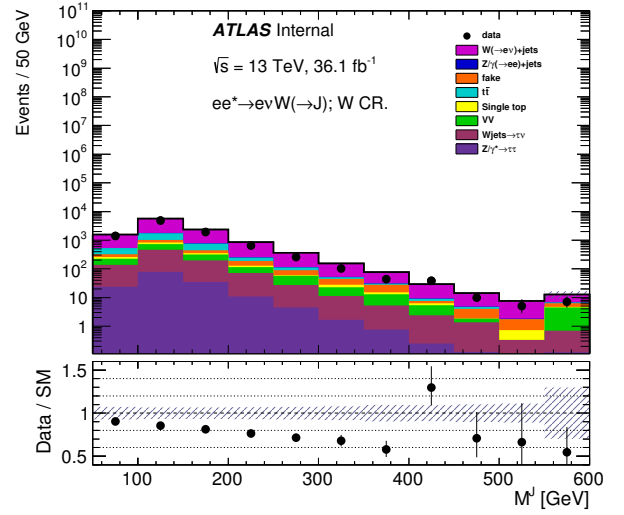
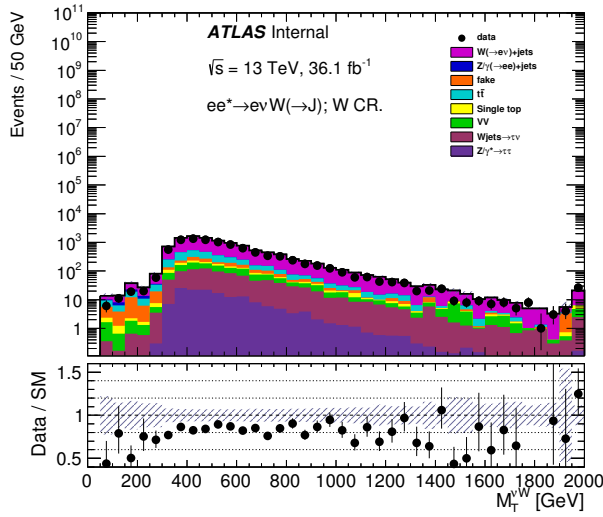
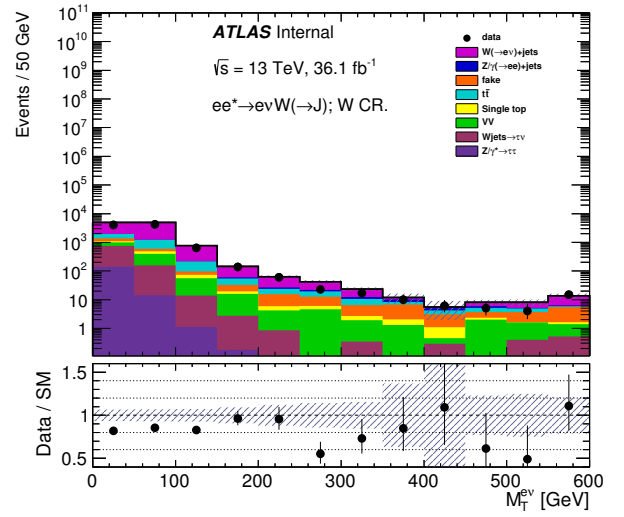
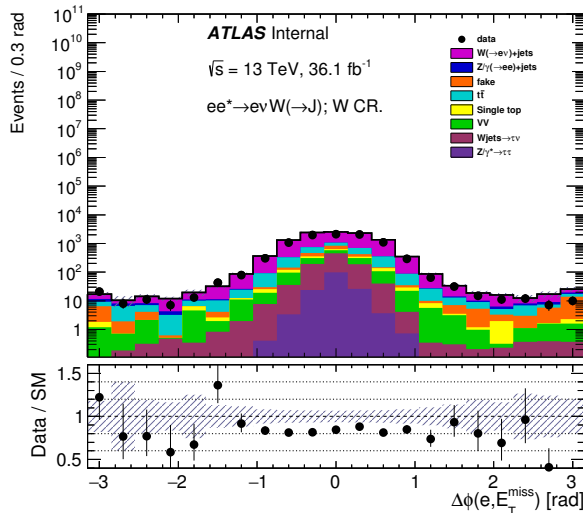
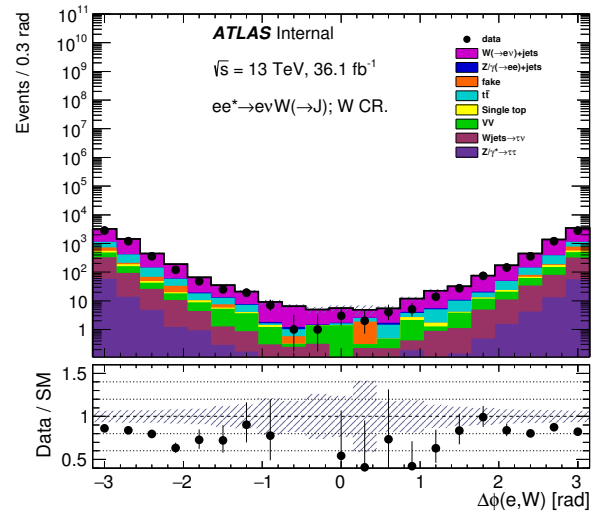
Рис. Г.11.  $E_T^{\text{miss}} / p_T^e$ .Рис. Г.12.  $E_T^{\text{miss}} / m_T^{e\nu}$ .Рис. Г.13.  $p_T^{\text{balance}}$ .

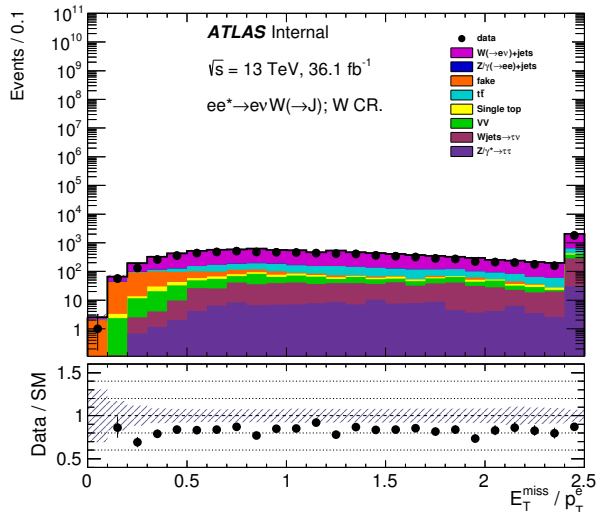
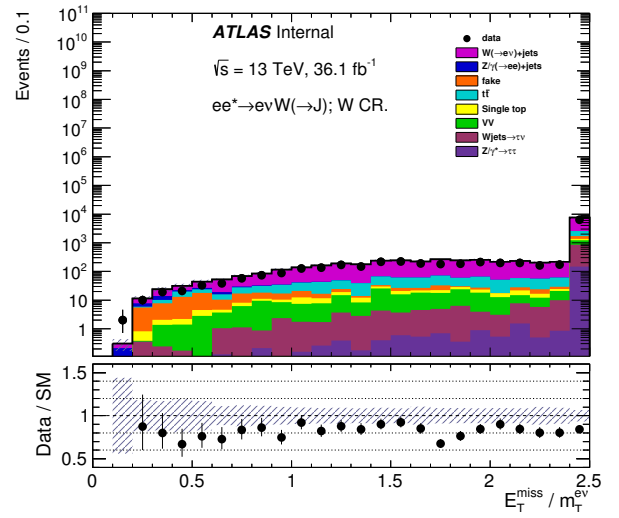
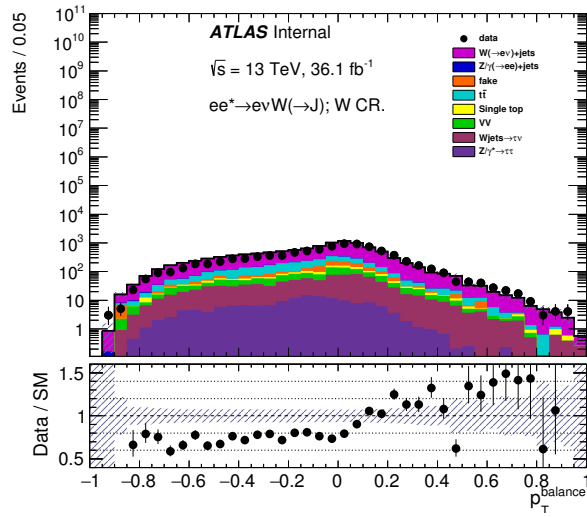
## Приложение Д

# Спектры кинематических переменных в интегральной $W$ CR в поиске возбужденных электронов

На Рисунках Д.1–Д.13 представлены распределения по кинематическим переменным для конечного состояния  $e\nu J$  в интегральной  $W$  CR (Раздел 6.3).

Рис. Д.1.  $E$  электрона.Рис. Д.2.  $E$  лидирующей струи.Рис. Д.3.  $\eta$  лидирующей струи.Рис. Д.4.  $\phi$  лидирующей струи.

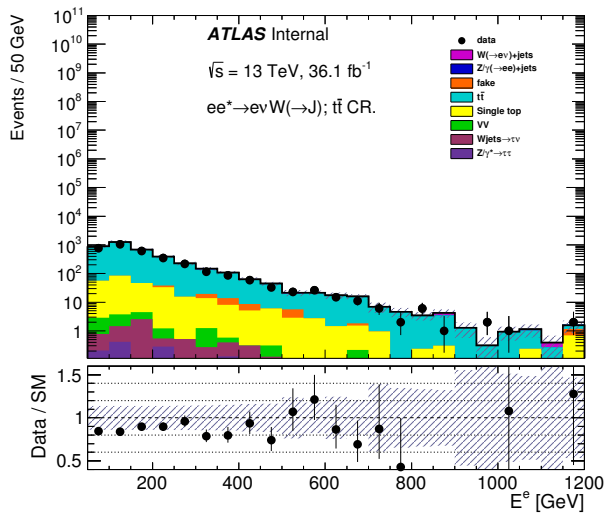
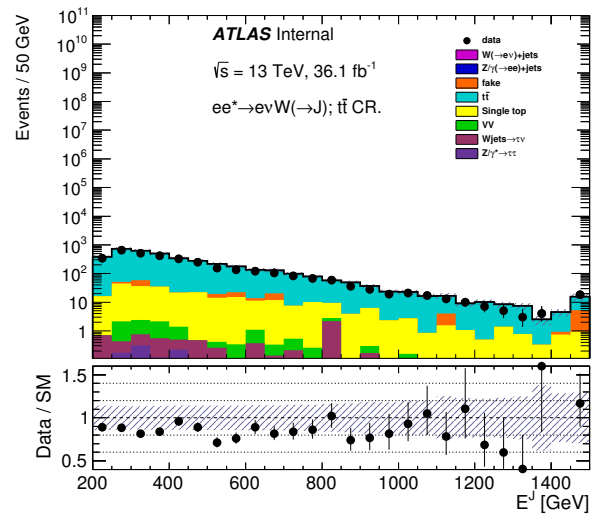
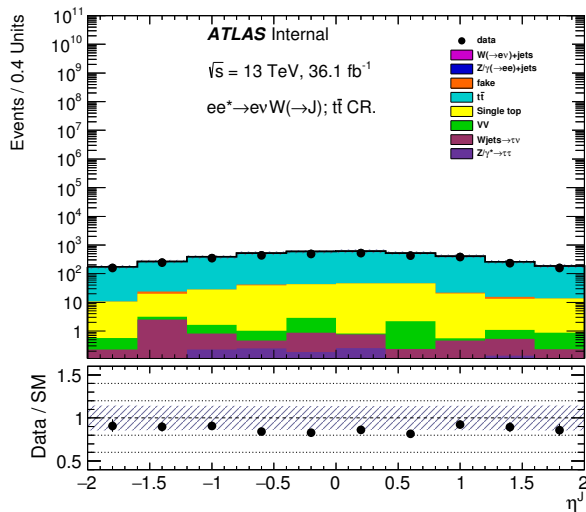
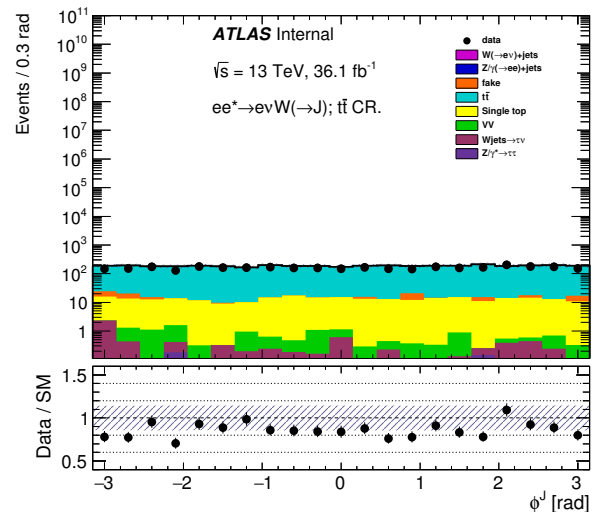
Рис. Д.5.  $\phi E_T^{\text{miss}}$ .Рис. Д.6.  $m_J$ .Рис. Д.7.  $m_T^{\nu J}$ .Рис. Д.8.  $m_T^{e\nu}$ .Рис. Д.9.  $\Delta\phi(e, E_T^{\text{miss}})$ .Рис. Д.10.  $\Delta\phi(e, W)$ .

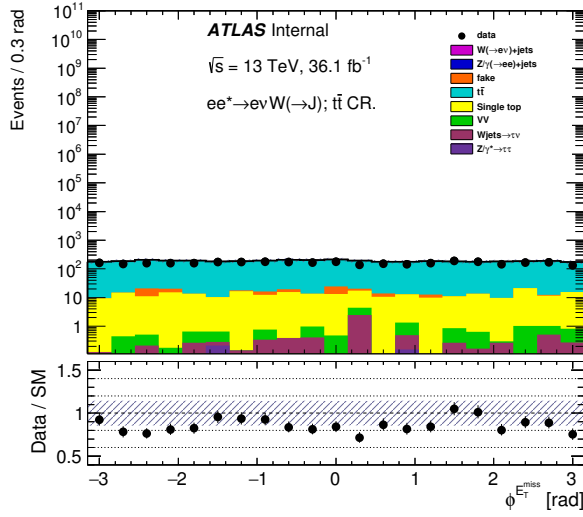
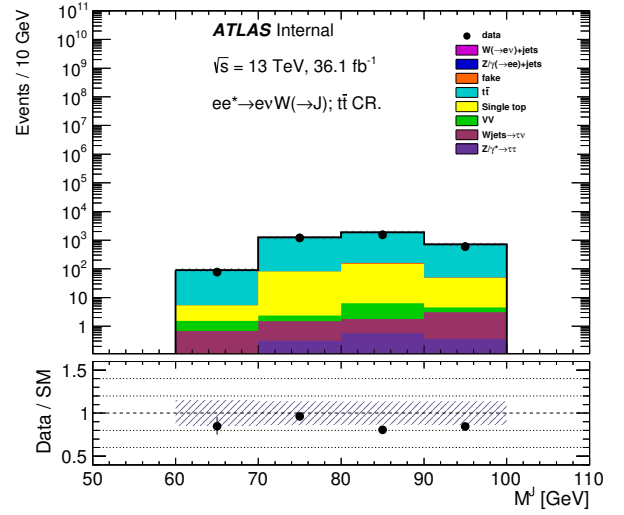
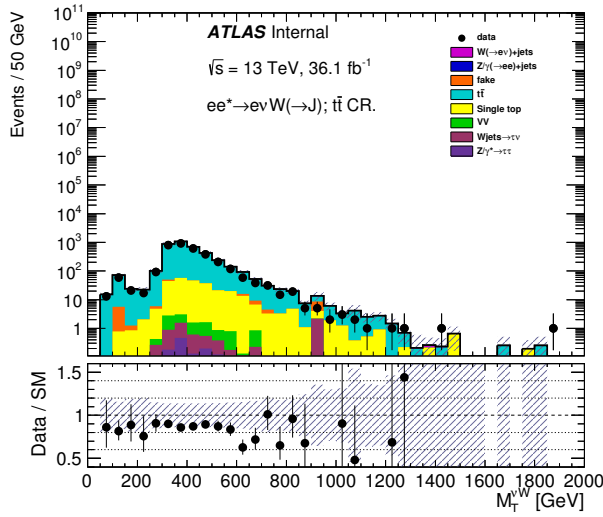
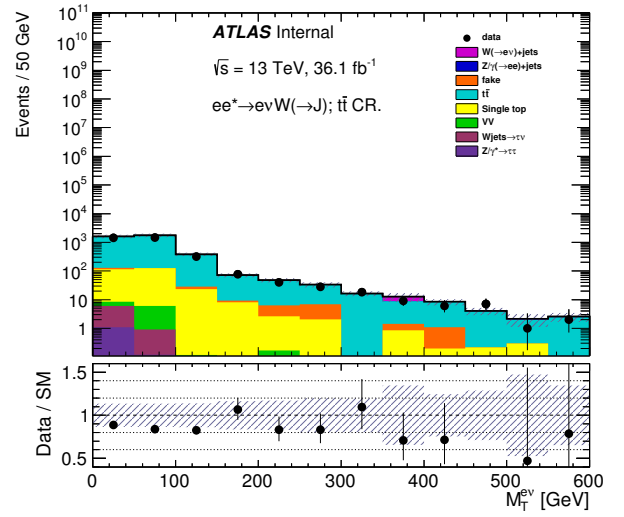
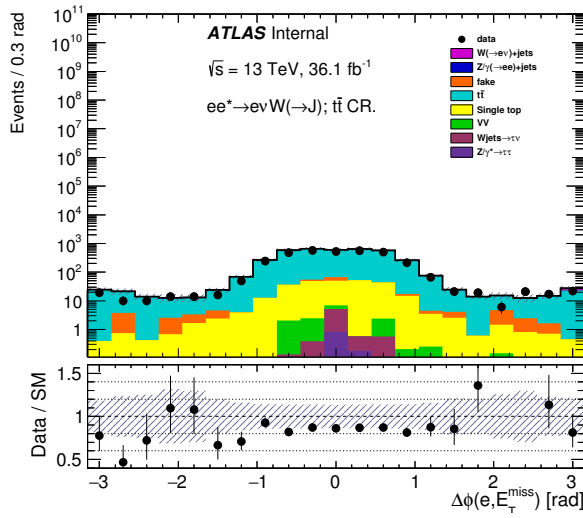
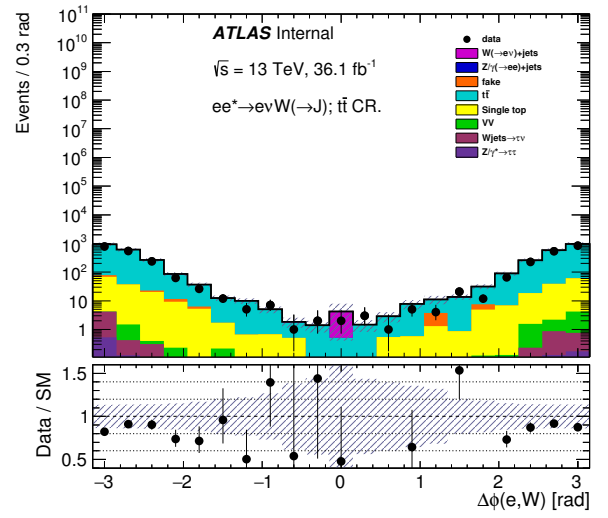
Рис. Д.11.  $E_T^{\text{miss}} / p_T^e$ .Рис. Д.12.  $E_T^{\text{miss}} / m_T^{e\nu}$ .Рис. Д.13.  $p_T^{\text{balance}}$ .

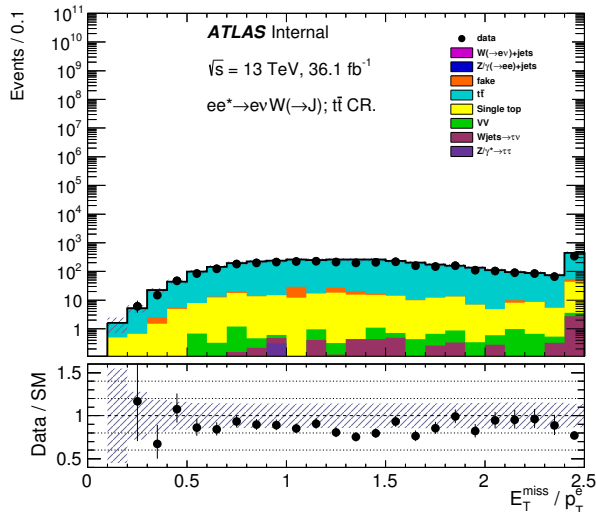
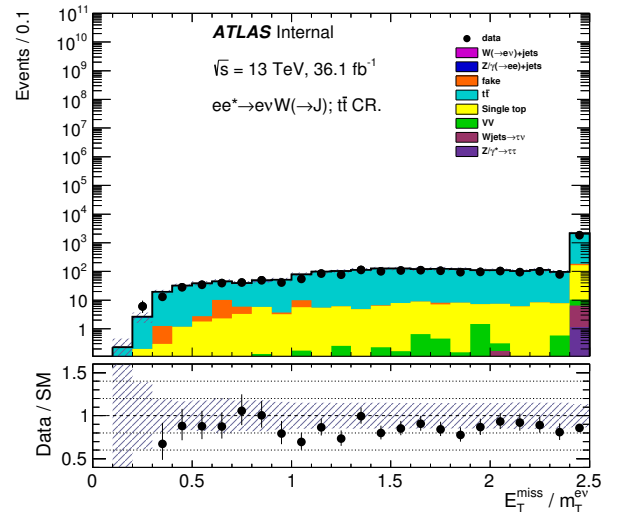
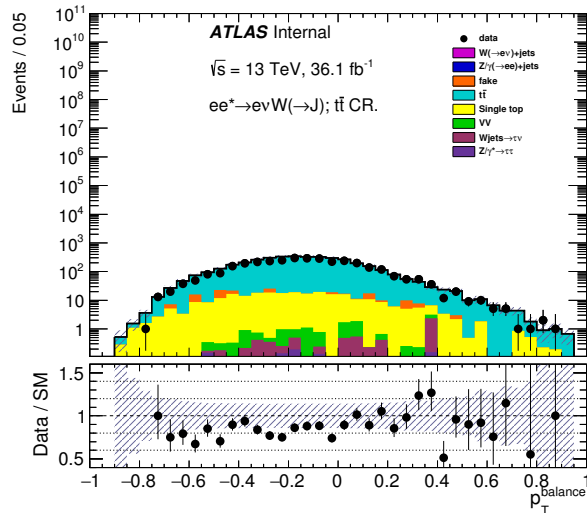
## Приложение Е

# Спектры кинематических переменных в интегральной $t\bar{t}$ CR в поиске возбужденных электронов

На Рисунках Е.1–Е.13 представлены распределения по кинематическим переменным для конечного состояния  $e\nu J$  в интегральной  $t\bar{t}$  CR (Раздел 6.3).

Рис. Е.1.  $E$  электрона.Рис. Е.2.  $E$  лидирующей струи.Рис. Е.3.  $\eta$  лидирующей струи.Рис. Е.4.  $\phi$  лидирующей струи.

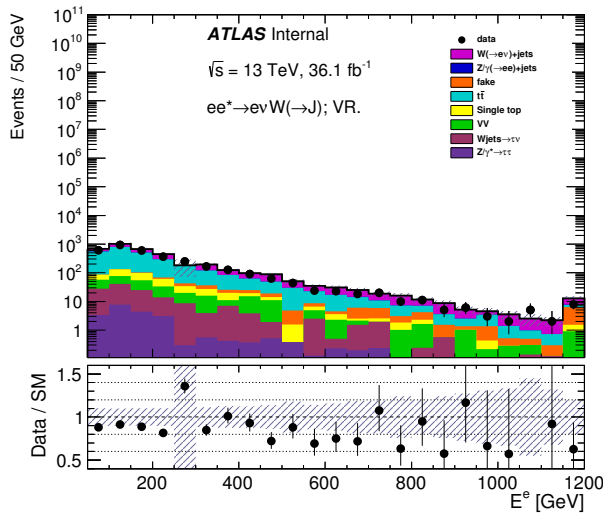
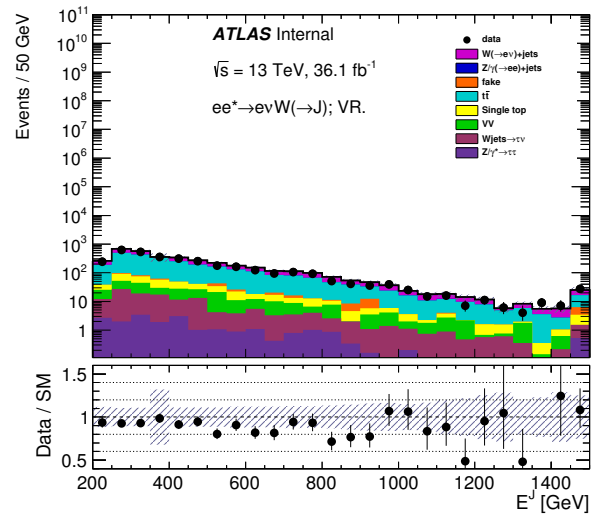
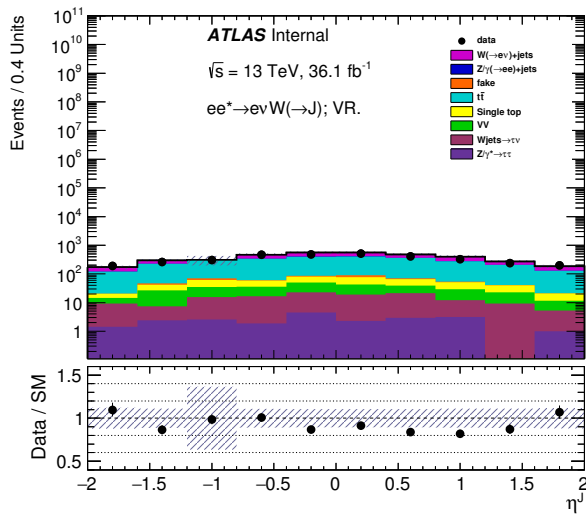
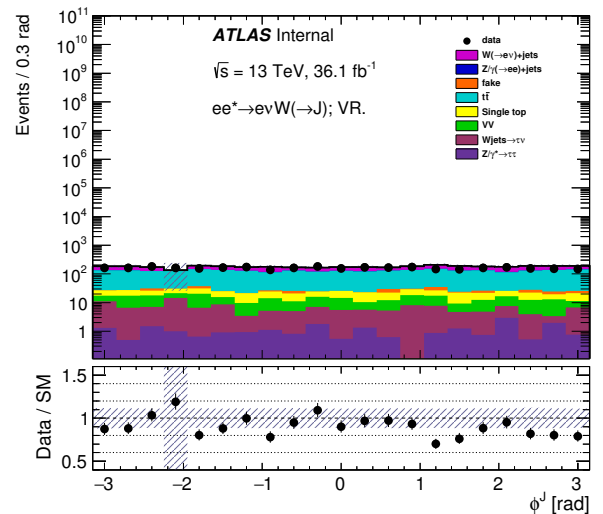
Рис. Е.5.  $\phi E_T^{\text{miss}}$ .Рис. Е.6.  $m_J$ .Рис. Е.7.  $m_T^{\nu J}$ .Рис. Е.8.  $m_T^{e\nu}$ .Рис. Е.9.  $\Delta\phi(e, E_T^{\text{miss}})$ .Рис. Е.10.  $\Delta\phi(e, W)$ .

Рис. Е.11.  $E_T^{\text{miss}} / p_T^e$ .Рис. Е.12.  $E_T^{\text{miss}} / m_T^{e\nu}$ .Рис. Е.13.  $p_T^{\text{balance}}$ .

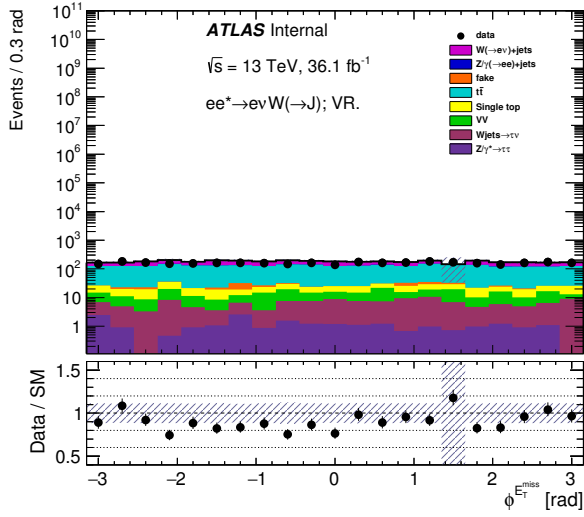
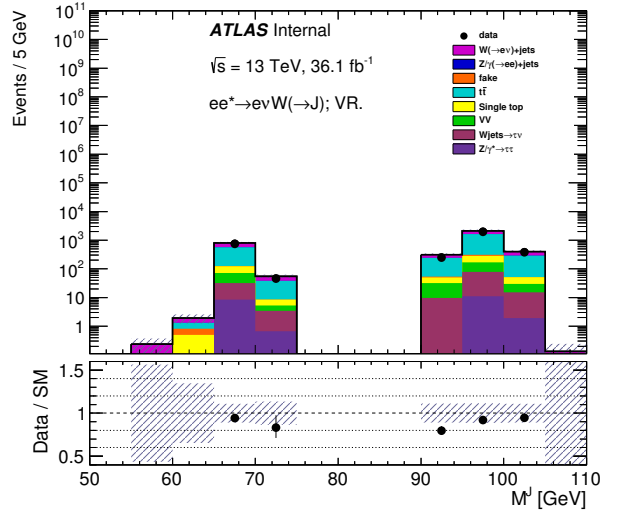
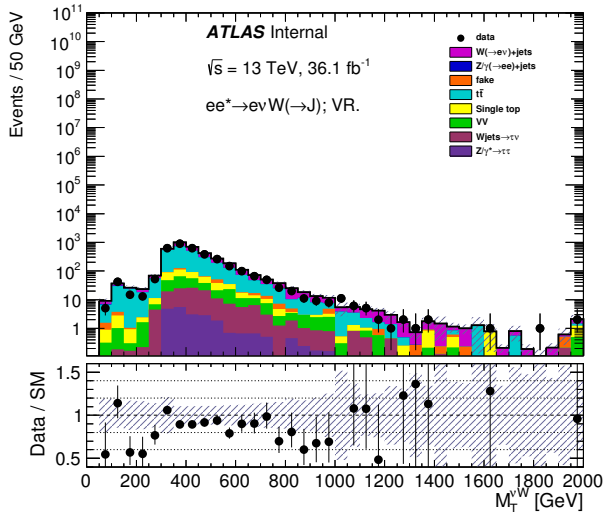
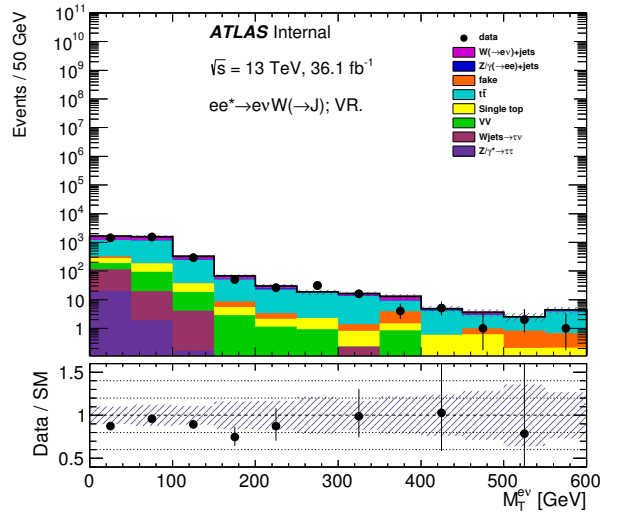
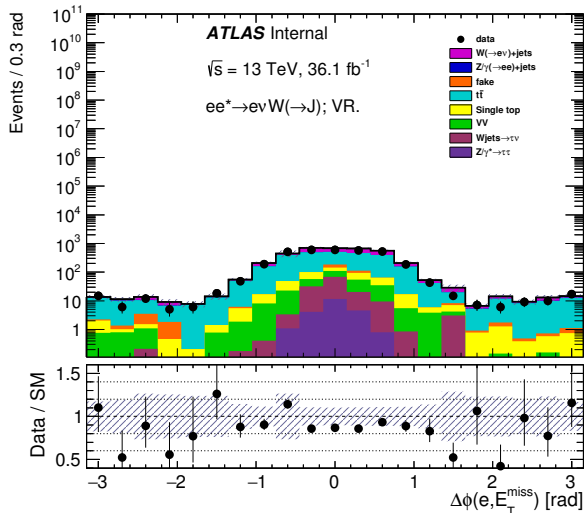
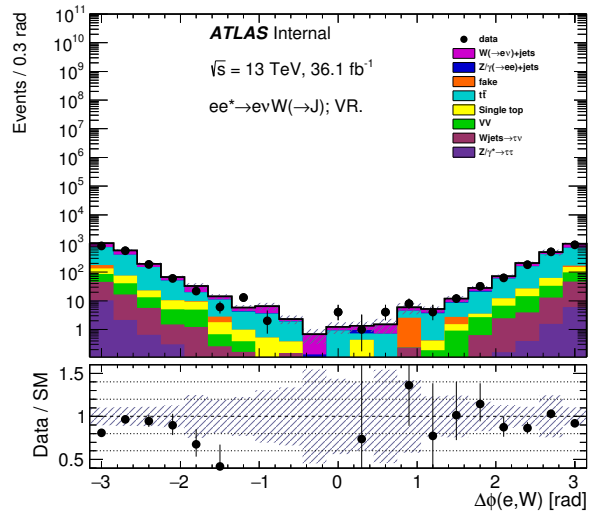
## Приложение Ж

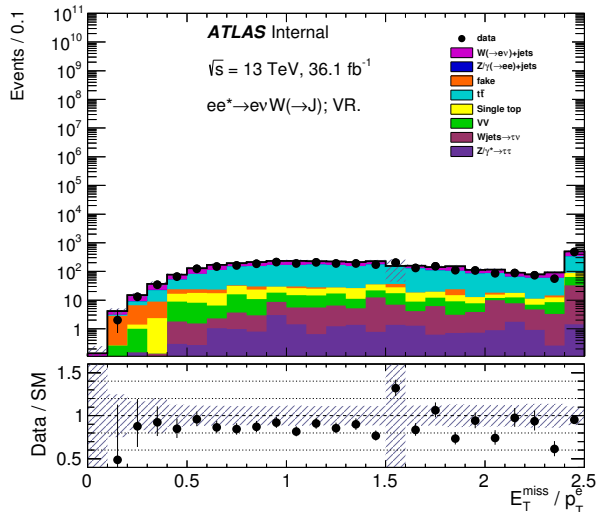
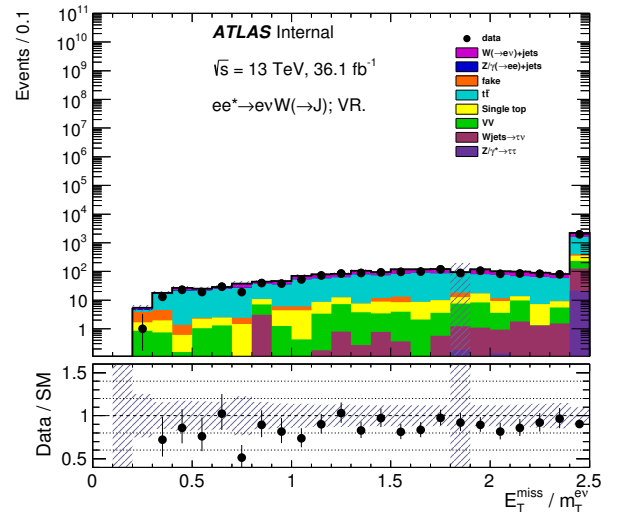
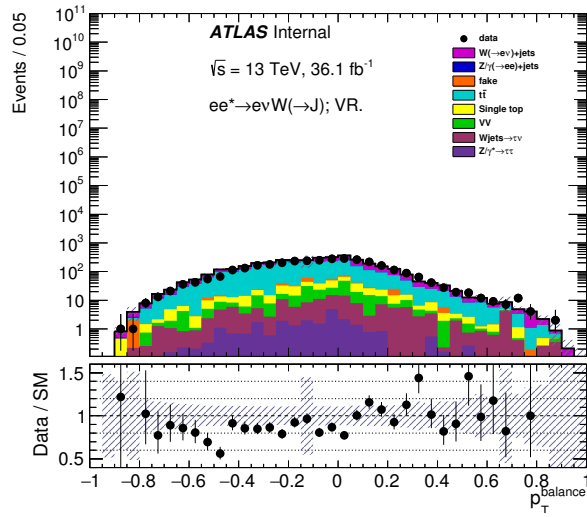
# Спектры кинематических переменных в интегральной $m_J$ VR в поиске возбужденных электронов

На Рисунках Ж.1–Ж.13 показаны распределения по кинематическим переменным в интегральной  $m_J$  VR (Раздел 6.4) в поиске возбужденных электронов в конечном состоянии  $e\nu J$ .

Рис. Ж.1.  $E$  электрона.Рис. Ж.2.  $E$  лидирующей струи.Рис. Ж.3.  $\eta$  лидирующей струи.Рис. Ж.4.  $\phi$  лидирующей струи.



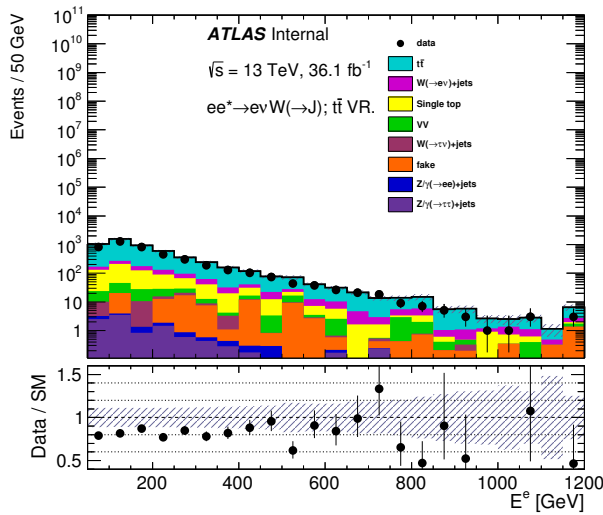
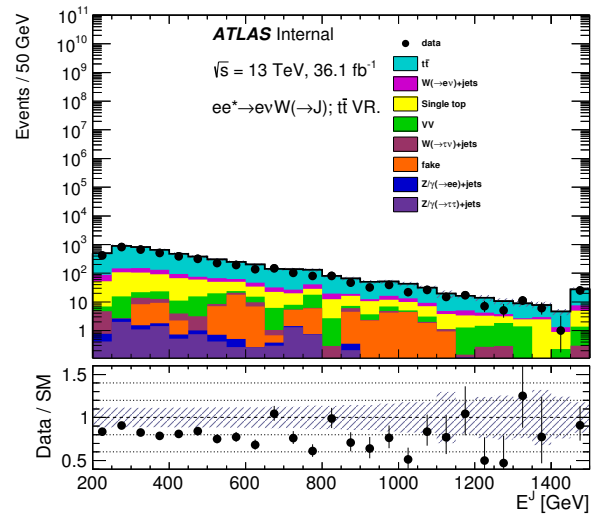
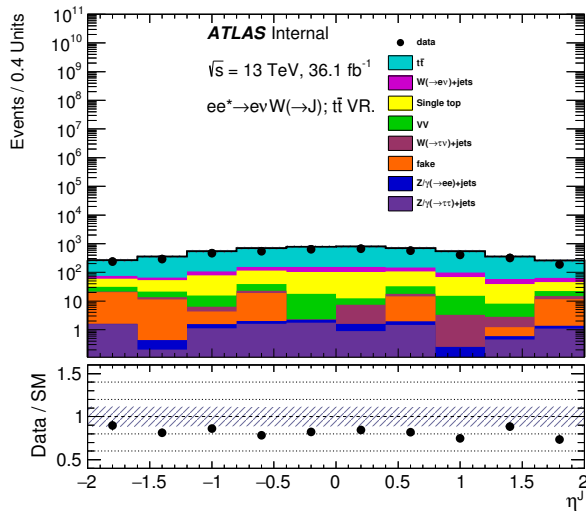
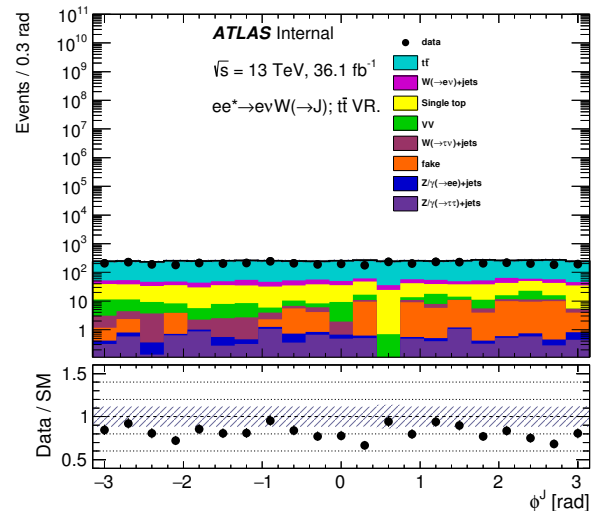
Рис. Ж.5.  $\phi E_T^{miss}$ .Рис. Ж.6.  $m_J$ .Рис. Ж.7.  $m_T^{WJ}$ .Рис. Ж.8.  $m_T^{e\nu}$ .Рис. Ж.9.  $\Delta\phi(e, E_T^{miss})$ .Рис. Ж.10.  $\Delta\phi(e, W)$ .

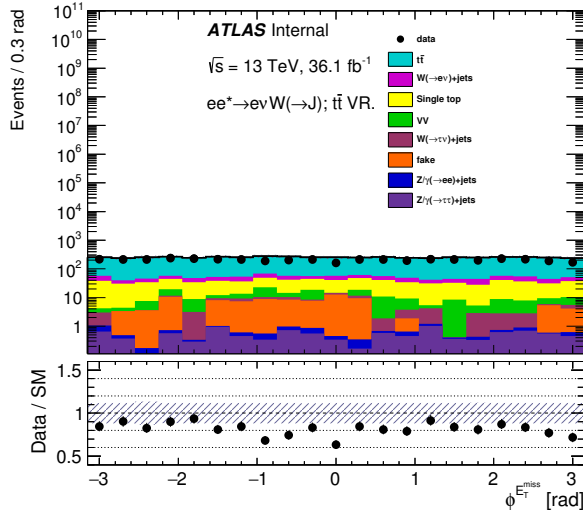
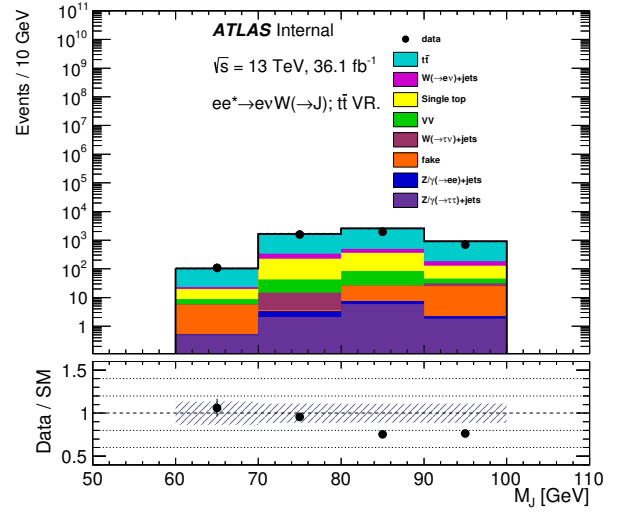
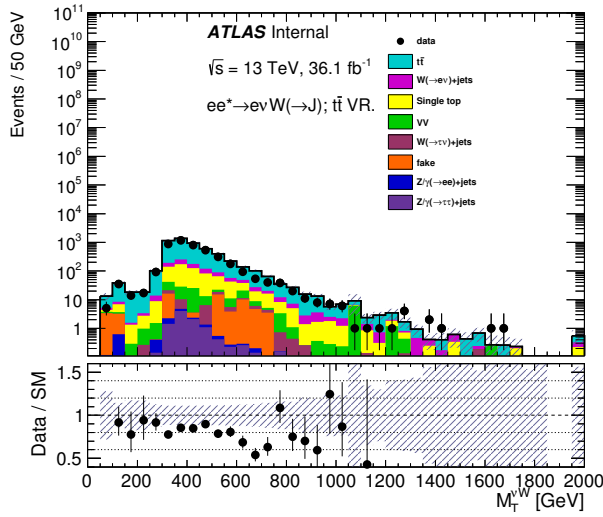
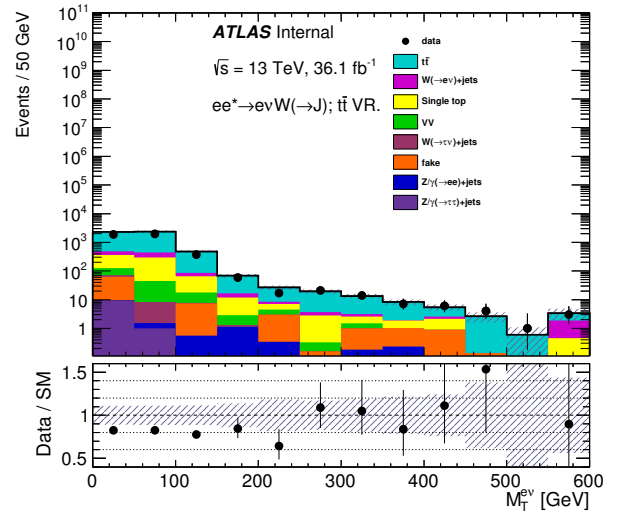
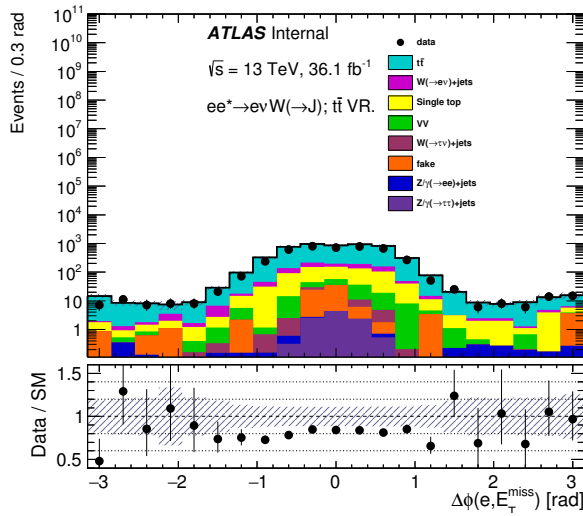
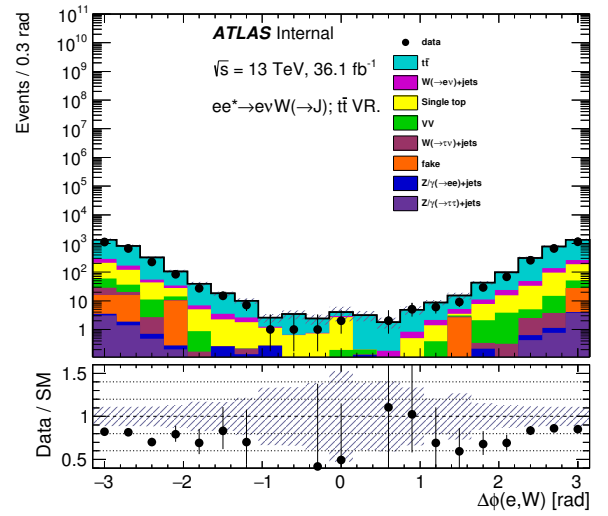
Рис. Ж.11.  $E_T^{\text{miss}} / p_T^e$ .Рис. Ж.12.  $E_T^{\text{miss}} / m_T^{e\nu}$ .Рис. Ж.13.  $p_T^{\text{balance}}$ .

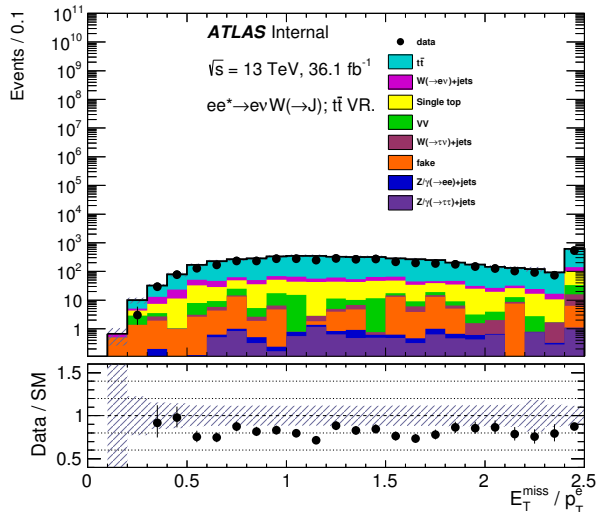
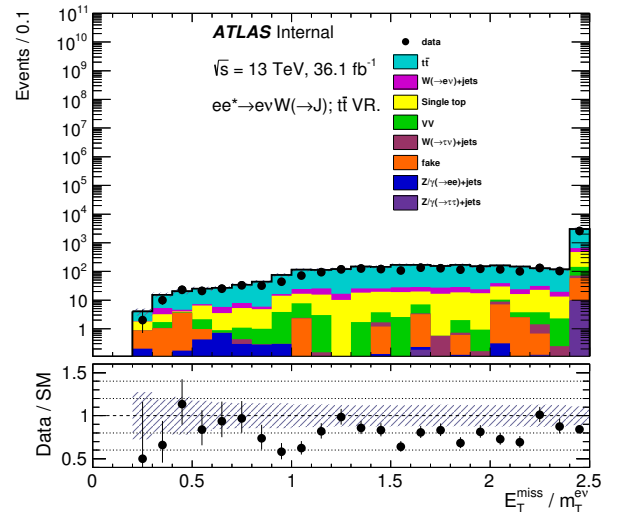
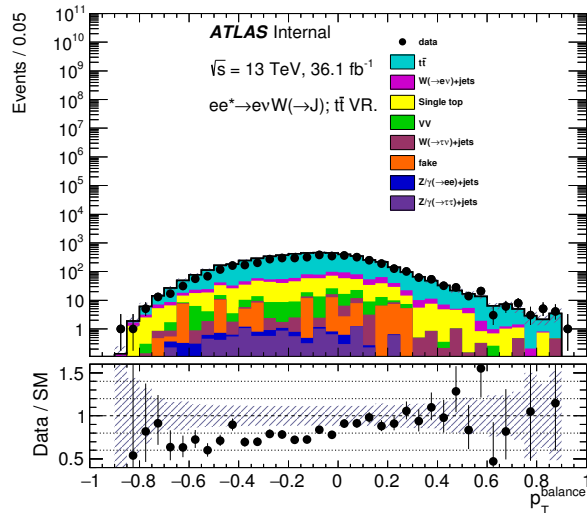
## Приложение 3

# Спектры кинематических переменных в интегральной $b$ -jet VR в поиске возбужденных электронов

На Рисунках 3.1–3.13 показаны распределения по кинематическим переменным для конечного состояния  $e\nu J$  в интегральной  $b$ -jet VR (Раздел 6.4) для поиска возбужденных электронов.

Рис. 3.1.  $E$  электрона.Рис. 3.2.  $E$  лидирующей струи.Рис. 3.3.  $\eta$  лидирующей струи.Рис. 3.4.  $\phi$  лидирующей струи.

Рис. 3.5.  $\phi E_T^{\text{miss}}$ .Рис. 3.6.  $m_J$ .Рис. 3.7.  $m_T^{\nu J}$ .Рис. 3.8.  $m_T^{e\nu}$ .Рис. 3.9.  $\Delta\phi(e, E_T^{\text{miss}})$ .Рис. 3.10.  $\Delta\phi(e, W)$ .

Рис. 3.11.  $E_T^{\text{miss}}/p_T^e$ .Рис. 3.12.  $E_T^{\text{miss}}/m_T^{e\nu}$ .Рис. 3.13.  $p_T^{\text{balance}}$ .

## Приложение И

**Числа событий после фита в контрольных  
областях в поиске возбужденных электронов**

Числа наблюдаемых и ожидаемых событий в конечном состоянии  $e\nu J$  после фита фоновых процессов в контрольных областях представлены в Таблицах [И.1–И.5](#) для  $W$  CR,  $t\bar{t}$  CR, SR,  $m_J$  VR,  $b$ -jet VR, соответственно.

Таблица И.1. Числа событий в  $W$  CR поиска  $e^*$  в конечном состоянии  $e\nu J$ . Для каждой контрольной области CRi приведены наблюдаемые числа событий и оценки вкладов фоновых процессов, полученных в результате фита в CRi.

Числа событий	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9
Наблюдено	9198	9198	9168	9090	7312	4760	2903	1834
Фон	$9200 \pm 100$	$9200 \pm 100$	$9170 \pm 100$	$9090 \pm 100$	$7310 \pm 90$	$4800 \pm 300$	$2900 \pm 60$	$1830 \pm 50$
$W \rightarrow e\nu$	$5900 \pm 400$	$5900 \pm 400$	$5700 \pm 600$	$5300 \pm 600$	$4900 \pm 400$	$3500 \pm 500$	$1600 \pm 400$	$1000 \pm 300$
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$24 \pm 13$	$24 \pm 13$	$19 \pm 11$	$14 \pm 8$	$10 \pm 5$	$6 \pm 3$	$4 \pm 2$	$2.1 \pm 0.9$
$t\bar{t}$	$1200 \pm 300$	$1100 \pm 300$	$1300 \pm 500$	$1700 \pm 600$	$700 \pm 400$	$100 \pm 200$	$500 \pm 400$	$300 \pm 200$
Single- $t$	$210 \pm 20$	$210 \pm 20$	$200 \pm 20$	$200 \pm 20$	$149 \pm 11$	$97 \pm 6$	$61 \pm 5$	$40 \pm 4$
Fake-электроны	$460 \pm 120$	$460 \pm 120$	$450 \pm 120$	$430 \pm 110$	$370 \pm 90$	$220 \pm 50$	$140 \pm 40$	$80 \pm 20$
$VV$	$560 \pm 110$	$560 \pm 110$	$550 \pm 110$	$550 \pm 110$	$450 \pm 100$	$310 \pm 70$	$200 \pm 40$	$120 \pm 30$
$W \rightarrow \tau\nu$	$800 \pm 200$	$800 \pm 200$	$800 \pm 200$	$800 \pm 200$	$700 \pm 200$	$460 \pm 110$	$310 \pm 80$	$210 \pm 60$
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	$160 \pm 50$	$160 \pm 50$	$160 \pm 50$	$160 \pm 50$	$120 \pm 30$	$80 \pm 20$	$50 \pm 20$	$28 \pm 8$

Таблица И.2. Числа событий в  $t\bar{t}$  CR поиска  $e^*$  в конечном состоянии  $e\nu J$ . Для каждой контрольной области CR*i* приведены наблюдаемые числа событий и оценки вкладов фоновых процессов, полученных в результате фита в CR*i*.

Числа событий	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9
Наблюдено	48	73	94	54	62	29	9	10	4
Фон	$48 \pm 7$	$73 \pm 9$	$94 \pm 10$	$54 \pm 8$	$62 \pm 8$	$29 \pm 6$	$9 \pm 3$	$10 \pm 3$	$4 \pm 2$
$W \rightarrow e\nu$	$0.3 \pm 0.2$	$4 \pm 3$	$5 \pm 3$	$5 \pm 4$	$5 \pm 4$	$5 \pm 4$	$4 \pm 3$	$0.11 \pm 0.12$	$0.04 \pm 0.03$
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$0.3 \pm 0.2$	$0.30 \pm 0.11$	$0.4 \pm 0.2$	$0.15 \pm 0.14$	$0.2 \pm 0.2$	$0.10 \pm 0.05$	$0.04 \pm 0.04$	$0.02 \pm 0.02$	$0.010 \pm 0.010$
$t\bar{t}$	$47 \pm 7$	$64 \pm 9$	$79 \pm 11$	$41 \pm 9$	$46 \pm 9$	$15 \pm 7$	$1 \pm 2$	$7 \pm 4$	$4 \pm 2$
Single- $t$	$0.4 \pm 0.5$	$2.5 \pm 1.1$	$4.8 \pm 1.3$	$6 \pm 2$	$6 \pm 2$	$6 \pm 2$	$2.6 \pm 1.4$	$1.1 \pm 0.5$	$0.4 \pm 0.3$
Fake-электроны	–	$2.2 \pm 0.8$	$5 \pm 2$	$2.0 \pm 0.8$	$5 \pm 2$	$2.5 \pm 0.9$	$1.8 \pm 0.7$	$1.6 \pm 0.6$	–
$VV$	–	–	–	$0.13 \pm 0.06$	$0.13 \pm 0.10$	$0.13 \pm 0.10$	–	–	–
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	–	$0.02 \pm 0.02$	$0.06 \pm 0.03$	$0.04 \pm 0.02$	$0.04 \pm 0.02$	$0.020 \pm 0.010$	–	–	–



Таблица И.3. Числа событий в SR поиска  $e^*$  в конечном состоянии  $e\nu J$ . Для каждой сигнальной области SRi приведены наблюдаемые числа событий и оценки вкладов фоновых процессов, полученных в результате фита в CRi.

Числа событий	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9
Наблюдено	13	25	39	35	43	34	15	16	8
Фон	$13 \pm 5$	$17 \pm 5$	$26 \pm 8$	$25 \pm 5$	$34 \pm 8$	$30 \pm 6$	$12 \pm 4$	$8 \pm 2$	$6 \pm 2$
$W \rightarrow e\nu$	$2 \pm 2$	$7 \pm 3$	$11 \pm 4$	$13 \pm 3$	$14 \pm 5$	$17 \pm 4$	$7 \pm 3$	$3.2 \pm 1.3$	$2.2 \pm 1.1$
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$1.3 \pm 1.2$	$1.6 \pm 1.1$	$2.1 \pm 1.3$	$1.7 \pm 1.0$	$1.4 \pm 0.9$	$0.6 \pm 0.3$	$0.14 \pm 0.10$	$0.10 \pm 0.05$	$0.04 \pm 0.03$
$t\bar{t}$	$2.9 \pm 1.2$	$5 \pm 2$	$7 \pm 3$	$4 \pm 3$	$11 \pm 5$	$3 \pm 2$	$0.1 \pm 0.3$	$1 \pm 2$	$0.4 \pm 0.7$
Single- $t$	$0.7 \pm 0.3$	$1.9 \pm 0.5$	$2.6 \pm 0.6$	$3.0 \pm 1.4$	$3.0 \pm 1.4$	$4 \pm 2$	$1.9 \pm 0.7$	$1.9 \pm 0.6$	$1.7 \pm 0.7$
Fake-электроны	$6 \pm 2$	$1.9 \pm 0.3$	$3.2 \pm 1.0$	$0.6 \pm 0.3$	$0.25 \pm 0.07$	$0.7 \pm 0.3$	$0.06 \pm 0.11$	–	–
$VV$	$0.0 \pm 1.1$	$0.2 \pm 1.1$	$1 \pm 2$	$2.9 \pm 0.9$	$3.4 \pm 0.7$	$3 \pm 2$	$2 \pm 3$	$1.1 \pm 1.1$	$1.1 \pm 1.1$
$W \rightarrow \tau\nu$	–	–	$0.0 \pm 0.5$	$0.1 \pm 0.2$	$0.34 \pm 0.10$	$0.2 \pm 0.6$	$0.21 \pm 0.09$	$0.21 \pm 0.08$	$0.20 \pm 0.09$
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	$0.04 \pm 0.02$	$0.04 \pm 0.02$	$0.06 \pm 0.03$	$0.03 \pm 0.02$	$0.08 \pm 0.06$	$0.06 \pm 0.05$	$0.05 \pm 0.06$	$0.1 \pm 0.2$	–

Таблица И.4. Числа событий в  $m_J$  VR поиска  $e^*$  в конечном состоянии  $e\nu J$ . Для каждой проверочной области VRi приведены наблюдаемые числа событий и оценки вкладов фоновых процессов, полученных в результате фита в CRi.

Числа событий	VR1	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6	VR7	VR8	VR9
Наблюдено	31	58	72	33	46	35	14	11	6
Фон	$30 \pm 6$	$50 \pm 9$	$64 \pm 11$	$36 \pm 14$	$47 \pm 12$	$23 \pm 8$	$6 \pm 3$	$10 \pm 5$	$4 \pm 2$
$W \rightarrow e\nu$	$2.0 \pm 1.2$	$5.8 \pm 1.5$	$7 \pm 2$	$6 \pm 2$	$11 \pm 6$	$5 \pm 4$	$4 \pm 2$	$2.7 \pm 1.3$	$0.9 \pm 0.9$
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$1.1 \pm 0.7$	$1.8 \pm 0.9$	$2.2 \pm 1.1$	$1.0 \pm 0.5$	$1.2 \pm 0.7$	$0.8 \pm 0.4$	$0.20 \pm 0.11$	$0.11 \pm 0.07$	$0.05 \pm 0.03$
$t\bar{t}$	$22 \pm 6$	$35 \pm 9$	$46 \pm 11$	$22 \pm 13$	$30 \pm 10$	$11 \pm 6$	$1 \pm 2$	$6 \pm 5$	$3 \pm 2$
Single- $t$	$1.4 \pm 0.8$	$2.4 \pm 0.8$	$3.3 \pm 1.3$	$3 \pm 2$	$3.3 \pm 1.3$	$2.7 \pm 1.1$	$0.4 \pm 0.5$	–	–
Fake-электроны	$2.0 \pm 0.3$	$2.1 \pm 0.5$	$2.6 \pm 0.5$	$2.8 \pm 1.3$	$0.7 \pm 0.6$	$4 \pm 2$	–	–	–
$VV$	$1.0 \pm 0.7$	$2 \pm 2$	$3 \pm 2$	$1.7 \pm 1.3$	$0.6 \pm 0.7$	$0.0 \pm 0.8$	–	$0.3 \pm 0.2$	$0.2 \pm 0.2$
$W \rightarrow \tau\nu$	–	–	$0.22 \pm 0.13$	$0.2 \pm 0.2$	$0.22 \pm 0.13$	$0.26 \pm 0.12$	$0.26 \pm 0.12$	$0.27 \pm 0.13$	$0.04 \pm 0.08$
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	–	–	$0.02 \pm 0.02$	$0.04 \pm 0.03$	$0.02 \pm 0.07$	$0.05 \pm 0.05$	$0.03 \pm 0.06$	$0.010 \pm 0.010$	$0.010 \pm 0.010$

Таблица И.5. Числа событий в  $b$ -jet VR поиска  $e^*$  в конечном состоянии  $e\nu J$ . Для каждой проверочной области VRi приведены наблюдаемые числа событий и оценки вкладов фоновых процессов, полученных в результате фита в CRi.

Числа событий	VR1	VR2	VR3	VR4	VR5	VR6	VR7	VR8	VR9
Наблюдено	28	53	64	34	35	27	10	4	1
Фон	$28 \pm 6$	$42 \pm 9$	$54 \pm 11$	$33 \pm 9$	$51 \pm 13$	$25 \pm 9$	$6 \pm 2$	$14 \pm 8$	$8 \pm 6$
$W \rightarrow e\nu$	$0.9 \pm 0.3$	$1.4 \pm 0.6$	$2.8 \pm 1.0$	$2.6 \pm 0.8$	$4 \pm 2$	$3.3 \pm 0.9$	$0.6 \pm 0.9$	$0.6 \pm 0.3$	$0.13 \pm 0.09$
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$0.5 \pm 0.6$	$0.9 \pm 0.6$	$1.3 \pm 0.6$	$1.0 \pm 0.5$	$1.1 \pm 0.5$	$0.4 \pm 0.2$	$0.15 \pm 0.08$	$0.09 \pm 0.05$	$0.02 \pm 0.02$
$t\bar{t}$	$19 \pm 5$	$32 \pm 8$	$40 \pm 9$	$22 \pm 8$	$36 \pm 12$	$12 \pm 7$	$0.5 \pm 1.5$	$11 \pm 8$	$6 \pm 6$
Single- $t$	$2.8 \pm 0.9$	$7 \pm 3$	$8 \pm 3$	$7 \pm 3$	$9 \pm 4$	$5 \pm 5$	$3.5 \pm 1.2$	$2.2 \pm 0.6$	$1.8 \pm 1.3$
Fake-электроны	$5 \pm 2$	$0.42 \pm 0.10$	$1.4 \pm 0.5$	–	–	$3.5 \pm 1.4$	$1.6 \pm 0.7$	$0.08 \pm 0.02$	$0.18 \pm 0.06$
$VV$	$0.1 \pm 0.4$	$0.7 \pm 0.7$	$0.7 \pm 1.1$	$0.1 \pm 0.3$	$1.4 \pm 1.5$	$0 \pm 2$	–	–	–
$W \rightarrow \tau\nu$	–	–	$0.01 \pm 0.02$	$0.01 \pm 0.06$	$0.2 \pm 0.2$	$0.10 \pm 0.02$	–	–	–
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	–	$0.0 \pm 0.2$	$0.0 \pm 0.2$	$0.010 \pm 0.010$	$0.03 \pm 0.02$	$0.010 \pm 0.010$	$0.000 \pm 0.010$	–	–

## Приложение К

## Числа событий со статистическими и систематическим неопределенностями в поиске возбужденных электронов

Таблица К.1. Числа событий (со статистическими неопределенностями в %) в областях поиска возбужденных электронов.

	WCR <sup>2</sup>	WCR <sup>3</sup>	WCR <sup>4</sup>	WCR <sup>5</sup>	WCR <sup>6</sup>
Data	9198	9198	9168	9090	7312
$W \rightarrow e\nu$	7424.196 (0.98)	7424.196 (0.98)	7403.345 (0.98)	7345.011 (0.98)	5923.102 (0.95)
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	24.269 (6.66)	24.269 (6.66)	19.028 (7.90)	14.301 (9.66)	10.081 (5.67)
tt	1376.104 (1.69)	1376.104 (1.69)	1366.565 (1.69)	1347.622 (1.70)	1005.960 (1.98)
Single top	205.767 (4.54)	205.767 (4.54)	204.789 (4.56)	202.418 (4.59)	149.178 (5.32)
Fake	460.481 (7.91)	460.481 (7.91)	448.055 (8.08)	431.701 (8.28)	365.891 (8.49)
Diboson	555.388 (4.42)	555.388 (4.42)	553.716 (4.44)	550.979 (4.46)	450.727 (4.82)
$W \rightarrow \tau\nu$	770.852 (2.59)	770.852 (2.59)	770.132 (2.59)	766.392 (2.59)	651.172 (2.63)
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	156.392 (4.23)	156.392 (4.23)	156.300 (4.24)	155.924 (4.25)	123.122 (3.43)
EL 0200	174.051 (7.20)	–	–	–	–
EL 0300	–	189.324 (6.40)	–	–	–
EL 0400	–	–	200.452 (5.44)	–	–
EL 0500	–	–	–	174.360 (7.99)	–
EL 0600	–	–	–	–	139.989 (5.99)

Таблица К.2. Числа событий (со статистическими неопределенностями в %) в областях поиска возбужденных электронов.

	WCR7	WCR8	WCR9	TCR1	TCR2
Data	4760	2903	1834	48	73
$W \rightarrow e\nu$	3861.612 (0.98)	2425.318 (1.16)	1551.177 (1.29)	0.275 (49.78)	4.342 (84.95)
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	6.280 (4.74)	3.855 (5.37)	2.081 (7.04)	0.309 (27.78)	0.296 (27.04)
tt	590.174 (2.59)	327.084 (3.60)	197.780 (4.92)	58.828 (7.45)	76.200 (7.41)
Single top	96.963 (6.67)	60.796 (8.74)	39.644 (11.01)	0.399 (70.72)	2.477 (30.46)
Fake	219.951 (10.56)	143.777 (12.64)	82.897 (17.08)	0 (0)	2.154 (160.16)
Diboson	307.595 (5.56)	202.653 (7.12)	123.905 (7.92)	0 (0)	0 (0)
$W \rightarrow \tau\nu$	457.672 (2.64)	306.865 (3.01)	212.779 (3.46)	0 (0)	0 (0)
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	78.468 (3.78)	49.084 (4.20)	27.976 (4.32)	0.005 (100.00)	0.023 (82.16)
EL 0100	–	–	–	2.535 (53.01)	–
EL 0200	–	–	–	–	7.765 (30.68)
EL 0700	129.116 (5.43)	–	–	–	–
EL 0800	–	93.964 (6.24)	–	–	–
EL 0900	–	86.175 (4.66)	–	–	–
EL 1000	–	–	62.954 (5.34)	–	–
EL 1250	–	–	46.089 (4.70)	–	–
EL 1500	–	–	26.090 (4.82)	–	–
EL 1750	–	–	14.592 (4.20)	–	–
EL 2000	–	–	9.514 (3.91)	–	–
EL 2250	–	–	4.830 (4.08)	–	–
EL 2500	–	–	2.993 (4.33)	–	–
EL 2750	–	–	1.583 (4.18)	–	–
EL 3000	–	–	0.918 (6.52)	–	–
EL 3250	–	–	0.563 (4.37)	–	–
EL 3500	–	–	0.317 (4.67)	–	–
EL 3750	–	–	0.187 (4.59)	–	–
EL 4000	–	–	0.119 (4.14)	–	–

Таблица К.3. Числа событий (со статистическими неопределенностями в %) в областях поиска возбужденных электронов.

	TCR3	TCR4	TCR5	TCR6	TCR7
Data	94	54	62	29	9
$W \rightarrow e\nu$	4.732 (78.08)	5.144 (72.73)	5.309 (70.50)	4.931 (75.79)	3.886 (94.80)
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	0.367 (24.77)	0.148 (41.84)	0.189 (30.93)	0.100 (38.27)	0.040 (49.27)
tt	95.688 (6.59)	42.611 (11.02)	36.906 (10.74)	22.800 (14.50)	5.519 (23.42)
Single top	4.831 (25.50)	5.653 (23.12)	5.810 (19.88)	6.185 (19.14)	2.545 (28.95)
Fake	5.470 (86.87)	2.001 (203.23)	4.750 (99.68)	2.540 (106.84)	1.825 (103.97)
Diboson	0 (0)	0.133 (100.00)	0.133 (100.00)	0.133 (100.00)	0 (0)
$W \rightarrow \tau\nu$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0.009 (100.00)	0.009 (100.00)
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	0.056 (53.99)	0.037 (70.74)	0.037 (70.74)	0.022 (82.89)	0 (0)
EL 0300	10.920 (28.38)	–	–	–	–
EL 0400	–	4.340 (34.13)	–	–	–
EL 0500	–	–	3.680 (38.47)	–	–
EL 0600	–	–	–	6.009 (28.38)	–
EL 0700	–	–	–	–	3.919 (26.34)

Таблица К.4. Числа событий (со статистическими неопределенностями в %) в областях поиска возбужденных электронов.

	TCR8	TCR9	SR1	SR2	SR3
Data	10	4	13	25	39
$W \rightarrow e\nu$	0.109 (33.26)	0.044 (54.77)	1.934 (26.12)	8.257 (18.22)	13.311 (14.36)
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	0.025 (65.97)	0.005 (100.00)	1.289 (28.26)	1.580 (23.42)	2.094 (18.80)
tt	4.263 (24.00)	2.186 (31.81)	3.609 (32.72)	5.919 (23.47)	8.079 (20.15)
Single top	1.088 (44.76)	0.428 (70.78)	0.727 (58.29)	1.930 (42.03)	2.582 (34.63)
Fake	1.616 (116.82)	0 (0)	6.124 (49.20)	1.924 (50.41)	3.235 (58.56)
Diboson	0 (0)	0 (0)	0.044 (2216.78)	0.155 (625.51)	0.993 (119.33)
$W \rightarrow \tau\nu$	0 (0)	0 (0)	0.008 (100.00)	0.008 (100.00)	0.008 (100.00)
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	0 (0)	0 (0)	0.036 (100.00)	0.040 (89.72)	0.058 (69.65)
EL 0100	—	—	325.470 (4.44)	—	—
EL 0200	—	—	—	895.530 (3.20)	—
EL 0300	—	—	—	—	909.230 (3.24)
EL 0800	3.575 (40.39)	—	—	—	—
EL 0900	2.801 (55.11)	—	—	—	—
EL 1000	—	3.673 (32.93)	—	—	—
EL 1250	—	2.402 (49.45)	—	—	—
EL 1500	—	0.827 (26.12)	—	—	—
EL 1750	—	0.649 (22.24)	—	—	—
EL 2000	—	0.424 (25.69)	—	—	—
EL 2250	—	0.187 (22.62)	—	—	—
EL 2500	—	0.059 (27.85)	—	—	—
EL 2750	—	0.076 (37.87)	—	—	—
EL 3000	—	0.014 (43.66)	—	—	—
EL 3250	—	0.013 (26.24)	—	—	—
EL 3500	—	0.007 (28.83)	—	—	—
EL 3750	—	0.005 (30.97)	—	—	—
EL 4000	—	0.004 (61.01)	—	—	—

Таблица К.5. Числа событий (со статистическими неопределенностями в %) в областях поиска возбужденных электронов.

	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8
Data	35	43	34	15	16
$W \rightarrow e\nu$	16.533 (16.99)	19.767 (18.38)	21.082 (14.97)	8.159 (28.06)	4.845 (32.18)
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	1.671 (28.47)	1.444 (25.30)	0.550 (19.72)	0.144 (25.66)	0.097 (26.81)
tt	4.624 (23.45)	8.845 (17.60)	5.168 (21.79)	0.703 (57.76)	0.702 (57.75)
Single top	2.980 (52.06)	2.961 (52.31)	4.252 (40.38)	1.878 (42.54)	1.882 (42.51)
Fake	0.596 (284.45)	0.246 (707.33)	0.666 (252.50)	0.060 (900.00)	0 (0)
Diboson	2.910 (53.85)	3.433 (49.78)	3.237 (79.40)	2.040 (100.00)	1.082 (73.66)
$W \rightarrow \tau\nu$	0.072 (100.00)	0.341 (45.83)	0.209 (57.79)	0.209 (57.79)	0.208 (58.05)
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	0.035 (70.71)	0.082 (65.05)	0.065 (78.05)	0.047 (100.00)	0.141 (100.00)
EL 0400	692.917 (3.00)	—	—	—	—
EL 0500	—	627.721 (3.69)	—	—	—
EL 0600	—	—	575.108 (2.81)	—	—
EL 0700	—	—	—	460.430 (2.66)	—
EL 0800	—	—	—	—	415.393 (2.74)
EL 0900	—	—	—	—	358.570 (2.31)

Таблица К.6. Числа событий (со статистическими неопределенностями в %) в областях поиска возбужденных электронов.

	SR9
Data	8
$W \rightarrow e\nu$	3.351 (45.54)
$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	0.040 (36.80)
tt	0.236 (100.00)
Single top	1.716 (45.60)
Fake	0 (0)
Diboson	1.082 (73.66)
$W \rightarrow \tau\nu$	0.196 (61.47)
$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	0 (0)
EL 1000	287.096 (2.53)
EL 1250	191.979 (2.21)
EL 1500	117.470 (2.26)
EL 1750	65.944 (2.07)
EL 2000	39.104 (2.06)
EL 2250	21.879 (2.19)
EL 2500	12.378 (1.99)
EL 2750	7.262 (2.03)
EL 3000	4.128 (3.31)
EL 3250	2.370 (2.12)
EL 3500	1.386 (2.05)
EL 3750	0.789 (2.29)
EL 4000	0.464 (2.13)

Таблица К.7. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в WCR2 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow e\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow ee$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \uparrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow \tau\tau$	EL 0200
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.25$ $\downarrow-1.24$	$\uparrow+1.40$ $\downarrow-1.40$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.09$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.14$	—	$\uparrow+1.29$ $\downarrow-1.29$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+1.15$ $\downarrow-1.15$	$\uparrow+1.48$ $\downarrow-1.48$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.92$ $\downarrow-0.91$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.09$	$\uparrow+0.68$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.01$	—	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-1.02$	$\uparrow+0.62$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow+0.63$ $\downarrow-0.63$	$\uparrow+3.90$ $\downarrow-3.90$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	—	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$
Electrons Scale	$\uparrow-0.72$ $\downarrow+0.69$	$\uparrow+0.79$ $\downarrow-0.33$	$\uparrow-0.24$ $\downarrow+0.46$	$\uparrow-0.53$ $\downarrow+0.30$	—	$\uparrow-0.51$ $\downarrow+0.91$	$\uparrow-0.08$ $\downarrow+0.44$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-1.01$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.07$ $\downarrow+0.06$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow+0.34$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow+0.18$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.32$	—	$\uparrow-0.08$ $\downarrow+0.38$	$\uparrow-0.13$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow-0.57$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow-0.36$ $\downarrow+0.34$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	—	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-0.35$ $\downarrow-0.35$	$\uparrow-5.89$ $\downarrow-5.89$	$\uparrow-0.62$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow-0.53$ $\downarrow-0.53$	—	$\uparrow-0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow-0.69$ $\downarrow-0.69$	$\uparrow-0.77$ $\downarrow-0.77$	$\uparrow-0.63$ $\downarrow-0.63$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-0.47$ $\downarrow-0.47$	$\uparrow-10.24$ $\downarrow-10.24$	$\uparrow-0.66$ $\downarrow-0.66$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow+0.14$	—	$\uparrow-0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow-0.56$ $\downarrow-0.56$	$\uparrow+0.32$ $\downarrow+0.32$
Etmis Scale	$\uparrow-0.44$ $\downarrow+0.48$	$\uparrow-10.27$ $\downarrow+9.46$	$\uparrow-0.61$ $\downarrow+0.38$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.34$	—	$\uparrow-0.48$ $\downarrow+0.79$	$\uparrow-0.23$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow-0.89$ $\downarrow+0.40$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.34$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-2.29$ $\downarrow+2.34$	$\uparrow-1.68$ $\downarrow+3.11$	$\uparrow-2.22$ $\downarrow+2.70$	$\uparrow-3.29$ $\downarrow+3.13$	—	$\uparrow-2.57$ $\downarrow+1.75$	$\uparrow-1.93$ $\downarrow+2.32$	$\uparrow-1.67$ $\downarrow+1.67$	$\uparrow-2.62$ $\downarrow+3.22$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-3.19$ $\downarrow+3.44$	$\uparrow-2.47$ $\downarrow+4.70$	$\uparrow-3.13$ $\downarrow+3.36$	$\uparrow-3.40$ $\downarrow+3.29$	—	$\uparrow-3.01$ $\downarrow+3.53$	$\uparrow-2.66$ $\downarrow+3.49$	$\uparrow-3.00$ $\downarrow+2.38$	$\uparrow-3.92$ $\downarrow+4.89$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-0.27$ $\downarrow+0.34$	$\uparrow-0.05$ $\downarrow+0.06$	$\uparrow-0.31$ $\downarrow+0.37$	$\uparrow-1.11$ $\downarrow+0.22$	—	$\uparrow-0.29$ $\downarrow+0.29$	$\uparrow-0.32$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.33$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.41$ $\downarrow+0.44$	$\uparrow-0.34$ $\downarrow+0.64$	$\uparrow-0.53$ $\downarrow+0.31$	$\uparrow-1.09$ $\downarrow+0.04$	—	$\uparrow-0.44$ $\downarrow+0.35$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+0.43$	$\uparrow-0.37$ $\downarrow+0.07$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow+2.29$ $\downarrow-2.48$	$\uparrow+12.03$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+1.93$ $\downarrow-1.85$	$\uparrow+1.74$ $\downarrow-1.88$	—	$\uparrow+2.87$ $\downarrow-2.06$	$\uparrow+5.01$ $\downarrow-2.00$	$\uparrow+1.81$ $\downarrow+1.39$	$\uparrow+1.12$ $\downarrow+2.90$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+1.42$ $\downarrow-1.53$	$\uparrow+11.49$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+0.67$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+2.07$ $\downarrow-1.26$	—	$\uparrow+1.29$ $\downarrow-1.83$	$\uparrow+1.49$ $\downarrow-1.41$	$\uparrow+1.47$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow-0.40$ $\downarrow+3.54$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.10$ $\downarrow-1.25$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.42$ $\downarrow-0.31$	—	$\uparrow-0.09$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.27$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow+0.68$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+0.62$ $\downarrow-0.87$	$\uparrow+10.71$ $\downarrow-0.69$	$\uparrow+0.66$ $\downarrow-0.64$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.55$	—	$\uparrow+1.05$ $\downarrow-1.00$	$\uparrow+0.51$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow+0.22$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow-0.29$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+3.10$ $\downarrow-2.94$	$\uparrow+3.20$ $\downarrow-1.91$	$\uparrow+3.54$ $\downarrow-3.94$	$\uparrow+4.14$ $\downarrow-5.29$	—	$\uparrow+1.87$ $\downarrow-1.97$	$\uparrow+1.50$ $\downarrow-2.36$	$\uparrow+2.23$ $\downarrow-1.77$	$\uparrow+2.24$ $\downarrow-0.92$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-0.85$	$\uparrow+3.01$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+1.08$ $\downarrow-1.37$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-2.16$	—	$\uparrow+0.86$ $\downarrow-0.60$	$\uparrow+0.52$ $\downarrow-0.71$	$\uparrow+0.33$ $\downarrow+0.06$	$\uparrow+1.90$ $\downarrow+0.34$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.51$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow 0$ $\downarrow-1.40$	—	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow+0.13$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+1.30$ $\downarrow-1.20$	$\uparrow+2.93$ $\downarrow-0.74$	$\uparrow+1.18$ $\downarrow-1.46$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-2.02$	—	$\uparrow+1.04$ $\downarrow-0.81$	$\uparrow+0.84$ $\downarrow-1.00$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow+1.90$ $\downarrow+0.34$
Muons ID	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons MS	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Scale	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Modelling	—	$\uparrow+44.62$ $\downarrow-27.73$	$\uparrow+7.42$ $\downarrow-3.92$	—	—	$\uparrow+22.55$ $\downarrow-16.33$	$\uparrow+28.81$ $\downarrow-20.34$	$\uparrow+31.53$ $\downarrow-22.14$	—
Default PRW	$\uparrow+0.47$ $\downarrow-0.30$	$\uparrow+5.01$ $\downarrow-3.72$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.66$	$\uparrow+2.89$ $\downarrow-2.46$	—	$\uparrow-1.18$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow-2.37$ $\downarrow+0.35$	$\uparrow-0.16$ $\downarrow-1.30$	$\uparrow-3.90$ $\downarrow+1.54$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-26.59$ $\downarrow+25.12$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+2.53$ $\downarrow-2.60$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow-0.34$ $\downarrow+0.16$	$\uparrow+0.93$ $\downarrow-0.98$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow-0.14$	$\uparrow-0.11$ $\downarrow+0.21$	—	$\uparrow-0.07$ $\downarrow+0.58$	$\uparrow-0.10$ $\downarrow+0.38$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+0.27$	$\uparrow-1.03$ $\downarrow 0$
Jets Energy Resolution	—	$\uparrow+1.67$ $\downarrow-2.44$	$\uparrow+1.76$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.95$ $\downarrow-2.59$	—	$\uparrow+1.60$ $\downarrow-1.15$	$\uparrow-0.24$ $\downarrow-1.42$	$\uparrow-12.07$ $\downarrow-22.14$	$\uparrow+0.94$ $\downarrow-0.68$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+2.34$ $\downarrow-2.44$	$\uparrow+13.25$ $\downarrow-6.29$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+3.34$ $\downarrow-2.59$	—	$\uparrow+2.99$ $\downarrow-1.15$	$\uparrow+0.83$ $\downarrow-1.42$	$\uparrow+1.85$ $\downarrow-1.22$	$\uparrow-0.68$ $\downarrow+0.67$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.84$ $\downarrow-0.94$	$\uparrow+3.57$ $\downarrow-5.79$	$\uparrow+0.37$ $\downarrow-0.75$	$\uparrow+0.48$ $\downarrow-0.44$	—	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-0.74$	$\uparrow+0.58$ $\downarrow-0.69$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow-0.39$ $\downarrow+0.00$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+0.40$ $\downarrow-0.44$	$\uparrow+2.53$ $\downarrow-6.61$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.54$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.90$	—	$\uparrow+0.98$ $\downarrow+0.08$	$\uparrow+0.53$ $\downarrow-0.40$	$\uparrow-0.51$ $\downarrow+0.62$	$\uparrow-0.04$ $\downarrow+0.36$



Таблица К.8. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в WCR3 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow e\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow ee$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \uparrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow \tau\tau$	EL 0300
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.25$ $\downarrow-1.24$	$\uparrow+1.40$ $\downarrow-1.40$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.09$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.29$ $\downarrow-1.29$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+1.15$ $\downarrow-1.15$	$\uparrow+1.49$ $\downarrow-1.49$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.92$ $\downarrow-0.91$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.09$	$\uparrow+0.68$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.01$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-1.02$	$\uparrow+0.62$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow+0.63$ $\downarrow-0.63$	$\uparrow+3.72$ $\downarrow-3.72$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$
Electrons Scale	$\uparrow-0.72$ $\downarrow+0.69$	$\uparrow+0.79$ $\downarrow-0.33$	$\uparrow-0.24$ $\downarrow+0.46$	$\uparrow-0.53$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.51$ $\downarrow+0.91$	$\uparrow-0.08$ $\downarrow+0.44$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow+1.92$ $\downarrow-0.26$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.07$ $\downarrow+0.06$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow+0.34$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow+0.18$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.08$ $\downarrow+0.38$	$\uparrow-0.13$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow-0.57$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow-1.82$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-0.35$ $\downarrow-0.35$	$\uparrow-5.89$ $\downarrow-5.89$	$\uparrow-0.62$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow-0.53$ $\downarrow-0.53$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow-0.69$ $\downarrow-0.69$	$\uparrow-0.77$ $\downarrow-0.77$	$\uparrow+0.99$ $\downarrow+0.99$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-0.47$ $\downarrow-0.47$	$\uparrow-10.24$ $\downarrow-10.24$	$\uparrow-0.66$ $\downarrow-0.66$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow+0.14$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow-0.56$ $\downarrow-0.56$	$\uparrow+0.01$ $\downarrow+0.01$
Etmis Scale	$\uparrow-0.44$ $\downarrow+0.48$	$\uparrow-10.27$ $\downarrow+9.46$	$\uparrow-0.61$ $\downarrow+0.38$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.34$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.48$ $\downarrow+0.79$	$\uparrow-0.23$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow-0.89$ $\downarrow+0.40$	$\uparrow+0.71$ $\downarrow-0.22$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-2.29$ $\downarrow+2.34$	$\uparrow-1.68$ $\downarrow+3.11$	$\uparrow-2.22$ $\downarrow+2.70$	$\uparrow-3.29$ $\downarrow+3.13$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-2.57$ $\downarrow+1.75$	$\uparrow-1.93$ $\downarrow+2.32$	$\uparrow-1.67$ $\downarrow+1.67$	$\uparrow-2.84$ $\downarrow+4.51$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-3.19$ $\downarrow+3.44$	$\uparrow-2.47$ $\downarrow+4.70$	$\uparrow-3.13$ $\downarrow+3.36$	$\uparrow-3.40$ $\downarrow+3.29$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-3.01$ $\downarrow+3.53$	$\uparrow-2.66$ $\downarrow+3.49$	$\uparrow-3.00$ $\downarrow+2.38$	$\uparrow-4.30$ $\downarrow+5.97$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-0.27$ $\downarrow+0.34$	$\uparrow-0.05$ $\downarrow+0.06$	$\uparrow-0.31$ $\downarrow+0.37$	$\uparrow-1.11$ $\downarrow+0.22$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.29$ $\downarrow+0.29$	$\uparrow-0.32$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.41$ $\downarrow+0.44$	$\uparrow-0.34$ $\downarrow+0.64$	$\uparrow-0.53$ $\downarrow+0.31$	$\uparrow-1.09$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.44$ $\downarrow+0.35$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+0.43$	$\uparrow-0.37$ $\downarrow+0.07$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow+2.29$ $\downarrow-2.48$	$\uparrow+12.03$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+1.93$ $\downarrow-1.85$	$\uparrow+1.74$ $\downarrow-1.88$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+2.87$ $\downarrow-2.06$	$\uparrow+5.01$ $\downarrow-2.00$	$\uparrow+1.81$ $\downarrow+1.39$	$\uparrow-1.47$ $\downarrow+4.99$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+1.42$ $\downarrow-1.53$	$\uparrow+11.49$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+0.67$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+2.07$ $\downarrow-1.26$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.29$ $\downarrow-1.83$	$\uparrow+1.49$ $\downarrow-1.41$	$\uparrow+1.47$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow-1.86$ $\downarrow+3.14$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.10$ $\downarrow-1.25$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.42$ $\downarrow-0.31$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.09$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.27$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow+0.26$ $\downarrow-0.41$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+0.62$ $\downarrow-0.87$	$\uparrow+10.71$ $\downarrow-0.69$	$\uparrow+0.66$ $\downarrow-0.64$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.55$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.05$ $\downarrow-1.00$	$\uparrow+0.51$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow+0.22$	$\uparrow-0.58$ $\downarrow+0.42$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+3.10$ $\downarrow-2.94$	$\uparrow+3.20$ $\downarrow-1.91$	$\uparrow+3.54$ $\downarrow-3.94$	$\uparrow+4.14$ $\downarrow-5.29$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.87$ $\downarrow-1.97$	$\uparrow+1.50$ $\downarrow-2.36$	$\uparrow+2.23$ $\downarrow-1.77$	$\uparrow+1.50$ $\downarrow-1.50$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-0.85$	$\uparrow+3.01$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+1.08$ $\downarrow-1.37$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-2.16$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.86$ $\downarrow-0.60$	$\uparrow+0.52$ $\downarrow-0.71$	$\uparrow+0.33$ $\downarrow+0.06$	$\uparrow+0.12$ $\downarrow-0.29$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.51$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow 0$ $\downarrow-1.40$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow+0.13$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+1.30$ $\downarrow-1.20$	$\uparrow+2.93$ $\downarrow-0.74$	$\uparrow+1.18$ $\downarrow-1.46$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-2.02$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.04$ $\downarrow-0.81$	$\uparrow+0.84$ $\downarrow-1.00$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow+0.47$ $\downarrow-0.29$
Muons ID	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons MS	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Scale	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Modelling	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+44.62$ $\downarrow-27.73$	$\uparrow+4.51$ $\downarrow-3.46$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+22.55$ $\downarrow-16.33$	$\uparrow+28.81$ $\downarrow-20.34$	$\uparrow+31.53$ $\downarrow-22.14$	$\uparrow$ $\downarrow$
Default PRW	$\uparrow+0.47$ $\downarrow-0.30$	$\uparrow+5.01$ $\downarrow-3.72$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.66$	$\uparrow+2.89$ $\downarrow-2.46$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-1.18$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow-2.37$ $\downarrow+0.35$	$\uparrow-0.16$ $\downarrow-1.30$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow+0.02$
Matrix meth. (fake rate)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-26.59$ $\downarrow+25.12$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Matrix meth. (real rate)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+2.53$ $\downarrow-2.60$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
JES (Eta)	$\uparrow-0.34$ $\downarrow+0.16$	$\uparrow+0.93$ $\downarrow-0.98$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow-0.14$	$\uparrow-0.11$ $\downarrow+0.21$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow+0.58$	$\uparrow-0.10$ $\downarrow+0.38$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+0.27$	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.30$
Jets Energy Resolution	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+32.23$ $\downarrow$	$\uparrow+1.76$ $\downarrow$	$\uparrow+0.95$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.60$ $\downarrow$	$\uparrow-0.24$ $\downarrow$	$\uparrow-12.07$ $\downarrow$	$\uparrow+3.30$ $\downarrow$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+2.34$ $\downarrow-2.44$	$\uparrow+13.25$ $\downarrow-6.29$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+3.34$ $\downarrow-2.59$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+2.99$ $\downarrow-1.15$	$\uparrow+0.83$ $\downarrow-1.42$	$\uparrow+1.85$ $\downarrow-1.22$	$\uparrow-1.99$ $\downarrow+1.78$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.84$ $\downarrow-0.94$	$\uparrow+3.57$ $\downarrow-5.79$	$\uparrow+0.37$ $\downarrow-0.75$	$\uparrow+0.48$ $\downarrow-0.44$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-0.74$	$\uparrow+0.58$ $\downarrow-0.69$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow-0.85$ $\downarrow+1.04$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+0.40$ $\downarrow-0.44$	$\uparrow+2.53$ $\downarrow-6.61$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.54$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.90$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.98$ $\downarrow+0.08$	$\uparrow+0.53$ $\downarrow-0.40$	$\uparrow-0.51$ $\downarrow+0.62$	$\uparrow-1.11$ $\downarrow-0.24$

Таблица К.9. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в WCR4 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow e\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow ee$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \uparrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow \tau\tau$	EL 0400
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.25$ $\downarrow-1.24$	$\uparrow+1.41$ $\downarrow-1.41$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.09$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow+1.29$ $\downarrow-1.29$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+1.15$ $\downarrow-1.15$	$\uparrow+1.56$ $\downarrow-1.56$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.92$ $\downarrow-0.91$	$\uparrow+1.06$ $\downarrow-1.06$	$\uparrow+0.68$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.01$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.01$	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-1.02$	$\uparrow+0.62$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow+0.63$ $\downarrow-0.63$	$\uparrow+3.43$ $\downarrow-3.43$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$
Electrons Scale	$\uparrow-0.72$ $\downarrow+0.72$	$\uparrow+0.52$ $\downarrow+1.05$	$\uparrow-0.25$ $\downarrow+0.52$	$\uparrow-0.53$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow-0.53$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow-0.51$ $\downarrow+0.91$	$\uparrow-0.08$ $\downarrow+0.44$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow-0.26$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.09$ $\downarrow+0.06$	$\uparrow+0.65$ $\downarrow+0.60$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow+0.18$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-0.08$ $\downarrow+0.38$	$\uparrow-0.13$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow-0.57$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.95$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-0.33$ $\downarrow-0.33$	$\uparrow-6.42$ $\downarrow-6.42$	$\uparrow-0.66$ $\downarrow-0.66$	$\uparrow-0.43$ $\downarrow-0.43$	$\uparrow-0.43$ $\downarrow-0.43$	$\uparrow-0.15$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow-0.69$ $\downarrow-0.69$	$\uparrow-0.77$ $\downarrow-0.77$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-0.44$ $\downarrow-0.44$	$\uparrow-9.95$ $\downarrow-9.95$	$\uparrow-0.65$ $\downarrow-0.65$	$\uparrow-0.14$ $\downarrow+0.14$	$\uparrow-0.14$ $\downarrow+0.14$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow+0.02$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow-0.56$ $\downarrow-0.56$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Etmis Scale	$\uparrow-0.41$ $\downarrow+0.47$	$\uparrow-10.74$ $\downarrow+10.56$	$\uparrow-0.61$ $\downarrow+0.37$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.34$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.34$	$\uparrow-0.46$ $\downarrow+0.79$	$\uparrow-0.23$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow-0.89$ $\downarrow+0.39$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.25$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-2.29$ $\downarrow+2.34$	$\uparrow-1.48$ $\downarrow+3.05$	$\uparrow-2.19$ $\downarrow+2.70$	$\uparrow-3.30$ $\downarrow+3.14$	$\uparrow-3.30$ $\downarrow+3.14$	$\uparrow-2.58$ $\downarrow+1.76$	$\uparrow-1.93$ $\downarrow+2.32$	$\uparrow-1.67$ $\downarrow+1.65$	$\uparrow-2.80$ $\downarrow+2.73$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-3.20$ $\downarrow+3.44$	$\uparrow-1.89$ $\downarrow+3.78$	$\uparrow-3.12$ $\downarrow+3.37$	$\uparrow-3.41$ $\downarrow+3.30$	$\uparrow-3.41$ $\downarrow+3.30$	$\uparrow-3.02$ $\downarrow+3.54$	$\uparrow-2.66$ $\downarrow+3.49$	$\uparrow-3.00$ $\downarrow+2.36$	$\uparrow-3.76$ $\downarrow+4.21$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-0.27$ $\downarrow+0.34$	$\uparrow-0.03$ $\downarrow+0.08$	$\uparrow-0.31$ $\downarrow+0.38$	$\uparrow-1.11$ $\downarrow+0.22$	$\uparrow-1.11$ $\downarrow+0.22$	$\uparrow-0.29$ $\downarrow+0.29$	$\uparrow-0.32$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow+0.10$	$\uparrow-1.59$ $\downarrow+0.34$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.41$ $\downarrow+0.44$	$\uparrow-0.30$ $\downarrow+0.35$	$\uparrow-0.53$ $\downarrow+0.31$	$\uparrow-1.10$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow-1.10$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow-0.45$ $\downarrow+0.35$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+0.43$	$\uparrow-0.37$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow-1.56$ $\downarrow+0.44$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow+2.29$ $\downarrow-2.48$	$\uparrow+16.65$ $\downarrow-2.89$	$\uparrow+2.10$ $\downarrow-1.79$	$\uparrow+1.75$ $\downarrow-1.81$	$\uparrow+1.75$ $\downarrow-1.81$	$\uparrow+2.86$ $\downarrow-2.11$	$\uparrow+5.02$ $\downarrow-1.99$	$\uparrow+1.80$ $\downarrow+1.39$	$\uparrow+1.46$ $\downarrow+4.63$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+1.42$ $\downarrow-1.53$	$\uparrow+15.47$ $\downarrow-3.50$	$\uparrow+0.87$ $\downarrow-0.94$	$\uparrow+2.08$ $\downarrow-1.26$	$\uparrow+2.08$ $\downarrow-1.26$	$\uparrow+1.27$ $\downarrow-1.84$	$\uparrow+1.50$ $\downarrow-1.40$	$\uparrow+1.47$ $\downarrow+0.31$	$\uparrow+2.40$ $\downarrow+3.69$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-1.51$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.42$ $\downarrow-0.31$	$\uparrow+0.42$ $\downarrow-0.31$	$\uparrow-0.09$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.27$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow+0.03$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+0.61$ $\downarrow-0.87$	$\uparrow+14.31$ $\downarrow-1.65$	$\uparrow+0.82$ $\downarrow-0.63$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.56$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.56$	$\uparrow+1.03$ $\downarrow-1.00$	$\uparrow+0.51$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow+0.22$	$\uparrow+1.86$ $\downarrow+2.17$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+3.10$ $\downarrow-2.95$	$\uparrow+3.76$ $\downarrow-2.43$	$\uparrow+3.55$ $\downarrow-3.94$	$\uparrow+4.16$ $\downarrow-5.29$	$\uparrow+4.16$ $\downarrow-5.29$	$\uparrow+1.86$ $\downarrow-1.98$	$\uparrow+1.49$ $\downarrow-2.36$	$\uparrow+2.22$ $\downarrow-1.77$	$\uparrow+2.89$ $\downarrow-3.83$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-0.85$	$\uparrow+3.55$ $\downarrow-0.65$	$\uparrow+1.08$ $\downarrow-1.40$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-2.17$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-2.17$	$\uparrow+0.86$ $\downarrow-0.61$	$\uparrow+0.52$ $\downarrow-0.72$	$\uparrow+0.31$ $\downarrow+0.06$	$\uparrow+1.00$ $\downarrow-1.18$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.64$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow 0$ $\downarrow-1.41$	$\uparrow 0$ $\downarrow-1.41$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow+0.13$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.03$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+1.30$ $\downarrow-1.20$	$\uparrow+3.57$ $\downarrow-0.80$	$\uparrow+1.18$ $\downarrow-1.47$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-2.03$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-2.03$	$\uparrow+1.04$ $\downarrow-0.82$	$\uparrow+0.84$ $\downarrow-1.00$	$\uparrow+0.53$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow+1.66$ $\downarrow-1.57$
Muons ID	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons MS	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Scale	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Modelling	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+45.48$ $\downarrow-28.10$	$\uparrow+2.15$ $\downarrow-3.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+22.51$ $\downarrow-16.31$	$\uparrow+28.79$ $\downarrow-20.33$	$\uparrow+31.52$ $\downarrow-22.13$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Default PRW	$\uparrow+0.50$ $\downarrow-0.30$	$\uparrow+4.29$ $\downarrow-2.72$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow+2.95$ $\downarrow-2.52$	$\uparrow+2.95$ $\downarrow-2.52$	$\uparrow-1.17$ $\downarrow-0.13$	$\uparrow-2.37$ $\downarrow+0.35$	$\uparrow-0.16$ $\downarrow-1.30$	$\uparrow-2.27$ $\downarrow+1.35$
Matrix meth. (fake rate)	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-26.44$ $\downarrow+24.93$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Matrix meth. (real rate)	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+2.60$ $\downarrow-2.66$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
JES (Eta)	$\uparrow-0.34$ $\downarrow+0.15$	$\uparrow+2.59$ $\downarrow-1.71$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow-0.12$	$\uparrow-0.12$ $\downarrow+0.22$	$\uparrow-0.12$ $\downarrow+0.22$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow+0.51$	$\uparrow-0.10$ $\downarrow+0.37$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+0.27$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+1.64$ $\downarrow 0$	$\uparrow+34.94$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.75$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.95$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.95$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.51$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.24$ $\downarrow 0$	$\uparrow-12.21$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.38$ $\downarrow 0$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+2.32$ $\downarrow-2.40$	$\uparrow+17.94$ $\downarrow-5.23$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.27$	$\uparrow+3.38$ $\downarrow-2.58$	$\uparrow+3.38$ $\downarrow-2.58$	$\uparrow+3.03$ $\downarrow-1.23$	$\uparrow+0.77$ $\downarrow-1.47$	$\uparrow+1.84$ $\downarrow-1.22$	$\uparrow-0.12$ $\downarrow-1.00$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.87$ $\downarrow-0.94$	$\uparrow+6.41$ $\downarrow-7.44$	$\uparrow+0.38$ $\downarrow-0.76$	$\uparrow+0.48$ $\downarrow-0.45$	$\uparrow+0.48$ $\downarrow-0.45$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+0.58$ $\downarrow-0.69$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow+0.21$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+0.40$ $\downarrow-0.41$	$\uparrow+5.15$ $\downarrow-6.59$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.56$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.90$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.90$	$\uparrow+0.99$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow+0.47$ $\downarrow-0.40$	$\uparrow-0.52$ $\downarrow+0.62$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow 0$

Таблица К.10. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в WCR5 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow e\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow ee$	$t\bar{t}$	Single top	Fake	Diboson	$W \uparrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow \tau\tau$	EL 0500
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.25$ $\downarrow-1.24$	$\uparrow+1.37$ $\downarrow-1.37$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.09$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.14$	—	$\uparrow+1.29$ $\downarrow-1.29$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+1.15$ $\downarrow-1.15$	$\uparrow+1.55$ $\downarrow-1.55$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.92$ $\downarrow-0.91$	$\uparrow+0.96$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+0.68$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.01$	—	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-1.02$	$\uparrow+0.62$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow+0.63$ $\downarrow-0.63$	$\uparrow+3.51$ $\downarrow-3.51$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	—	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$
Electrons Scale	$\uparrow-0.71$ $\downarrow+0.72$	$\uparrow-0.89$ $\downarrow+2.98$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow+0.49$	$\uparrow-0.42$ $\downarrow+0.31$	—	$\uparrow-0.66$ $\downarrow+0.90$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow+0.41$	$\uparrow-0.25$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.58$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.12$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow+0.69$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow+0.16$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.44$	—	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.42$	$\uparrow-0.11$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow-0.57$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.28$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	—	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-0.34$ $\downarrow-0.34$	$\uparrow-5.52$ $\downarrow-5.52$	$\uparrow-0.73$ $\downarrow-0.73$	$\uparrow-0.37$ $\downarrow-0.37$	—	$\uparrow-0.47$ $\downarrow-0.47$	$\uparrow-0.58$ $\downarrow-0.58$	$\uparrow-0.78$ $\downarrow-0.78$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-0.46$ $\downarrow-0.46$	$\uparrow-7.98$ $\downarrow-7.98$	$\uparrow-0.53$ $\downarrow-0.53$	$\uparrow-0.15$ $\downarrow+0.15$	—	$\uparrow+0.14$ $\downarrow+0.14$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow-0.52$ $\downarrow-0.52$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow-0.20$
Etmis Scale	$\uparrow-0.42$ $\downarrow+0.38$	$\uparrow-8.45$ $\downarrow+10.70$	$\uparrow-0.55$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.33$	—	$\uparrow-0.47$ $\downarrow+0.45$	$\uparrow-0.33$ $\downarrow+0.09$	$\uparrow-0.87$ $\downarrow+0.38$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-2.29$ $\downarrow+2.31$	$\uparrow-1.91$ $\downarrow+3.90$	$\uparrow-2.20$ $\downarrow+2.74$	$\uparrow-2.99$ $\downarrow+3.18$	—	$\uparrow-2.58$ $\downarrow+1.74$	$\uparrow-1.82$ $\downarrow+2.33$	$\uparrow-1.65$ $\downarrow+1.63$	$\uparrow-3.21$ $\downarrow+2.94$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-3.21$ $\downarrow+3.42$	$\uparrow-2.40$ $\downarrow+4.81$	$\uparrow-3.15$ $\downarrow+3.40$	$\uparrow-3.33$ $\downarrow+3.34$	—	$\uparrow-3.03$ $\downarrow+3.53$	$\uparrow-2.55$ $\downarrow+3.51$	$\uparrow-2.99$ $\downarrow+2.34$	$\uparrow-6.34$ $\downarrow+4.45$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-0.27$ $\downarrow+0.35$	$\uparrow-0.04$ $\downarrow+0.11$	$\uparrow-0.32$ $\downarrow+0.38$	$\uparrow-1.13$ $\downarrow+0.22$	—	$\uparrow-0.29$ $\downarrow+0.29$	$\uparrow-0.32$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow+0.09$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.67$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.41$ $\downarrow+0.44$	$\uparrow-0.40$ $\downarrow+0.46$	$\uparrow-0.54$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-0.98$ $\downarrow+0.04$	—	$\uparrow-0.44$ $\downarrow+0.35$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+0.44$	$\uparrow-0.37$ $\downarrow+0.03$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.67$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow+2.24$ $\downarrow-2.45$	$\uparrow+21.27$ $\downarrow-3.27$	$\uparrow+2.14$ $\downarrow-1.88$	$\uparrow+1.38$ $\downarrow-1.75$	—	$\uparrow+2.91$ $\downarrow-2.83$	$\uparrow+4.66$ $\downarrow-1.97$	$\uparrow+1.74$ $\downarrow+1.38$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow+1.59$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+1.39$ $\downarrow-1.57$	$\uparrow+19.69$ $\downarrow-4.16$	$\uparrow+0.84$ $\downarrow-0.99$	$\uparrow+2.01$ $\downarrow-1.25$	—	$\uparrow+1.24$ $\downarrow-1.97$	$\uparrow+1.50$ $\downarrow-1.38$	$\uparrow+1.43$ $\downarrow+0.29$	$\uparrow+0.08$ $\downarrow+2.18$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-2.01$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.42$ $\downarrow-0.32$	—	$\uparrow-0.10$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.27$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-0.07$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+0.59$ $\downarrow-0.89$	$\uparrow+18.34$ $\downarrow-1.69$	$\uparrow+0.85$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+0.93$ $\downarrow-1.58$	—	$\uparrow+1.00$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow+0.53$ $\downarrow-0.60$	$\uparrow+1.05$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow+0.32$ $\downarrow+1.28$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+3.02$ $\downarrow-3.02$	$\uparrow+3.98$ $\downarrow-2.55$	$\uparrow+3.74$ $\downarrow-3.96$	$\uparrow+4.18$ $\downarrow-5.24$	—	$\uparrow+1.83$ $\downarrow-1.86$	$\uparrow+1.89$ $\downarrow-2.25$	$\uparrow+2.23$ $\downarrow-1.77$	$\uparrow+0.52$ $\downarrow-0.41$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-0.86$	$\uparrow+3.70$ $\downarrow-1.03$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.46$	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-2.07$	—	$\uparrow+0.78$ $\downarrow-0.60$	$\uparrow+0.56$ $\downarrow-0.53$	$\uparrow+0.30$ $\downarrow+0.06$	$\uparrow+0.67$ $\downarrow-0.21$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.14$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow 0$ $\downarrow-1.43$	—	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow+0.13$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow+0.67$ $\downarrow 0$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+1.22$ $\downarrow-1.24$	$\uparrow+3.57$ $\downarrow-1.08$	$\uparrow+1.19$ $\downarrow-1.53$	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-2.02$	—	$\uparrow+0.95$ $\downarrow-0.83$	$\uparrow+0.88$ $\downarrow-0.82$	$\uparrow+0.52$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow+0.67$ $\downarrow-0.59$
Muons ID	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons MS	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Scale	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Modelling	—	$\uparrow+46.91$ $\downarrow-28.52$	$\uparrow+4.81$ $\downarrow-6.22$	—	—	$\uparrow+22.48$ $\downarrow-16.29$	$\uparrow+28.74$ $\downarrow-20.31$	$\uparrow+31.46$ $\downarrow-22.11$	—
Default PRW	$\uparrow+0.44$ $\downarrow-0.27$	$\uparrow-0.41$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow-0.54$	$\uparrow+3.06$ $\downarrow-2.50$	—	$\uparrow-1.20$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow-2.36$ $\downarrow+0.34$	$\uparrow-0.15$ $\downarrow-1.29$	$\uparrow+1.23$ $\downarrow-6.20$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-26.29$ $\downarrow+24.72$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+2.67$ $\downarrow-2.74$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow-0.27$ $\downarrow+0.16$	$\uparrow+3.31$ $\downarrow-2.99$	$\uparrow-0.08$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow-0.10$ $\downarrow+0.34$	—	$\uparrow-0.03$ $\downarrow+0.35$	$\uparrow-0.09$ $\downarrow+0.37$	$\uparrow-0.25$ $\downarrow+0.31$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow 0$
Jets Energy Resolution	—	$\uparrow+33.89$ $\downarrow-$	$\uparrow+1.47$ $\downarrow-$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-$	—	$\uparrow+0.66$ $\downarrow-$	$\uparrow-0.13$ $\downarrow-$	$\uparrow-12.03$ $\downarrow-$	$\uparrow+1.44$ $\downarrow-$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+2.21$ $\downarrow-2.34$	$\uparrow+18.57$ $\downarrow-7.75$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.38$	$\uparrow+2.45$ $\downarrow-2.73$	—	$\uparrow+3.20$ $\downarrow-1.56$	$\uparrow+0.87$ $\downarrow-1.49$	$\uparrow+1.84$ $\downarrow-1.23$	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-0.06$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.83$ $\downarrow-0.95$	$\uparrow+7.66$ $\downarrow-7.47$	$\uparrow+0.41$ $\downarrow-0.80$	$\uparrow+0.72$ $\downarrow-0.44$	—	$\uparrow+1.13$ $\downarrow-0.95$	$\uparrow+0.58$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+0.56$ $\downarrow-0.13$	$\uparrow+1.03$ $\downarrow-0.00$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+0.43$ $\downarrow-0.38$	$\uparrow+4.41$ $\downarrow-5.10$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.54$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.80$	—	$\uparrow+0.86$ $\downarrow-0.13$	$\uparrow+0.42$ $\downarrow-0.39$	$\uparrow-0.56$ $\downarrow+0.63$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.16$

Таблица К.11. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в WCR6 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \rightarrow e\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \rightarrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	EL 0600
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.26$ $\downarrow-1.26$	$\uparrow+1.32$ $\downarrow-1.31$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+1.15$ $\downarrow-1.15$	—	$\uparrow+1.29$ $\downarrow-1.29$	$\uparrow+1.11$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+1.19$ $\downarrow-1.19$	$\uparrow+1.56$ $\downarrow-1.56$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.98$ $\downarrow-0.97$	$\uparrow+0.97$ $\downarrow-0.97$	$\uparrow+0.76$ $\downarrow-0.76$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow-1.10$	—	$\uparrow+1.13$ $\downarrow-1.12$	$\uparrow+0.66$ $\downarrow-0.66$	$\uparrow+0.71$ $\downarrow-0.71$	$\uparrow+3.17$ $\downarrow-3.17$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	—	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$
Electrons Scale	$\uparrow-0.53$ $\downarrow+0.83$	$\uparrow-3.02$ $\downarrow+4.87$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow+0.46$	$\uparrow-0.62$ $\downarrow+0.16$	—	$\uparrow-0.25$ $\downarrow+0.74$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow+0.07$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.42$	$\uparrow-0.56$ $\downarrow+1.00$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.11$ $\downarrow+0.14$	$\uparrow-0.24$ $\downarrow+1.50$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow-0.10$ $\downarrow-0.12$	—	$\uparrow+0.01$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow-0.05$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow-0.41$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow-0.08$ $\downarrow+0.04$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	—	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-0.34$ $\downarrow-0.34$	$\uparrow-3.34$ $\downarrow-3.34$	$\uparrow-0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow-0.57$ $\downarrow-0.57$	—	$\uparrow-0.30$ $\downarrow-0.30$	$\uparrow-0.29$ $\downarrow-0.29$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow-6.89$ $\downarrow-6.89$	$\uparrow-0.49$ $\downarrow-0.49$	$\uparrow-0.53$ $\downarrow-0.53$	—	$\uparrow-0.58$ $\downarrow-0.58$	$\uparrow-0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow-0.51$ $\downarrow-0.51$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow-0.01$
Etmis Scale	$\uparrow-0.22$ $\downarrow+0.33$	$\uparrow-6.89$ $\downarrow+11.59$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow+0.59$	$\uparrow-0.45$ $\downarrow+0.05$	—	$\uparrow-0.25$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow+0.23$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.23$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-2.40$ $\downarrow+2.45$	$\uparrow-1.92$ $\downarrow+5.32$	$\uparrow-2.53$ $\downarrow+3.03$	$\uparrow-1.65$ $\downarrow+2.46$	—	$\uparrow-2.90$ $\downarrow+1.71$	$\uparrow-1.72$ $\downarrow+3.00$	$\uparrow-2.05$ $\downarrow+1.85$	$\uparrow-4.37$ $\downarrow+4.88$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-3.40$ $\downarrow+3.67$	$\uparrow-2.79$ $\downarrow+6.30$	$\uparrow-3.89$ $\downarrow+3.95$	$\uparrow-2.93$ $\downarrow+2.74$	—	$\uparrow-3.50$ $\downarrow+3.09$	$\uparrow-2.64$ $\downarrow+4.08$	$\uparrow-3.51$ $\downarrow+2.36$	$\uparrow-5.85$ $\downarrow+7.53$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-0.28$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow-0.06$ $\downarrow+0.16$	$\uparrow-0.35$ $\downarrow+0.40$	$\uparrow-0.15$ $\downarrow+0.15$	—	$\uparrow-0.33$ $\downarrow+0.29$	$\uparrow-0.16$ $\downarrow+0.22$	$\uparrow-0.21$ $\downarrow+0.17$	$\uparrow-0.41$ $\downarrow+1.14$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.42$ $\downarrow+0.42$	$\uparrow-0.40$ $\downarrow+0.65$	$\uparrow-0.63$ $\downarrow+0.40$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow+0.06$	—	$\uparrow-0.52$ $\downarrow+0.34$	$\uparrow-0.28$ $\downarrow+0.47$	$\uparrow-0.35$ $\downarrow+0.09$	$\uparrow-0.41$ $\downarrow+1.39$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow+2.00$ $\downarrow-2.01$	$\uparrow+2.76$ $\downarrow-1.21$	$\uparrow+2.20$ $\downarrow-1.78$	$\uparrow+2.48$ $\downarrow-2.08$	—	$\uparrow+0.95$ $\downarrow-3.52$	$\uparrow+5.46$ $\downarrow-1.66$	$\uparrow+1.63$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow+1.66$ $\downarrow+2.42$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.13$	$\uparrow+0.68$ $\downarrow-1.11$	$\uparrow+1.42$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+2.00$ $\downarrow-1.01$	—	$\uparrow+0.92$ $\downarrow-2.68$	$\uparrow+1.72$ $\downarrow-1.58$	$\uparrow+1.69$ $\downarrow+0.51$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow+2.22$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.66$ $\downarrow-0.29$	—	$\uparrow+0.07$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow-0.25$ $\downarrow-0.02$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+0.45$ $\downarrow-0.76$	$\uparrow-0.51$ $\downarrow-0.92$	$\uparrow+1.07$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+0.96$ $\downarrow-1.29$	—	$\uparrow+0.66$ $\downarrow-1.83$	$\uparrow+0.88$ $\downarrow-0.88$	$\uparrow+1.36$ $\downarrow+0.21$	$\uparrow-0.34$ $\downarrow+0.88$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+3.31$ $\downarrow-2.69$	$\uparrow+2.86$ $\downarrow-2.11$	$\uparrow+4.25$ $\downarrow-3.98$	$\uparrow+3.65$ $\downarrow-2.95$	—	$\uparrow+1.33$ $\downarrow-2.15$	$\uparrow+3.41$ $\downarrow-2.36$	$\uparrow+3.25$ $\downarrow-2.88$	$\uparrow+2.98$ $\downarrow-2.25$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+1.11$ $\downarrow-0.87$	$\uparrow+2.22$ $\downarrow-0.37$	$\uparrow+1.57$ $\downarrow-1.66$	$\uparrow+0.94$ $\downarrow-1.33$	—	$\uparrow+0.44$ $\downarrow-0.73$	$\uparrow+0.95$ $\downarrow-0.67$	$\uparrow+0.77$ $\downarrow-0.87$	$\uparrow+1.34$ $\downarrow-0.59$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0.12$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.15$	—	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow-0.41$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+1.37$ $\downarrow-1.27$	$\uparrow+1.70$ $\downarrow-2.08$	$\uparrow+1.71$ $\downarrow-1.93$	$\uparrow+0.79$ $\downarrow-1.00$	—	$\uparrow+0.51$ $\downarrow-1.23$	$\uparrow+1.33$ $\downarrow-1.15$	$\uparrow+1.03$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow+1.69$ $\downarrow-0.88$
Muons ID	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons MS	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Scale	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Modelling	—	$\uparrow+46.60$ $\downarrow-28.38$	$\uparrow+3.91$ $\downarrow-5.32$	—	—	$\uparrow+23.45$ $\downarrow-16.85$	$\uparrow+27.27$ $\downarrow-19.62$	$\uparrow+31.86$ $\downarrow-22.95$	—
Default PRW	$\uparrow+0.34$ $\downarrow-0.28$	$\uparrow-1.34$ $\downarrow+1.05$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow+3.63$ $\downarrow-2.19$	—	$\uparrow-2.05$ $\downarrow-0.46$	$\uparrow-2.33$ $\downarrow+0.19$	$\uparrow+0.44$ $\downarrow-0.62$	$\uparrow-0.83$ $\downarrow-1.11$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-26.67$ $\downarrow+24.30$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+2.49$ $\downarrow-2.56$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow-0.06$ $\downarrow+0.27$	$\uparrow+2.63$ $\downarrow+0.25$	$\uparrow+0.27$ $\downarrow+0.11$	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.18$	—	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow-0.44$ $\downarrow+0.52$	$\uparrow-0.18$ $\downarrow+0.21$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow-0.00$
Jets Energy Resolution	—	$\uparrow+30.92$ $\downarrow$	$\uparrow+2.13$ $\downarrow$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow$	—	$\uparrow-1.82$ $\downarrow$	$\uparrow-0.24$ $\downarrow$	$\uparrow+0.70$ $\downarrow$	$\uparrow+1.21$ $\downarrow$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+2.55$ $\downarrow-2.10$	$\uparrow+17.30$ $\downarrow-3.35$	$\uparrow+1.39$ $\downarrow-0.13$	$\uparrow+1.55$ $\downarrow-1.79$	—	$\uparrow+0.63$ $\downarrow-2.43$	$\uparrow+1.21$ $\downarrow-1.58$	$\uparrow+3.18$ $\downarrow-1.54$	$\uparrow+1.75$ $\downarrow-0.48$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+1.07$ $\downarrow-0.87$	$\uparrow+11.16$ $\downarrow-4.27$	$\uparrow+0.86$ $\downarrow-0.56$	$\uparrow+0.43$ $\downarrow-0.50$	—	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-0.58$	$\uparrow+0.38$ $\downarrow-0.42$	$\uparrow+0.45$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+1.36$ $\downarrow-0.57$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+0.69$ $\downarrow-0.32$	$\uparrow+4.34$ $\downarrow+2.66$	$\uparrow+0.37$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.44$ $\downarrow-0.71$	—	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.31$	$\uparrow+0.43$ $\downarrow-0.38$	$\uparrow+0.58$ $\downarrow-0.39$

Таблица К.12. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в WCR7 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow e\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow ee$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \uparrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow \tau\tau$	EL 0700
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.26$ $\downarrow-1.26$	$\uparrow+1.33$ $\downarrow-1.33$	$\uparrow+1.12$ $\downarrow-1.12$	$\uparrow+1.16$ $\downarrow-1.16$	—	$\uparrow+1.33$ $\downarrow-1.33$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.09$	$\uparrow+1.18$ $\downarrow-1.18$	$\uparrow+1.52$ $\downarrow-1.52$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+1.06$ $\downarrow-1.06$	$\uparrow+1.06$ $\downarrow-1.06$	$\uparrow+0.88$ $\downarrow-0.88$	$\uparrow+1.24$ $\downarrow-1.24$	—	$\uparrow+1.27$ $\downarrow-1.27$	$\uparrow+0.68$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+0.76$ $\downarrow-0.76$	$\uparrow+3.35$ $\downarrow-3.35$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	—	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$
Electrons Scale	$\uparrow-0.64$ $\downarrow+0.67$	$\uparrow-1.87$ $\downarrow+1.64$	$\uparrow-0.44$ $\downarrow+0.56$	$\uparrow+0.30$ $\downarrow-0.21$	—	$\uparrow-1.03$ $\downarrow+0.36$	$\uparrow-0.17$ $\downarrow+0.21$	$\uparrow-0.39$ $\downarrow+0.17$	$\uparrow-0.48$ $\downarrow+0.80$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow+0.58$	$\uparrow-0.13$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.29$ $\downarrow+0.01$	—	$\uparrow-0.37$ $\downarrow+0.33$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow-0.27$ $\downarrow+0.09$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow+0.16$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	—	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-0.35$ $\downarrow-0.35$	$\uparrow-0.34$ $\downarrow-0.34$	$\uparrow-0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow-0.23$ $\downarrow-0.23$	—	$\uparrow-0.44$ $\downarrow-0.44$	$\uparrow-0.40$ $\downarrow-0.40$	$\uparrow+0.45$ $\downarrow+0.45$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow+0.18$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-0.46$ $\downarrow-0.46$	$\uparrow-3.70$ $\downarrow-3.70$	$\uparrow-0.79$ $\downarrow-0.79$	$\uparrow-0.46$ $\downarrow-0.46$	—	$\uparrow-0.05$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow-0.48$ $\downarrow-0.48$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow+0.16$
Etmis Scale	$\uparrow-0.32$ $\downarrow+0.31$	$\uparrow-3.71$ $\downarrow+6.34$	$\uparrow-0.29$ $\downarrow+0.27$	$\uparrow-0.46$ $\downarrow$	—	$\uparrow+0.20$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow-0.22$ $\downarrow+0.17$	$\uparrow-0.09$ $\downarrow+0.33$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.17$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-2.71$ $\downarrow+2.41$	$\uparrow-2.15$ $\downarrow+4.12$	$\uparrow-2.42$ $\downarrow+3.41$	$\uparrow-2.33$ $\downarrow+2.54$	—	$\uparrow-2.29$ $\downarrow+1.89$	$\uparrow-1.90$ $\downarrow+2.70$	$\uparrow-2.02$ $\downarrow+2.03$	$\uparrow-2.65$ $\downarrow+4.43$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-3.89$ $\downarrow+3.96$	$\uparrow-3.25$ $\downarrow+5.15$	$\uparrow-4.62$ $\downarrow+5.16$	$\uparrow-4.08$ $\downarrow+3.75$	—	$\uparrow-3.05$ $\downarrow+3.62$	$\uparrow-3.01$ $\downarrow+3.77$	$\uparrow-4.17$ $\downarrow+2.95$	$\uparrow-5.08$ $\downarrow+7.43$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-0.28$ $\downarrow+0.24$	$\uparrow-0.09$ $\downarrow+0.25$	$\uparrow-0.24$ $\downarrow+0.44$	$\uparrow-0.23$ $\downarrow$	—	$\uparrow-0.10$ $\downarrow+0.08$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow+0.19$	$\uparrow-0.28$ $\downarrow+0.19$	$\uparrow-0.31$ $\downarrow+0.30$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.49$ $\downarrow+0.39$	$\uparrow-0.16$ $\downarrow+0.73$	$\uparrow-0.65$ $\downarrow+0.51$	$\uparrow+0.07$ $\downarrow+0.09$	—	$\uparrow-0.14$ $\downarrow+0.15$	$\uparrow-0.22$ $\downarrow+0.59$	$\uparrow-0.47$ $\downarrow+0.17$	$\uparrow-0.64$ $\downarrow+0.64$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow+1.50$ $\downarrow-1.46$	$\uparrow+2.92$ $\downarrow-0.41$	$\uparrow+1.31$ $\downarrow-2.12$	$\uparrow+1.11$ $\downarrow-1.11$	—	$\uparrow+0.10$ $\downarrow-0.93$	$\uparrow+1.89$ $\downarrow-1.80$	$\uparrow+0.52$ $\downarrow-0.61$	$\uparrow-0.83$ $\downarrow+2.27$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+1.15$ $\downarrow-1.16$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+1.43$ $\downarrow-1.94$	$\uparrow+1.53$ $\downarrow-0.01$	—	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.89$	$\uparrow+1.62$ $\downarrow-1.51$	$\uparrow+0.68$ $\downarrow-0.49$	$\uparrow+2.13$ $\downarrow-2.32$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+0.39$ $\downarrow$	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow$	—	$\uparrow+0.04$ $\downarrow-0.12$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.12$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.86$ $\downarrow+0.70$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+0.75$ $\downarrow-0.76$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.70$ $\downarrow-1.38$	$\uparrow+0.89$ $\downarrow-0.65$	—	$\uparrow+0.28$ $\downarrow-0.31$	$\uparrow+1.08$ $\downarrow-0.77$	$\uparrow+0.41$ $\downarrow-0.66$	$\uparrow+0.78$ $\downarrow+1.77$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+2.55$ $\downarrow-2.65$	$\uparrow+0.27$ $\downarrow+0.23$	$\uparrow+3.43$ $\downarrow-3.78$	$\uparrow+2.49$ $\downarrow-1.79$	—	$\uparrow+1.93$ $\downarrow-0.32$	$\uparrow+3.26$ $\downarrow-2.91$	$\uparrow+2.76$ $\downarrow-2.15$	$\uparrow+2.02$ $\downarrow-0.54$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.13$	$\uparrow+0.42$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+1.21$ $\downarrow-1.61$	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.81$	—	$\uparrow+0.65$ $\downarrow-0.46$	$\uparrow+0.93$ $\downarrow-1.48$	$\uparrow+0.95$ $\downarrow-0.82$	$\uparrow+0.63$ $\downarrow-0.80$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0.14$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.07$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.31$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow-0.04$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.29$	$\uparrow+0.30$ $\downarrow-0.33$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+1.56$ $\downarrow-1.75$	$\uparrow+1.15$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+2.05$ $\downarrow-2.16$	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.49$	—	$\uparrow+0.78$ $\downarrow-0.57$	$\uparrow+1.66$ $\downarrow-1.97$	$\uparrow+1.37$ $\downarrow-1.00$	$\uparrow+1.12$ $\downarrow-0.97$
Muons ID	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons MS	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RES	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Scale	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Modelling	—	$\uparrow+46.54$ $\downarrow-28.48$	$\uparrow+4.03$ $\downarrow-4.13$	—	—	$\uparrow+24.10$ $\downarrow-17.36$	$\uparrow+26.66$ $\downarrow-19.35$	$\uparrow+32.69$ $\downarrow-23.62$	—
Default PRW	$\uparrow-0.06$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow-0.52$	$\uparrow-0.49$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+1.69$ $\downarrow-1.32$	—	$\uparrow-2.00$ $\downarrow-0.94$	$\uparrow-2.37$ $\downarrow+0.62$	$\uparrow-0.62$ $\downarrow+0.73$	$\uparrow+4.66$ $\downarrow-0.81$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-25.34$ $\downarrow+20.56$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+2.67$ $\downarrow-2.76$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow-0.38$ $\downarrow+0.09$	$\uparrow+1.38$ $\downarrow+3.04$	$\uparrow-0.45$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow+0.21$	—	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow-0.29$ $\downarrow+0.11$	$\uparrow-0.45$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow+0.34$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+0.06$ $\downarrow$	$\uparrow+28.05$ $\downarrow$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow$	$\uparrow+1.08$ $\downarrow$	—	$\uparrow+0.12$ $\downarrow$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow$	$\uparrow-0.33$ $\downarrow$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+1.97$ $\downarrow-2.32$	$\uparrow+15.06$ $\downarrow+0.72$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-0.90$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-1.11$	—	$\uparrow+2.87$ $\downarrow-1.90$	$\uparrow+2.15$ $\downarrow-1.61$	$\uparrow+1.24$ $\downarrow-0.31$	$\uparrow+1.12$ $\downarrow-0.51$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+1.00$ $\downarrow-1.20$	$\uparrow+9.03$ $\downarrow-1.98$	$\uparrow+0.94$ $\downarrow-0.95$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow+0.33$	—	$\uparrow+0.28$ $\downarrow-0.99$	$\uparrow+0.52$ $\downarrow-1.21$	$\uparrow+0.42$ $\downarrow-0.55$	$\uparrow+1.29$ $\downarrow-0.48$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.58$	$\uparrow+1.70$ $\downarrow+2.68$	$\uparrow+0.78$ $\downarrow-0.72$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.42$	—	$\uparrow+1.85$ $\downarrow+0.14$	$\uparrow+0.29$ $\downarrow-0.70$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.49$ $\downarrow-0.33$

Таблица К.13. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в WCR8 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow e\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow ee$	$t\bar{t}$	Single top	Fake	Diboson	$W \rightarrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow \tau\tau$	EL 0800	EL 0900
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.25$ $\downarrow-1.25$	$\uparrow+1.40$ $\downarrow-1.40$	$\uparrow+1.13$ $\downarrow-1.13$	$\uparrow+1.15$ $\downarrow-1.15$	—	$\uparrow+1.36$ $\downarrow-1.36$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.09$	$\uparrow+1.15$ $\downarrow-1.15$	$\uparrow+1.52$ $\downarrow-1.52$	$\uparrow+1.57$ $\downarrow-1.57$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+1.13$ $\downarrow-1.13$	$\uparrow+1.16$ $\downarrow-1.16$	$\uparrow+0.99$ $\downarrow-0.99$	$\uparrow+1.38$ $\downarrow-1.38$	—	$\uparrow+1.41$ $\downarrow-1.41$	$\uparrow+0.71$ $\downarrow-0.71$	$\uparrow+0.80$ $\downarrow-0.80$	$\uparrow+3.52$ $\downarrow-3.52$	$\uparrow+3.51$ $\downarrow-3.51$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	—	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$
Electrons Scale	$\uparrow-0.62$ $\downarrow+0.80$	$\uparrow-2.41$ $\downarrow+2.21$	$\uparrow-0.57$ $\downarrow+0.57$	$\uparrow-0.51$ $\downarrow+0.51$	—	$\uparrow-1.36$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow+0.39$	$\uparrow-0.41$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow-0.59$ $\downarrow+0.23$	$\uparrow-0.43$ $\downarrow+0.23$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.14$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+1.16$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow-0.98$	—	$\uparrow-0.10$ $\downarrow+0.45$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow-0.04$ $\downarrow-0.37$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow-0.00$ $\downarrow+0.02$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	—	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow-3.37$ $\downarrow-3.37$	$\uparrow-0.99$ $\downarrow-0.99$	$\uparrow-1.89$ $\downarrow-1.89$	—	$\uparrow-0.84$ $\downarrow-0.84$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow+0.55$	$\uparrow-0.40$ $\downarrow-0.40$	$\uparrow+0.35$ $\downarrow+0.35$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow-4.90$ $\downarrow-4.90$	$\uparrow-0.47$ $\downarrow-0.47$	$\uparrow-1.20$ $\downarrow-1.20$	—	$\uparrow-0.35$ $\downarrow-0.35$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow+0.19$	$\uparrow-0.40$ $\downarrow-0.40$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow+0.17$	$\uparrow-0.09$ $\downarrow-0.09$
Etmis Scale	$\uparrow-0.12$ $\downarrow+0.26$	$\uparrow-4.89$ $\downarrow+4.46$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+0.55$	$\uparrow-0.99$ $\downarrow+0.99$	—	$\uparrow-0.92$ $\downarrow+0.42$	$\uparrow-0.15$ $\downarrow+0.28$	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.02$	$\uparrow-0.30$ $\downarrow+0.02$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-2.82$ $\downarrow-2.39$	$\uparrow-2.35$ $\downarrow+4.02$	$\uparrow-2.89$ $\downarrow+3.56$	$\uparrow-2.39$ $\downarrow+3.34$	—	$\uparrow-2.52$ $\downarrow+2.60$	$\uparrow-1.83$ $\downarrow+2.59$	$\uparrow-2.23$ $\downarrow+2.70$	$\uparrow-2.62$ $\downarrow+4.16$	$\uparrow-4.81$ $\downarrow+4.30$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-4.07$ $\downarrow+3.84$	$\uparrow-3.52$ $\downarrow+4.83$	$\uparrow-3.52$ $\downarrow+5.77$	$\uparrow-3.45$ $\downarrow+4.48$	—	$\uparrow-3.15$ $\downarrow+4.04$	$\uparrow-3.24$ $\downarrow+3.89$	$\uparrow-4.50$ $\downarrow+3.75$	$\uparrow-3.90$ $\downarrow+4.82$	$\uparrow-5.97$ $\downarrow+5.51$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-0.23$ $\downarrow+0.18$	$\uparrow-0.15$ $\downarrow+0.41$	$\uparrow-0.23$ $\downarrow+0.44$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow-0.07$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow-0.04$ $\downarrow+0.14$	$\uparrow-0.15$ $\downarrow+0.24$	$\uparrow-0.25$ $\downarrow+0.21$	$\uparrow-0.14$ $\downarrow+0.14$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.47$ $\downarrow+0.40$	$\uparrow-0.26$ $\downarrow+1.08$	$\uparrow-0.87$ $\downarrow+0.64$	$\uparrow+0.48$ $\downarrow+0.14$	—	$\uparrow-0.11$ $\downarrow+0.16$	$\uparrow-0.22$ $\downarrow+0.41$	$\uparrow-0.36$ $\downarrow+0.17$	$\uparrow-0.54$ $\downarrow+0.92$	$\uparrow-0.14$ $\downarrow+0.37$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.06$	$\uparrow+4.29$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.89$ $\downarrow-1.32$	$\uparrow+0.34$ $\downarrow-2.02$	—	$\uparrow-0.49$ $\downarrow-1.66$	$\uparrow+1.56$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow-0.12$ $\downarrow-0.49$	$\uparrow+0.29$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow+1.27$ $\downarrow+5.15$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+1.44$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.57$	$\uparrow+1.74$ $\downarrow-1.49$	$\uparrow+0.34$ $\downarrow-1.20$	—	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-1.52$	$\uparrow+1.69$ $\downarrow-0.78$	$\uparrow+0.33$ $\downarrow-1.04$	$\uparrow+1.31$ $\downarrow-1.19$	$\uparrow+2.00$ $\downarrow+6.00$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow-0.03$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow-0.11$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.34$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.99$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.34$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.38$	$\uparrow+0.36$ $\downarrow-1.08$	$\uparrow+0.51$ $\downarrow-0.15$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+0.88$ $\downarrow-0.72$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow+0.91$ $\downarrow-0.99$	$\uparrow+0.34$ $\downarrow-2.02$	—	$\uparrow-0.06$ $\downarrow-1.68$	$\uparrow+1.31$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-0.70$	$\uparrow+0.89$ $\downarrow-2.36$	$\uparrow-0.60$ $\downarrow+2.40$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+2.09$ $\downarrow-2.22$	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-1.31$	$\uparrow+2.46$ $\downarrow-3.29$	$\uparrow+2.00$ $\downarrow-2.37$	—	$\uparrow+1.30$ $\downarrow+1.44$	$\uparrow+2.53$ $\downarrow-1.44$	$\uparrow+3.04$ $\downarrow-2.01$	$\uparrow+2.42$ $\downarrow-2.93$	$\uparrow+0.69$ $\downarrow-0.35$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+1.11$ $\downarrow-1.03$	$\uparrow+1.12$ $\downarrow+0.09$	$\uparrow+1.35$ $\downarrow-1.72$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow-1.33$	—	$\uparrow+0.43$ $\downarrow-1.07$	$\uparrow+0.86$ $\downarrow-0.92$	$\uparrow+0.43$ $\downarrow-1.06$	$\uparrow+0.74$ $\downarrow-0.37$	$\uparrow-0.35$ $\downarrow-0.43$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.29$ $\downarrow-0.33$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.99$	—	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow-0.15$ $\downarrow+0.00$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+1.75$ $\downarrow-1.78$	$\uparrow+1.91$ $\downarrow-2.80$	$\uparrow+2.65$ $\downarrow-2.69$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.85$	—	$\uparrow+0.80$ $\downarrow-1.16$	$\uparrow+2.05$ $\downarrow-1.29$	$\uparrow+1.53$ $\downarrow-1.69$	$\uparrow+1.78$ $\downarrow-1.25$	$\uparrow+0.50$ $\downarrow-0.17$
Muons ID	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons MS	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons Sagitta RES	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons Scale	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Modelling	—	$\uparrow+44.76$ $\downarrow-28.62$	$\uparrow+23.78$ $\downarrow-23.40$	—	—	$\uparrow+23.92$ $\downarrow-17.24$	$\uparrow+27.77$ $\downarrow-19.74$	$\uparrow+34.61$ $\downarrow-25.73$	—	—
Default PRW	$\uparrow+0.12$ $\downarrow-0.14$	$\uparrow+0.41$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.79$ $\downarrow-2.60$	$\uparrow+6.40$ $\downarrow-3.89$	—	$\uparrow-1.68$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow-0.79$ $\downarrow+0.43$	$\uparrow+1.08$ $\downarrow-1.18$	$\uparrow+5.12$ $\downarrow-3.99$	$\uparrow-0.44$ $\downarrow+1.78$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-30.08$ $\downarrow+20.73$	—	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+2.48$ $\downarrow-2.57$	—	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow-0.06$ $\downarrow+0.18$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow-0.63$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow+0.76$	$\uparrow-0.99$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow-0.69$ $\downarrow+0.23$	$\uparrow-0.17$ $\downarrow+0.42$	$\uparrow-0.38$ $\downarrow-0.54$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+0.51$ $\downarrow-0.51$	$\uparrow+19.44$ $\downarrow-19.44$	$\uparrow-0.60$ $\downarrow-0.60$	$\uparrow-0.46$ $\downarrow-0.46$	—	$\uparrow+0.27$ $\downarrow-0.27$	$\uparrow+1.49$ $\downarrow-1.49$	$\uparrow-1.89$ $\downarrow-1.89$	$\uparrow+1.03$ $\downarrow-1.03$	$\uparrow-0.98$ $\downarrow-0.98$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+2.22$ $\downarrow-2.09$	$\uparrow+9.42$ $\downarrow-0.59$	$\uparrow+1.75$ $\downarrow-0.53$	$\uparrow+1.36$ $\downarrow-2.00$	—	$\uparrow+1.30$ $\downarrow-3.82$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.74$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-1.76$	$\uparrow+0.69$ $\downarrow-0.93$	$\uparrow+0.31$ $\downarrow-0.69$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+1.34$ $\downarrow-1.30$	$\uparrow+9.83$ $\downarrow-4.13$	$\uparrow+0.76$ $\downarrow-0.85$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-1.65$	—	$\uparrow+0.62$ $\downarrow-0.80$	$\uparrow+0.84$ $\downarrow-0.80$	$\uparrow-0.22$ $\downarrow-1.22$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.76$	$\uparrow+0.47$ $\downarrow-0.80$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.35$	$\uparrow-0.65$ $\downarrow+1.36$	$\uparrow+0.69$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow-0.99$ $\downarrow-0.93$	—	$\uparrow+0.27$ $\downarrow+0.16$	$\uparrow-0.11$ $\downarrow-0.48$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.43$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow+0.03$	$\uparrow-0.16$ $\downarrow-0.59$

Таблица К.14. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в WCR9 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \rightarrow e\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$t\bar{t}$	Single top	Fake	Diboson	$W \rightarrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	EL 1000	EL 1250
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.25$ $\downarrow-1.25$	$\uparrow+1.36$ $\downarrow-1.36$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow+1.11$ $\downarrow-1.11$	—	$\uparrow+1.28$ $\downarrow-1.28$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow+1.47$ $\downarrow-1.47$	$\uparrow+1.58$ $\downarrow-1.58$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+1.20$ $\downarrow-1.19$	$\uparrow+1.17$ $\downarrow-1.17$	$\uparrow+1.07$ $\downarrow-1.07$	$\uparrow+1.45$ $\downarrow-1.45$	—	$\uparrow+1.42$ $\downarrow-1.42$	$\uparrow+0.75$ $\downarrow-0.75$	$\uparrow+0.88$ $\downarrow-0.88$	$\uparrow+3.68$ $\downarrow-3.68$	$\uparrow+3.76$ $\downarrow-3.76$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	—	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$
Electrons Scale	$\uparrow-0.61$ $\downarrow+0.49$	$\uparrow-1.21$ $\downarrow+1.28$	$\uparrow-0.34$ $\downarrow+0.92$	$\uparrow-0.52$ $\downarrow+0.92$	—	$\uparrow-0.58$ $\downarrow+5.07$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow-0.35$ $\downarrow+0.31$	$\uparrow-1.13$ $\downarrow+0.73$	$\uparrow-0.13$ $\downarrow+0.26$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow+0.41$ $\downarrow-0.48$	$\uparrow+0.12$ $\downarrow+0.37$	$\uparrow+0.77$ $\downarrow+0.77$	—	$\uparrow-0.46$ $\downarrow+5.47$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow+0.36$ $\downarrow-0.39$	$\uparrow-0.00$ $\downarrow+0.39$	$\uparrow+0.26$ $\downarrow-0.26$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	—	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow-3.07$ $\downarrow-3.07$	$\uparrow-0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.49$ $\downarrow-0.49$	—	$\uparrow-1.03$ $\downarrow-1.03$	$\uparrow+0.33$ $\downarrow+0.33$	$\uparrow-1.20$ $\downarrow-1.20$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow+0.55$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.13$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-0.28$ $\downarrow-0.28$	$\uparrow-4.12$ $\downarrow-4.12$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow-0.49$ $\downarrow-0.49$	—	$\uparrow+0.70$ $\downarrow+0.70$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow+0.02$	$\uparrow-0.63$ $\downarrow-0.63$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow+0.25$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Etmis Scale	$\uparrow-0.18$ $\downarrow+0.17$	$\uparrow-3.69$ $\downarrow+3.65$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow+0.64$	$\uparrow+0.54$ $\downarrow+0.54$	—	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.68$	$\uparrow-0.24$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow-0.54$ $\downarrow+0.15$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow+0.19$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-2.97$ $\downarrow+2.53$	$\uparrow-3.22$ $\downarrow+3.10$	$\uparrow-2.74$ $\downarrow+3.90$	$\uparrow-4.40$ $\downarrow+3.86$	—	$\uparrow-2.81$ $\downarrow+2.26$	$\uparrow-2.28$ $\downarrow+2.36$	$\uparrow-2.37$ $\downarrow+2.54$	$\uparrow-3.52$ $\downarrow+5.61$	$\uparrow-3.54$ $\downarrow+3.18$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-4.37$ $\downarrow+4.09$	$\uparrow-3.80$ $\downarrow+3.93$	$\uparrow-5.87$ $\downarrow+6.46$	$\uparrow-6.03$ $\downarrow+5.08$	—	$\uparrow-3.22$ $\downarrow+3.80$	$\uparrow-4.07$ $\downarrow+3.72$	$\uparrow-3.02$ $\downarrow+3.88$	$\uparrow-4.77$ $\downarrow+6.96$	$\uparrow-4.64$ $\downarrow+4.56$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-0.18$ $\downarrow+0.23$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow-0.11$ $\downarrow+0.24$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow-0.12$ $\downarrow+0.07$	$\uparrow-0.13$ $\downarrow+0.11$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.13$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow+0.21$	$\uparrow-0.88$ $\downarrow+0.25$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.37$ $\downarrow+0.46$	$\uparrow-0.21$ $\downarrow+0.20$	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.59$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.13$	$\uparrow-0.31$ $\downarrow+0.27$	$\uparrow-0.47$ $\downarrow+0.46$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow+0.97$	$\uparrow-0.46$ $\downarrow+0.29$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow+0.66$ $\downarrow-0.60$	$\uparrow+8.07$ $\downarrow-1.11$	$\uparrow+0.72$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+1.59$ $\downarrow-1.59$	—	$\uparrow+0.14$ $\downarrow-2.03$	$\uparrow+0.65$ $\downarrow-0.64$	$\uparrow-0.23$ $\downarrow-0.12$	$\uparrow+1.88$ $\downarrow+0.83$	$\uparrow-1.65$ $\downarrow+3.35$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+0.94$ $\downarrow-0.94$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-1.68$	$\uparrow+1.93$ $\downarrow-0.69$	$\uparrow+0.92$ $\downarrow-0.92$	—	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-3.20$	$\uparrow+0.71$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow-0.08$ $\downarrow-0.59$	$\uparrow+2.74$ $\downarrow+3.59$	$\uparrow-2.20$ $\downarrow+3.59$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow-0.04$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow+0.13$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.13$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow+0.08$ $\downarrow+0.08$	$\uparrow+0.66$ $\downarrow+0.19$	$\uparrow+0.85$ $\downarrow-0.28$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+0.61$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-1.33$	$\uparrow+0.72$ $\downarrow-0.12$	$\uparrow+1.59$ $\downarrow-1.59$	—	$\uparrow+0.96$ $\downarrow-2.04$	$\uparrow+0.48$ $\downarrow-0.42$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.37$ $\downarrow+1.29$	$\uparrow-1.88$ $\downarrow+2.86$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+1.54$ $\downarrow-1.67$	$\uparrow+2.01$ $\downarrow-1.09$	$\uparrow+1.93$ $\downarrow-0.73$	$\uparrow+1.31$ $\downarrow-0.49$	—	$\uparrow+1.09$ $\downarrow+4.84$	$\uparrow+1.54$ $\downarrow-2.04$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+2.01$ $\downarrow-0.61$	$\uparrow+0.68$ $\downarrow-0.01$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+0.91$ $\downarrow-0.69$	$\uparrow+0.38$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow+1.46$ $\downarrow-0.46$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.49$	—	$\uparrow+0.94$ $\downarrow-1.00$	$\uparrow+0.45$ $\downarrow-0.78$	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.61$	$\uparrow+0.92$ $\downarrow-0.39$	$\uparrow-0.00$ $\downarrow+0.15$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow+0.38$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.27$ $\downarrow-0.67$	$\uparrow+0.10$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow+0.12$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+1.79$ $\downarrow-1.64$	$\uparrow+2.16$ $\downarrow-1.88$	$\uparrow+2.91$ $\downarrow-1.68$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.49$	—	$\uparrow+1.17$ $\downarrow-1.05$	$\uparrow+1.25$ $\downarrow-1.99$	$\uparrow+0.80$ $\downarrow-1.71$	$\uparrow+2.39$ $\downarrow-0.88$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow+0.48$
Muons ID	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons MS	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons Sagitta RES	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons Scale	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Modelling	—	$\uparrow+46.35$ $\downarrow-29.87$	$\uparrow+26.30$ $\downarrow-24.81$	—	—	$\uparrow+25.30$ $\downarrow-18.05$	$\uparrow+31.42$ $\downarrow-21.66$	$\uparrow+31.24$ $\downarrow-22.94$	—	—
Default PRW	$\uparrow+0.75$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow-2.96$ $\downarrow+1.16$	$\uparrow+1.21$ $\downarrow-3.52$	$\uparrow+9.89$ $\downarrow-3.97$	—	$\uparrow-4.24$ $\downarrow+2.99$	$\uparrow+0.27$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow-1.04$ $\downarrow+0.85$	$\uparrow-0.62$ $\downarrow+2.21$	$\uparrow+0.68$ $\downarrow-1.29$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-36.96$ $\downarrow+20.76$	—	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+2.75$ $\downarrow-2.86$	—	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow-0.27$ $\downarrow+0.14$	$\uparrow-1.55$ $\downarrow+2.58$	$\uparrow+0.12$ $\downarrow+1.21$	$\uparrow-0.54$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow-0.35$ $\downarrow+0.14$	$\uparrow-0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow-0.44$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.73$ $\downarrow+0.16$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow-0.13$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+0.64$ $\downarrow-1.87$	$\uparrow+21.45$ $\downarrow-1.03$	$\uparrow+1.82$ $\downarrow+1.89$	$\uparrow+1.41$ $\downarrow+0.09$	—	$\uparrow+5.68$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow-1.45$ $\downarrow-1.78$	$\uparrow+0.98$ $\downarrow-2.58$	$\uparrow+0.45$ $\downarrow-1.20$	$\uparrow+0.93$ $\downarrow-0.13$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+2.12$ $\downarrow-1.87$	$\uparrow+3.93$ $\downarrow-1.03$	$\uparrow+0.75$ $\downarrow+1.89$	$\uparrow+1.66$ $\downarrow+0.09$	—	$\uparrow+5.73$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+1.66$ $\downarrow-1.78$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-2.58$	$\uparrow+1.06$ $\downarrow-1.20$	$\uparrow+0.39$ $\downarrow-0.13$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+1.25$ $\downarrow-1.16$	$\uparrow+5.80$ $\downarrow-1.97$	$\uparrow+1.12$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+1.32$ $\downarrow-1.11$	—	$\uparrow+0.74$ $\downarrow-0.99$	$\uparrow+0.66$ $\downarrow-1.27$	$\uparrow-0.06$ $\downarrow-0.73$	$\uparrow+1.20$ $\downarrow-1.71$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-0.52$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+0.44$ $\downarrow-0.36$	$\uparrow-1.93$ $\downarrow+2.64$	$\uparrow+0.87$ $\downarrow+0.43$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.54$	—	$\uparrow-0.23$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow-0.21$ $\downarrow-0.36$	$\uparrow-0.04$ $\downarrow+0.08$	$\uparrow+0.89$ $\downarrow+0.18$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow-0.25$

Таблица К.15. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в WCR9 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	EL 1500	EL 1750	EL 2000	EL 2250	EL 2500	EL 2750	EL 3000	EL 3250	EL 3500	EL 3750
Default Electron Identification Eff	↑+1.46 ↓-1.46	↑+1.54 ↓-1.54	↑+1.46 ↓-1.46	↑+1.47 ↓-1.47	↑+1.44 ↓-1.44	↑+1.47 ↓-1.47	↑+1.43 ↓-1.43	↑+1.44 ↓-1.44	↑+1.51 ↓-1.51	↑+1.46 ↓-1.46
Default Electron Isolation Eff	↑+3.82 ↓-3.82	↑+3.74 ↓-3.74	↑+3.82 ↓-3.82	↑+3.75 ↓-3.75	↑+3.80 ↓-3.80	↑+3.91 ↓-3.91	↑+3.73 ↓-3.73	↑+3.99 ↓-3.99	↑+3.88 ↓-3.88	↑+3.96 ↓-3.96
Default Electron Reconstruction Eff	↑+0.21 ↓-0.21	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.21 ↓-0.21	↑+0.23 ↓-0.23	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.21 ↓-0.21	↑+0.23 ↓-0.23	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.23 ↓-0.23
Electrons Scale	↑-0.21 ↓+0.23	↑-0.26 ↓0	↑-0.11 ↓0	↑0 ↓-0.00	↑0 ↓0	↑+0.00 ↓+0.24	↑0 ↓0	↑+0.13 ↓-0.00	↑0 ↓0	↑-0.31 ↓-0.34
Electrons Resolution	↑+0.12 ↓-0.21	↑-0.13 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓-0.12	↑0 ↓0	↑0 ↓+0.12	↑0 ↓0	↑0 ↓-0.00	↑0 ↓0	↑0 ↓-0.19
Default Electron Trigger Eff	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.19 ↓-0.19	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.19 ↓-0.19	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.20 ↓-0.20	↑+0.19 ↓-0.19
Etmiss RES Parallel	↑+0.12 ↓+0.12	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.12 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Etmiss RES Perpendicular	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.11 ↓+0.11	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Etmiss Scale	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.11 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.11 ↓+0.12	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet D2 Baseline	↑-3.90 ↓+4.19	↑-5.04 ↓+4.68	↑-4.75 ↓+7.88	↑-4.17 ↓+7.47	↑-5.20 ↓+5.20	↑-4.96 ↓+6.50	↑-5.85 ↓+7.05	↑-5.44 ↓+6.82	↑-7.04 ↓+8.98	↑-6.11 ↓+6.94
Fat jet D2 Modelling	↑-6.47 ↓+4.46	↑-5.81 ↓+6.12	↑-5.21 ↓+8.87	↑-5.00 ↓+8.15	↑-5.78 ↓+5.75	↑-5.70 ↓+7.69	↑-5.85 ↓+7.06	↑-5.51 ↓+6.23	↑-7.16 ↓+9.13	↑-6.12 ↓+6.24
Fat jet D2 TotalStat	↑-0.32 ↓+0.68	↑-0.71 ↓+0.77	↑-1.76 ↓+0.57	↑-0.83 ↓+1.75	↑-2.27 ↓+1.06	↑-1.44 ↓+2.49	↑-2.02 ↓+1.08	↑-3.46 ↓+1.73	↑-4.08 ↓+3.91	↑-3.83 ↓+4.12
Fat jet D2 Tracking	↑-0.60 ↓+0.59	↑-0.46 ↓+0.53	↑-0.64 ↓+0.32	↑-0.51 ↓+0.87	↑-1.72 ↓+0.84	↑-0.70 ↓+1.25	↑-0.58 ↓+0.73	↑-0.44 ↓+0.63	↑-0.72 ↓+1.78	↑-1.46 ↓+1.75
Fat jet Mass Baseline	↑+0.63 ↓+3.90	↑+2.38 ↓+5.69	↑-0.64 ↓+0.60	↑+2.25 ↓+1.78	↑+3.26 ↓+1.60	↑+4.41 ↓+0.57	↑+0.97 ↓-1.13	↑+0.67 ↓-2.51	↑+8.85 ↓+2.69	↑+4.10 ↓-0.23
Fat jet Mass Modelling	↑+2.25 ↓+3.77	↑+1.65 ↓+4.24	↑-1.51 ↓+0.80	↑+0.93 ↓+0.91	↑+1.68 ↓+1.34	↑+1.71 ↓+0.90	↑+0.44 ↓-3.63	↑+0.09 ↓-1.11	↑+4.66 ↓+1.88	↑+2.63 ↓-0.98
Fat jet Mass TotalStat	↑-0.10 ↓+1.10	↑+0.89 ↓+1.62	↑-0.35 ↓-0.32	↑+1.37 ↓-0.48	↑+3.21 ↓-1.62	↑+2.27 ↓-0.41	↑+2.00 ↓-3.22	↑+1.21 ↓-4.49	↑+5.94 ↓-1.11	↑+5.14 ↓-1.37
Fat jet Mass Tracking	↑+1.31 ↓+2.78	↑+2.42 ↓+2.13	↑-0.78 ↓-0.39	↑+1.45 ↓+1.20	↑+1.44 ↓+0.51	↑+2.41 ↓+1.76	↑+1.29 ↓-3.18	↑+0.57 ↓-1.81	↑+4.31 ↓+1.79	↑+2.62 ↓-1.13
Fat jet pT Baseline	↑+0.41 ↓+2.49	↑+0.16 ↓+1.70	↑-1.33 ↓-1.20	↑+0.57 ↓+0.82	↑-0.51 ↓+0.09	↑-1.80 ↓+1.72	↑-2.18 ↓+1.49	↑-2.53 ↓+1.93	↑+0.30 ↓+3.22	↑-1.75 ↓+3.93
Fat jet pT Modelling	↑+0.28 ↓+0.12	↑0 ↓+0.01	↑-0.53 ↓-1.01	↑+0.34 ↓-0.13	↑-0.40 ↓-0.37	↑+0.04 ↓+1.02	↑-1.91 ↓+0.82	↑-0.19 ↓+1.09	↑-0.27 ↓+0.60	↑-0.55 ↓+0.63
Fat jet pT TotalStat	↑-0.25 ↓+0.19	↑+0.29 ↓+0.26	↑-0.90 ↓-0.53	↑-0.59 ↓-0.04	↑+0.05 ↓-0.40	↑-0.20 ↓+0.36	↑-2.02 ↓+1.75	↑-0.59 ↓+1.22	↑-0.53 ↓+2.78	↑-1.39 ↓+2.13
Fat jet pT Tracking	↑+0.39 ↓+1.31	↑+0.45 ↓+0.05	↑-0.76 ↓-0.97	↑+0.42 ↓+0.23	↑+0.09 ↓-0.72	↑+0.23 ↓+1.27	↑-2.25 ↓+1.60	↑-1.59 ↓+1.68	↑+0.65 ↓+1.93	↑-0.46 ↓+1.56
Muons ID	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons MS	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RES	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RHO	↑0 ↓0	↑+0.13 ↓+0.13	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Scale	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Default PRW	↑-0.29 ↓+1.18	↑-2.87 ↓+0.85	↑+1.54 ↓-0.01	↑-5.48 ↓+3.85	↑-0.26 ↓+0.39	↑-0.12 ↓+0.16	↑-2.99 ↓+2.69	↑-0.32 ↓-0.21	↑-0.18 ↓-1.16	↑-3.02 ↓+2.06
JES (Eta)	↑-0.09 ↓+0.13	↑+0.01 ↓0	↑+0.11 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.11 ↓+0.12	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Jets Energy Resolution	↑+0.57 ↓-	↑+0.00 ↓-	↑-0.16 ↓-	↑-0.06 ↓-	↑+0.47 ↓-	↑+0.13 ↓-	↑+0.55 ↓-	↑+0.36 ↓-	↑+0.30 ↓-	↑+0.08 ↓-
JES (In-situ analyses - N.P.1)	↑+0.88 ↓+0.04	↑+0.13 ↓-0.15	↑-0.11 ↓-0.12	↑+0.11 ↓-0.24	↑+0.00 ↓+0.06	↑+0.36 ↓+0.17	↑+0.18 ↓0	↑0 ↓+0.13	↑+0.25 ↓+0.45	↑-0.10 ↓-0.31
JES (In-situ analyses - N.P.2)	↑+0.48 ↓-0.32	↑+0.25 ↓-0.37	↑-0.01 ↓-0.11	↑+0.11 ↓-0.12	↑0 ↓-0.12	↑+0.36 ↓0	↑+0.18 ↓0	↑+0.12 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
JES (In-situ analyses - N.P.3)	↑+0.23 ↓-0.11	↑+0.25 ↓-0.26	↑-0.11 ↓-0.11	↑0 ↓-0.37	↑0 ↓0	↑+0.36 ↓0	↑+0.18 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.11 ↓0



Таблица К.16. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в WCR9 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	EL 4000
Default Electron Identification Eff	↑+1.45 ↓-1.45
Default Electron Isolation Eff	↑+3.92 ↓-3.92
Default Electron Reconstruction Eff	↑+0.22 ↓-0.22
Electrons Scale	↑0 ↓-0.00
Electrons Resolution	↑0 ↓0
Default Electron Trigger Eff	↑+0.18 ↓-0.18
Emiss RES Parallel	↑0 ↓0
Emiss RES Perpendicular	↑0 ↓0
Emiss Scale	↑0 ↓0
Fat jet D2 Baseline	↑-6.19 ↓+6.45
Fat jet D2 Modelling	↑-5.53 ↓+6.25
Fat jet D2 TotalStat	↑-3.86 ↓+4.44
Fat jet D2 Tracking	↑-0.73 ↓+0.81
Fat jet Mass Baseline	↑+9.11 ↓-3.37
Fat jet Mass Modelling	↑+2.67 ↓-1.09
Fat jet Mass TotalStat	↑+9.02 ↓-4.36
Fat jet Mass Tracking	↑+3.21 ↓-0.48
Fat jet pT Baseline	↑-2.62 ↓+4.78
Fat jet pT Modelling	↑-0.93 ↓+2.53
Fat jet pT TotalStat	↑-2.24 ↓+3.70
Fat jet pT Tracking	↑-1.96 ↓+3.04
Muons ID	↑0 ↓0
Muons MS	↑0 ↓0
Muons Sagitta RES	↑0 ↓0
Muons Sagitta RHO	↑0 ↓0
Muons Scale	↑0 ↓0
Default PRW	↑-2.09 ↓+2.64
JES (Eta)	↑0 ↓0
Jets Energy Resolution	↑0 ↓0
JES (In-situ analyses - N.P.1)	↑0 ↓0
JES (In-situ analyses - N.P.2)	↑0 ↓-0.12
JES (In-situ analyses - N.P.3)	↑0 ↓0

Таблица К.17. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в TCR1 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W$ $\uparrow$	$Z/\gamma^{**}$ $\uparrow$	$t\bar{t}$	Single top	$\tau\tau$ $Z/\gamma^{**}$ $\uparrow$	EL 0100
B-jet0 Eff (B filter)	$\uparrow+1.83$ $\downarrow-1.83$	$\uparrow+3.10$ $\downarrow-3.10$	$\uparrow+3.29$ $\downarrow-3.29$	$\uparrow+3.17$ $\downarrow-3.17$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.26$ $\downarrow-1.26$
B-jet0 Eff (C filter)	$\uparrow+12.38$ $\downarrow-12.38$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.48$ $\downarrow-1.48$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+32.02$ $\downarrow-32.02$	$\uparrow+17.15$ $\downarrow-17.15$
B-jet0 Eff Extention	$\uparrow+0.96$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+0.46$ $\downarrow-0.46$	$\uparrow+0.99$ $\downarrow-0.99$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+4.64$ $\downarrow-4.64$
B-jet0 Eff Extention (C filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.65$ $\downarrow-0.65$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+23.00$ $\downarrow-23.00$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet0 Eff (Light filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet1 Eff (B filter)	$\uparrow+4.56$ $\downarrow-4.56$	$\uparrow+3.15$ $\downarrow-3.15$	$\uparrow+3.13$ $\downarrow-3.13$	$\uparrow+2.76$ $\downarrow-2.76$	$\uparrow+8.67$ $\downarrow-8.67$	$\uparrow+6.33$ $\downarrow-6.33$
B-jet1 Eff (C filter)	$\uparrow+7.80$ $\downarrow-7.80$	$\uparrow+2.13$ $\downarrow-2.13$	$\uparrow+0.42$ $\downarrow-0.42$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet1 Eff Extention	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.81$ $\downarrow-0.81$
B-jet1 Eff Extention (C filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet1 Eff (Light filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.98$ $\downarrow-1.98$	$\uparrow+1.23$ $\downarrow-1.23$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
$t\bar{t}$ CR Electron Identification Eff	$\uparrow+1.97$ $\downarrow-1.97$	$\uparrow+1.70$ $\downarrow-1.70$	$\uparrow+1.18$ $\downarrow-1.18$	$\uparrow+0.88$ $\downarrow-0.88$	$\uparrow+1.70$ $\downarrow-1.70$	$\uparrow+0.83$ $\downarrow-0.83$
$t\bar{t}$ CR Electron Isolation Eff	$\uparrow+1.36$ $\downarrow-1.36$	$\uparrow+1.53$ $\downarrow-1.53$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow+1.03$ $\downarrow-1.03$	$\uparrow+2.00$ $\downarrow-2.00$	$\uparrow+2.51$ $\downarrow-2.51$
$t\bar{t}$ CR Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.33$ $\downarrow-0.33$
Electrons Scale	$\uparrow+28.15$ $\downarrow-3.12$	$\uparrow+29.54$ $\downarrow-12.61$	$\uparrow+1.34$ $\downarrow-2.32$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow+13.42$ $\downarrow$
Electrons Resolution	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+23.68$ $\downarrow$	$\uparrow+1.21$ $\downarrow-1.13$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
$t\bar{t}$ CR Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.13$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.32$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-28.62$ $\downarrow-28.62$	$\uparrow+11.74$ $\downarrow+11.74$	$\uparrow-2.98$ $\downarrow-2.98$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-5.91$ $\downarrow-5.91$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-3.59$ $\downarrow-3.59$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Etmis Scale	$\uparrow-5.91$ $\downarrow+28.15$	$\uparrow$ $\downarrow+29.54$	$\uparrow-2.07$ $\downarrow+2.95$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-2.79$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow+7.34$	$\uparrow-2.38$ $\downarrow+1.70$	$\uparrow$ $\downarrow+57.98$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-5.84$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow+7.34$	$\uparrow-3.63$ $\downarrow+1.70$	$\uparrow$ $\downarrow+57.98$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow+57.98$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow+2.47$	$\uparrow-0.40$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow+57.98$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow-32.94$ $\downarrow+29.12$	$\uparrow-5.02$ $\downarrow-5.78$	$\uparrow-0.50$ $\downarrow-1.30$	$\uparrow-50.98$ $\downarrow+106.01$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow-32.94$ $\downarrow$	$\uparrow+0.96$ $\downarrow+1.38$	$\uparrow-1.34$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow-50.98$ $\downarrow+53.17$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow-32.94$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.35$ $\downarrow+0.39$	$\uparrow-50.98$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+14.90$ $\downarrow-6.66$	$\uparrow+13.61$ $\downarrow-7.20$	$\uparrow+118.36$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+6.04$ $\downarrow-1.78$	$\uparrow+57.98$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.42$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+2.47$ $\downarrow$	$\uparrow+6.44$ $\downarrow-3.39$	$\uparrow+57.98$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons ID	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons MS	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RES	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Scale	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Modelling	$\uparrow+3.01$ $\downarrow-19.61$	$\uparrow+33.88$ $\downarrow-24.56$	—	—	$\uparrow+53.39$ $\downarrow-31.25$	—
$t\bar{t}$ CR PRW	$\uparrow-12.18$ $\downarrow+3.27$	$\uparrow-5.41$ $\downarrow+7.82$	$\uparrow-2.64$ $\downarrow+1.71$	$\uparrow+1.47$ $\downarrow-5.39$	$\uparrow-10.57$ $\downarrow-7.00$	$\uparrow-20.91$ $\downarrow+12.75$
JES (Eta)	$\uparrow+28.15$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+5.90$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow-0.92$ $\downarrow+1.51$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow+17.29$	$\uparrow-0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.07$ $\downarrow+0.00$
Jets Energy Resolution	$\uparrow-6.47$ $\downarrow$	$\uparrow+18.87$ $\downarrow$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow$	$\uparrow+17.56$ $\downarrow$	$\uparrow+1.08$ $\downarrow$	$\uparrow+13.13$ $\downarrow$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow-3.18$ $\downarrow+25.23$	$\uparrow-5.70$ $\downarrow+20.98$	$\uparrow-3.13$ $\downarrow+0.94$	$\uparrow+17.16$ $\downarrow+0.13$	$\uparrow-100.00$ $\downarrow+0.36$	$\uparrow+0.07$ $\downarrow+13.44$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.01$ $\downarrow+0.07$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow+11.83$	$\uparrow-1.19$ $\downarrow+1.54$	$\uparrow$ $\downarrow+0.02$	$\uparrow-0.27$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+13.50$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+25.37$ $\downarrow-3.06$	$\uparrow+5.88$ $\downarrow+5.90$	$\uparrow-0.51$ $\downarrow-1.16$	$\uparrow$ $\downarrow+0.02$	$\uparrow-0.28$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow$ $\downarrow+0.07$

Таблица К.18. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в TCR2 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \rightarrow e\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$t\bar{t}$	Single top	Fake	$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	EL 0200
B-jet0 Eff (B filter)	↑+2.26 ↓-2.26	↑+3.15 ↓-3.15	↑+3.17 ↓-3.17	↑+3.20 ↓-3.20	—	↑+2.61 ↓-2.61	↑+1.47 ↓-1.47
B-jet0 Eff (C filter)	↑+0.79 ↓-0.79	↑+1.19 ↓-1.19	↑+1.39 ↓-1.39	↑0 ↓0	—	↑+6.53 ↓-6.53	↑+24.72 ↓-24.72
B-jet0 Eff Extention	↑+0.08 ↓-0.08	↑+0.44 ↓-0.44	↑+0.78 ↓-0.78	↑+0.52 ↓-0.52	—	↑0 ↓0	↑+4.67 ↓-4.67
B-jet0 Eff Extention (C filter)	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.62 ↓-0.62	↑0 ↓0	—	↑+4.69 ↓-4.69	↑0 ↓0
B-jet0 Eff (Light filter)	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.17 ↓-0.17	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
B-jet1 Eff (B filter)	↑+0.56 ↓-0.56	↑+3.02 ↓-3.02	↑+3.06 ↓-3.06	↑+4.30 ↓-4.30	—	↑+8.05 ↓-8.05	↑+3.06 ↓-3.06
B-jet1 Eff (C filter)	↑+19.59 ↓-19.59	↑+2.22 ↓-2.22	↑+0.55 ↓-0.55	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑+10.18 ↓-10.18
B-jet1 Eff Extention	↑+0.01 ↓-0.01	↑0 ↓0	↑+0.06 ↓-0.06	↑+0.21 ↓-0.21	—	↑0 ↓0	↑+0.53 ↓-0.53
B-jet1 Eff Extention (C filter)	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.13 ↓-0.13	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
B-jet1 Eff (Light filter)	↑0 ↓0	↑+2.64 ↓-2.64	↑+0.84 ↓-0.84	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑+9.99 ↓-9.99
$t\bar{t}$ CR Electron Identification Eff	↑+1.40 ↓-1.40	↑+1.49 ↓-1.49	↑+1.15 ↓-1.15	↑+1.02 ↓-1.02	—	↑+0.62 ↓-0.62	↑+1.53 ↓-1.53
$t\bar{t}$ CR Electron Isolation Eff	↑+0.32 ↓-0.32	↑+0.91 ↓-0.91	↑+0.93 ↓-0.93	↑+0.44 ↓-0.44	—	↑+0.45 ↓-0.45	↑+4.14 ↓-4.14
$t\bar{t}$ CR Electron Reconstruction Eff	↑+0.25 ↓-0.25	↑+0.23 ↓-0.23	↑+0.20 ↓-0.20	↑+0.15 ↓-0.15	—	↑+0.12 ↓-0.12	↑+0.20 ↓-0.20
Electrons Scale	↑+1.66 ↓0	↑0 ↓-0.25	↑+1.52 ↓-1.54	↑+2.78 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Electrons Resolution	↑+1.66 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.94 ↓-0.28	↑0 ↓+2.78	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
$t\bar{t}$ CR Electron Trigger Eff	↑+0.24 ↓-0.24	↑+0.21 ↓-0.21	↑+0.17 ↓-0.17	↑+0.14 ↓-0.14	—	↑+0.08 ↓-0.08	↑+0.16 ↓-0.16
Etmis RES Parallel	↑-1.82 ↓-1.82	↑-3.17 ↓-3.17	↑-2.79 ↓-2.79	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Etmis RES Perpendicular	↑+1.48 ↓+1.48	↑+1.47 ↓+1.47	↑-1.44 ↓-1.44	↑+2.78 ↓+2.78	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Etmis Scale	↑-0.18 ↓+1.66	↑0 ↓-4.73	↑-1.65 ↓+2.82	↑0 ↓+2.78	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet D2 Baseline	↑-0.38 ↓+0.36	↑-4.73 ↓+2.58	↑-2.68 ↓+1.64	↑-10.76 ↓+9.33	—	↑0 ↓0	↑0 ↓-7.74
Fat jet D2 Modelling	↑-0.57 ↓+0.36	↑-4.73 ↓+2.64	↑-2.96 ↓+1.94	↑-10.76 ↓+9.33	—	↑0 ↓0	↑-16.23 ↓+7.74
Fat jet D2 TotalStat	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+0.32	↑0 ↓+9.33	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet D2 Tracking	↑-0.20 ↓+0.36	↑0 ↓+2.58	↑-0.31 ↓+0.32	↑0 ↓+9.33	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet Mass Baseline	↑-2.29 ↓-0.24	↑+16.05 ↓-8.73	↑+2.53 ↓-0.57	↑-19.36 ↓+25.41	—	↑0 ↓0	↑-9.02 ↓-20.48
Fat jet Mass Modelling	↑-2.09 ↓-2.09	↑+9.28 ↓-8.73	↑+0.72 ↓+1.30	↑-8.20 ↓+8.56	—	↑0 ↓0	↑-9.02 ↓-20.48
Fat jet Mass TotalStat	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.03 ↓+1.21	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet Mass Tracking	↑-2.09 ↓0	↑+9.06 ↓0	↑+1.07 ↓+1.88	↑-8.20 ↓0	—	↑0 ↓0	↑-9.02 ↓-12.52
Fat jet pT Baseline	↑+9.61 ↓-0.20	↑+13.98 ↓-10.13	↑+17.82 ↓-10.23	↑+19.05 ↓-21.92	—	↑0 ↓0	↑0 ↓-7.96
Fat jet pT Modelling	↑0 ↓-0.20	↑0 ↓0	↑+8.41 ↓-2.12	↑+9.33 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet pT TotalStat	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.90 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet pT Tracking	↑+0.36 ↓-0.20	↑+2.58 ↓0	↑+8.72 ↓-2.52	↑+9.33 ↓-10.76	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons ID	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons MS	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RES	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RHO	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Scale	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Modelling	↑+14.17 ↓-13.45	↑+33.33 ↓-27.03	—	—	—	↑+59.22 ↓-34.14	—
$t\bar{t}$ CR PRW	↑+104.21 ↓-31.66	↑-3.95 ↓+7.73	↑+0.51 ↓-1.15	↑-10.80 ↓+10.15	—	↑+1.82 ↓-15.45	↑-13.00 ↓+11.88
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	↑-35.29 ↓+35.21	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	↑+4.21 ↓-4.33	—	—
JES (Eta)	↑+0.00 ↓+1.66	↑+0.03 ↓+0.00	↑+0.43 ↓+1.30	↑+2.78 ↓+2.77	—	↑-0.00 ↓+0.00	↑+0.01 ↓+0.00
Jets Energy Resolution	↑-0.23 —	↑+15.58 —	↑+0.70 —	↑+19.83 —	—	↑+84.87 —	↑-17.70 —
JES (In-situ analyses - N.P.1)	↑+0.02 ↓+1.55	↑-9.32 ↓-18.70	↑+0.39 ↓-2.56	↑+2.73 ↓-9.58	—	↑-0.02 ↓+0.02	↑+10.44 ↓+0.14
JES (In-situ analyses - N.P.2)	↑+0.00 ↓+0.01	↑-0.02 ↓+0.06	↑-0.33 ↓+0.18	↑-0.00 ↓+2.78	—	↑-0.06 ↓+0.00	↑-9.55 ↓+0.01
JES (In-situ analyses - N.P.3)	↑-0.18 ↓+1.67	↑-0.01 ↓-5.65	↑-0.84 ↓-1.89	↑-0.01 ↓+0.00	—	↑-0.01 ↓-0.02	↑-0.02 ↓-0.00

Таблица К.19. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в TCR3 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \rightarrow e\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$tt$	Single top	Fake	$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	EL 0300
B-jet0 Eff (B filter)	$\uparrow+2.29$ $\downarrow-2.29$	$\uparrow+3.04$ $\downarrow-3.04$	$\uparrow+3.08$ $\downarrow-3.08$	$\uparrow+3.30$ $\downarrow-3.30$	—	$\uparrow+3.28$ $\downarrow-3.28$	$\uparrow+0.45$ $\downarrow-0.45$
B-jet0 Eff (C filter)	$\uparrow+0.72$ $\downarrow-0.72$	$\uparrow+0.96$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+1.39$ $\downarrow-1.39$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow+2.63$ $\downarrow-2.63$	$\uparrow+16.54$ $\downarrow-16.54$
B-jet0 Eff Extention	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+0.36$ $\downarrow-0.36$	$\uparrow+0.67$ $\downarrow-0.67$	$\uparrow+0.59$ $\downarrow-0.59$	—	$\uparrow+0.71$ $\downarrow-0.71$	$\uparrow+1.31$ $\downarrow-1.31$
B-jet0 Eff Extention (C filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.50$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow+1.89$ $\downarrow-1.89$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet0 Eff (Light filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+7.37$ $\downarrow-7.37$
B-jet1 Eff (B filter)	$\uparrow+0.77$ $\downarrow-0.77$	$\uparrow+2.85$ $\downarrow-2.85$	$\uparrow+3.10$ $\downarrow-3.10$	$\uparrow+3.30$ $\downarrow-3.30$	—	$\uparrow+6.38$ $\downarrow-6.38$	$\uparrow+2.30$ $\downarrow-2.30$
B-jet1 Eff (C filter)	$\uparrow+18.04$ $\downarrow-18.04$	$\uparrow+1.79$ $\downarrow-1.79$	$\uparrow+0.75$ $\downarrow-0.75$	$\uparrow+1.07$ $\downarrow-1.07$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+7.28$ $\downarrow-7.28$
B-jet1 Eff Extention	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.48$ $\downarrow-0.48$
B-jet1 Eff Extention (C filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet1 Eff (Light filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+2.13$ $\downarrow-2.13$	$\uparrow+0.76$ $\downarrow-0.76$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+10.95$ $\downarrow-10.95$
$t\bar{t}$ CR Electron Identification Eff	$\uparrow+1.38$ $\downarrow-1.38$	$\uparrow+1.47$ $\downarrow-1.47$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow+1.04$ $\downarrow-1.04$	—	$\uparrow+0.73$ $\downarrow-0.73$	$\uparrow+1.70$ $\downarrow-1.70$
$t\bar{t}$ CR Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.31$ $\downarrow-0.31$	$\uparrow+0.94$ $\downarrow-0.94$	$\uparrow+0.89$ $\downarrow-0.89$	$\uparrow+0.63$ $\downarrow-0.63$	—	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+3.72$ $\downarrow-3.72$
$t\bar{t}$ CR Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	—	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.31$ $\downarrow-0.31$
Electrons Scale	$\uparrow+1.52$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+1.70$ $\downarrow-1.45$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow-7.43$
Electrons Resolution	$\uparrow+1.52$ $\downarrow+1.57$	$\uparrow$ $\downarrow+13.05$	$\uparrow+0.33$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow-7.43$
$t\bar{t}$ CR Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	—	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+0.27$ $\downarrow-0.27$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-1.67$ $\downarrow-1.67$	$\uparrow-11.40$ $\downarrow-11.40$	$\uparrow-1.77$ $\downarrow-1.77$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow-25.59$ $\downarrow-25.59$	$\uparrow$ $\downarrow$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow+1.36$ $\downarrow+1.36$	$\uparrow+1.18$ $\downarrow+1.18$	$\uparrow-1.87$ $\downarrow-1.87$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow-25.59$ $\downarrow-25.59$	$\uparrow$ $\downarrow$
Etmis Scale	$\uparrow-0.16$ $\downarrow+1.52$	$\uparrow$ $\downarrow+14.23$	$\uparrow-2.03$ $\downarrow+3.38$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow-25.59$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-0.35$ $\downarrow+0.33$	$\uparrow-3.81$ $\downarrow+2.08$	$\uparrow-2.58$ $\downarrow+1.66$	$\uparrow-5.51$ $\downarrow+4.78$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-0.53$ $\downarrow+0.33$	$\uparrow-3.81$ $\downarrow+2.13$	$\uparrow-2.80$ $\downarrow+2.12$	$\uparrow-5.51$ $\downarrow+4.78$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow+0.61$	$\uparrow$ $\downarrow+4.78$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.33$	$\uparrow$ $\downarrow+2.08$	$\uparrow-0.24$ $\downarrow+0.61$	$\uparrow$ $\downarrow+4.78$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow-2.10$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+4.76$ $\downarrow-1.45$	$\uparrow+0.93$ $\downarrow+3.57$	$\uparrow-5.12$ $\downarrow+13.02$	—	$\uparrow-34.11$ $\downarrow$	$\uparrow-14.54$ $\downarrow$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow-1.92$ $\downarrow-2.10$	$\uparrow+8.70$ $\downarrow-1.45$	$\uparrow-0.54$ $\downarrow+1.55$	$\uparrow+0.60$ $\downarrow+4.39$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-14.54$ $\downarrow$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-1.06$ $\downarrow+1.21$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow-1.92$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+8.52$ $\downarrow+5.58$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow+1.77$	$\uparrow-4.21$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-14.54$ $\downarrow$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+13.20$ $\downarrow-2.25$	$\uparrow+11.26$ $\downarrow-8.17$	$\uparrow+16.15$ $\downarrow-9.56$	$\uparrow+15.60$ $\downarrow-11.23$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow$ $\downarrow-2.25$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+6.17$ $\downarrow-1.42$	$\uparrow+4.78$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.07$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+0.33$ $\downarrow-2.25$	$\uparrow+2.08$ $\downarrow$	$\uparrow+6.42$ $\downarrow-1.95$	$\uparrow+4.78$ $\downarrow-5.51$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons ID	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons MS	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RES	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Scale	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Modelling	$\uparrow+10.28$ $\downarrow-9.58$	$\uparrow+39.44$ $\downarrow-30.79$	—	—	—	$\uparrow+50.55$ $\downarrow-31.08$	—
$t\bar{t}$ CR PRW	$\uparrow+95.46$ $\downarrow-29.11$	$\uparrow-3.64$ $\downarrow+3.95$	$\uparrow+3.27$ $\downarrow-2.41$	$\uparrow+22.94$ $\downarrow-4.25$	—	$\uparrow+3.48$ $\downarrow-9.99$	$\uparrow-23.23$ $\downarrow+24.32$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-41.65$ $\downarrow+41.45$	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+2.05$ $\downarrow-2.11$	—	—
JES (Eta)	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+1.53$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow+13.05$	$\uparrow+0.81$ $\downarrow+0.34$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.01$	—	$\uparrow-0.00$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow-0.01$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+2.05$ $\downarrow$	$\uparrow+36.75$ $\downarrow$	$\uparrow+1.46$ $\downarrow$	$\uparrow-2.08$ $\downarrow$	—	$\uparrow+0.13$ $\downarrow$	$\uparrow-20.39$ $\downarrow$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+0.04$ $\downarrow+1.43$	$\uparrow+3.12$ $\downarrow-24.25$	$\uparrow+0.95$ $\downarrow-5.31$	$\uparrow-9.92$ $\downarrow-19.67$	—	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-25.58$	$\uparrow+0.76$ $\downarrow-2.26$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow+1.16$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow+0.67$ $\downarrow-0.27$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow+0.03$	—	$\uparrow-0.02$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow-7.44$ $\downarrow-0.03$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow-0.16$ $\downarrow+1.54$	$\uparrow+13.04$ $\downarrow-4.55$	$\uparrow-0.89$ $\downarrow-2.38$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow-0.01$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow-0.04$

Таблица К.20. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в ТCR4 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \rightarrow e\nu$	$Z/\gamma \rightarrow ee$	$t\bar{t}$	Single top	Fake	Diboson	$Z/\gamma \rightarrow \tau\tau$	EL 0400
B-jet0 Eff (B filter)	$\uparrow+2.33$ $\downarrow-2.33$	$\uparrow+2.50$ $\downarrow-2.50$	$\uparrow+2.70$ $\downarrow-2.70$	$\uparrow+2.94$ $\downarrow-2.94$	—	$\uparrow+2.87$ $\downarrow-2.87$	$\uparrow+3.21$ $\downarrow-3.21$	$\uparrow+0.49$ $\downarrow-0.49$
B-jet0 Eff (C filter)	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+2.37$ $\downarrow-2.37$	$\uparrow+1.42$ $\downarrow-1.42$	$\uparrow+3.18$ $\downarrow-3.18$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+23.98$ $\downarrow-23.98$
B-jet0 Eff Extention	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow+0.31$ $\downarrow-0.31$	$\uparrow+0.41$ $\downarrow-0.41$	$\uparrow+0.66$ $\downarrow-0.66$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+3.98$ $\downarrow-3.98$
B-jet0 Eff Extention (C filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.13$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet0 Eff (Light filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.64$ $\downarrow-0.64$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+5.33$ $\downarrow-5.33$
B-jet1 Eff (B filter)	$\uparrow+0.94$ $\downarrow-0.94$	$\uparrow+4.18$ $\downarrow-4.18$	$\uparrow+3.22$ $\downarrow-3.22$	$\uparrow+3.21$ $\downarrow-3.21$	—	$\uparrow+2.20$ $\downarrow-2.20$	$\uparrow+5.37$ $\downarrow-5.37$	$\uparrow+5.49$ $\downarrow-5.49$
B-jet1 Eff (C filter)	$\uparrow+16.18$ $\downarrow-16.18$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.77$ $\downarrow-1.77$	$\uparrow+2.03$ $\downarrow-2.03$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet1 Eff Extention	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.09$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet1 Eff Extention (C filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.46$ $\downarrow-0.46$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet1 Eff (Light filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.12$ $\downarrow-1.12$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+6.27$ $\downarrow-6.27$
$t\bar{t}$ CR Electron Identification Eff	$\uparrow+1.33$ $\downarrow-1.33$	$\uparrow+1.00$ $\downarrow-1.00$	$\uparrow+1.03$ $\downarrow-1.03$	$\uparrow+1.00$ $\downarrow-1.00$	—	$\uparrow+1.17$ $\downarrow-1.17$	$\uparrow+0.58$ $\downarrow-0.58$	$\uparrow+1.27$ $\downarrow-1.27$
$t\bar{t}$ CR Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+1.02$ $\downarrow-1.02$	$\uparrow+0.57$ $\downarrow-0.57$	$\uparrow+0.44$ $\downarrow-0.44$	—	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+5.00$ $\downarrow-5.00$
$t\bar{t}$ CR Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	—	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.10$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$
Electrons Scale	$\uparrow+1.41$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.00$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Electrons Resolution	$\uparrow+1.40$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow$ $\downarrow+32.28$	$\uparrow-0.42$ $\downarrow-0.71$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
$t\bar{t}$ CR Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	—	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+0.07$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$
Etmiss RES Parallel	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+7.24$ $\downarrow+7.24$	$\uparrow-2.64$ $\downarrow-2.64$	$\uparrow-8.47$ $\downarrow-8.47$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Etmiss RES Perpendicular	$\uparrow+1.40$ $\downarrow+1.40$	$\uparrow-15.13$ $\downarrow-15.13$	$\uparrow-4.76$ $\downarrow-4.76$	$\uparrow-3.68$ $\downarrow-3.68$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Etmiss Scale	$\uparrow$ $\downarrow+1.40$	$\uparrow$ $\downarrow+48.39$	$\uparrow-2.99$ $\downarrow+4.20$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-0.17$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow-9.42$ $\downarrow-9.42$	$\uparrow-2.05$ $\downarrow+1.92$	$\uparrow-4.71$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-0.17$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow-9.42$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow-2.23$ $\downarrow+2.93$	$\uparrow-4.71$ $\downarrow+8.37$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow+13.03$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow+1.37$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.17$ $\downarrow+0.30$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.51$ $\downarrow+1.37$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow$ $\downarrow-1.93$	$\uparrow-24.66$ $\downarrow+13.80$	$\uparrow-1.70$ $\downarrow-0.33$	$\uparrow-4.72$ $\downarrow+8.95$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-51.55$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow$ $\downarrow-1.93$	$\uparrow+3.01$ $\downarrow+13.80$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow-4.04$ $\downarrow+9.11$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.17$ $\downarrow-0.53$	$\uparrow-3.94$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+3.01$ $\downarrow+13.80$	$\uparrow+1.33$ $\downarrow-0.84$	$\uparrow-3.94$ $\downarrow+5.29$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+8.11$ $\downarrow-2.07$	$\uparrow$ $\downarrow-6.31$	$\uparrow+17.44$ $\downarrow-11.15$	$\uparrow+4.99$ $\downarrow-9.60$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow$ $\downarrow-2.07$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+7.42$ $\downarrow-2.34$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.81$ $\downarrow-0.53$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+0.30$ $\downarrow-2.07$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+7.42$ $\downarrow-2.84$	$\uparrow$ $\downarrow-4.71$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons ID	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons MS	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RES	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Scale	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Modelling	$\uparrow+13.04$ $\downarrow-9.89$	$\uparrow+45.21$ $\downarrow-31.59$	—	—	—	$\uparrow+26.59$ $\downarrow-22.40$	$\uparrow+47.95$ $\downarrow-29.76$	—
$t\bar{t}$ CR PRW	$\uparrow+95.85$ $\downarrow-35.25$	$\uparrow-10.74$ $\downarrow+10.91$	$\uparrow+13.13$ $\downarrow-6.75$	$\uparrow-4.56$ $\downarrow-2.20$	—	$\uparrow-21.10$ $\downarrow+7.36$	$\uparrow-3.46$ $\downarrow+6.03$	$\uparrow-3.33$ $\downarrow+0.33$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-36.99$ $\downarrow+36.26$	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+3.31$ $\downarrow-3.35$	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+1.25$	$\uparrow+13.22$ $\downarrow+32.26$	$\uparrow+1.47$ $\downarrow-0.99$	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-0.01$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-0.42$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+1.46$ $\downarrow$	$\uparrow+76.35$ $\downarrow$	$\uparrow-8.64$ $\downarrow$	$\uparrow-10.18$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow$	$\uparrow-0.45$ $\downarrow$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+0.34$ $\downarrow+0.95$	$\uparrow+19.62$ $\downarrow-0.12$	$\uparrow+1.44$ $\downarrow-9.87$	$\uparrow+8.66$ $\downarrow-20.73$	—	$\uparrow-0.16$ $\downarrow+0.36$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-0.51$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow+2.89$ $\downarrow+0.03$	$\uparrow-0.52$ $\downarrow-1.17$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow+0.02$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-0.42$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow-0.01$ $\downarrow+1.25$	$\uparrow+32.25$ $\downarrow+37.81$	$\uparrow-3.41$ $\downarrow-1.74$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-3.93$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow$	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-0.44$

Таблица К.21. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в TCR5 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \rightarrow e\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$t\bar{t}$	Single top	Fake	Diboson	$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	EL 0500
B-jet0 Eff (B filter)	$\uparrow+2.50$ $\downarrow-2.50$	$\uparrow+2.80$ $\downarrow-2.80$	$\uparrow+2.65$ $\downarrow-2.65$	$\uparrow+3.22$ $\downarrow-3.22$	—	$\uparrow+2.87$ $\downarrow-2.87$	$\uparrow+3.21$ $\downarrow-3.21$	$\uparrow+0.51$ $\downarrow-0.51$
B-jet0 Eff (C filter)	$\uparrow+0.07$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+1.86$ $\downarrow-1.86$	$\uparrow+2.15$ $\downarrow-2.15$	$\uparrow+1.54$ $\downarrow-1.54$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+22.74$ $\downarrow-22.74$
B-jet0 Eff Extension	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow-0.55$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.81$ $\downarrow-0.81$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+3.68$ $\downarrow-3.68$
B-jet0 Eff Extension (C filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet0 Eff (Light filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.47$ $\downarrow-0.47$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+4.61$ $\downarrow-4.61$
B-jet1 Eff (B filter)	$\uparrow+1.27$ $\downarrow-1.27$	$\uparrow+2.89$ $\downarrow-2.89$	$\uparrow+3.83$ $\downarrow-3.83$	$\uparrow+3.50$ $\downarrow-3.50$	—	$\uparrow+2.20$ $\downarrow-2.20$	$\uparrow+5.37$ $\downarrow-5.37$	$\uparrow+1.91$ $\downarrow-1.91$
B-jet1 Eff (C filter)	$\uparrow+15.62$ $\downarrow-15.62$	$\uparrow+0.64$ $\downarrow-0.64$	$\uparrow+2.44$ $\downarrow-2.44$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow-1.09$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+6.71$ $\downarrow-6.71$
B-jet1 Eff Extension	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet1 Eff Extension (C filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.41$ $\downarrow-0.41$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet1 Eff (Light filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.88$ $\downarrow-0.88$	$\uparrow+0.73$ $\downarrow-0.73$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+4.87$ $\downarrow-4.87$
$t\bar{t}$ CR Electron Identification Eff	$\uparrow+1.34$ $\downarrow-1.34$	$\uparrow+1.07$ $\downarrow-1.07$	$\uparrow+0.99$ $\downarrow-0.99$	$\uparrow+0.91$ $\downarrow-0.91$	—	$\uparrow+1.17$ $\downarrow-1.17$	$\uparrow+0.58$ $\downarrow-0.58$	$\uparrow+1.64$ $\downarrow-1.64$
$t\bar{t}$ CR Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.27$ $\downarrow-0.27$	$\uparrow+0.61$ $\downarrow-0.61$	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.32$	$\uparrow+0.33$ $\downarrow-0.33$	—	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+3.16$ $\downarrow-3.16$
$t\bar{t}$ CR Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	—	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.10$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$
Electrons Scale	$\uparrow+0.00$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.66$ $\downarrow-0.65$	$\uparrow+4.11$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Electrons Resolution	$\uparrow$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow$ $\downarrow+25.35$	$\uparrow-0.66$ $\downarrow-0.14$	$\uparrow-3.96$ $\downarrow-3.96$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
$t\bar{t}$ CR Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	—	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+0.07$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$
Etmiss RES Parallel	$\uparrow+1.50$ $\downarrow+1.50$	$\uparrow+5.69$ $\downarrow+5.69$	$\uparrow-5.99$ $\downarrow-5.99$	$\uparrow-8.44$ $\downarrow-8.44$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Etmiss RES Perpendicular	$\uparrow-1.47$ $\downarrow-1.47$	$\uparrow-11.88$ $\downarrow-11.88$	$\uparrow-4.03$ $\downarrow-4.03$	$\uparrow-4.13$ $\downarrow-4.13$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Etmiss Scale	$\uparrow-1.47$ $\downarrow+1.50$	$\uparrow$ $\downarrow+37.99$	$\uparrow-3.48$ $\downarrow+2.02$	$\uparrow-3.96$ $\downarrow+7.90$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-0.17$ $\downarrow+0.29$	$\uparrow-17.29$ $\downarrow+35.04$	$\uparrow-1.81$ $\downarrow+2.21$	$\uparrow-11.80$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-0.31$ $\downarrow+0.29$	$\uparrow-23.10$ $\downarrow+35.14$	$\uparrow-3.41$ $\downarrow+2.77$	$\uparrow-11.80$ $\downarrow+8.14$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-9.89$ $\downarrow+33.15$	$\uparrow$ $\downarrow+1.58$	$\uparrow-3.76$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.17$ $\downarrow+0.29$	$\uparrow-9.89$ $\downarrow+35.04$	$\uparrow-0.59$ $\downarrow+1.58$	$\uparrow-3.76$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow$ $\downarrow-1.68$	$\uparrow+23.05$ $\downarrow+28.62$	$\uparrow-4.91$ $\downarrow+5.20$	$\uparrow-0.76$ $\downarrow+8.71$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-51.55$ $\downarrow$	$\uparrow-6.03$ $\downarrow$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow$ $\downarrow-1.73$	$\uparrow+23.05$ $\downarrow+10.83$	$\uparrow-1.73$ $\downarrow+2.56$	$\uparrow-0.10$ $\downarrow+8.87$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-6.03$ $\downarrow$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow+0.19$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.95$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+12.88$ $\downarrow$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+2.36$ $\downarrow+10.83$	$\uparrow-0.47$ $\downarrow+0.52$	$\uparrow$ $\downarrow+5.15$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-6.03$ $\downarrow$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+3.82$ $\downarrow-2.00$	$\uparrow+35.04$ $\downarrow-14.85$	$\uparrow+14.03$ $\downarrow-12.28$	$\uparrow+4.86$ $\downarrow-13.10$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow+12.88$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow$ $\downarrow-2.00$	$\uparrow+33.15$ $\downarrow-9.89$	$\uparrow+4.69$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow$ $\downarrow-3.76$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.92$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+0.29$ $\downarrow-2.00$	$\uparrow+35.04$ $\downarrow-9.89$	$\uparrow+6.20$ $\downarrow-0.55$	$\uparrow$ $\downarrow-8.35$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons ID	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons MS	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RES	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Scale	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Modelling	$\uparrow+8.81$ $\downarrow-5.18$	$\uparrow+45.86$ $\downarrow-30.60$	—	—	—	$\uparrow+35.14$ $\downarrow-23.40$	$\uparrow+49.37$ $\downarrow-30.01$	—
$t\bar{t}$ CR PRW	$\uparrow+92.52$ $\downarrow-33.64$	$\uparrow-2.70$ $\downarrow-2.60$	$\uparrow+5.92$ $\downarrow-1.44$	$\uparrow-9.70$ $\downarrow+5.28$	—	$\uparrow-21.10$ $\downarrow+7.36$	$\uparrow-3.46$ $\downarrow+6.03$	$\uparrow-6.70$ $\downarrow+1.48$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-37.77$ $\downarrow+37.41$	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+1.44$ $\downarrow-1.45$	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow+1.50$ $\downarrow-1.47$	$\uparrow+10.38$ $\downarrow+25.33$	$\uparrow+2.34$ $\downarrow+0.64$	$\uparrow+3.77$ $\downarrow+3.94$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow+0.02$
Jets Energy Resolution	$\uparrow-1.24$ $\downarrow$	$\uparrow+24.48$ $\downarrow$	$\uparrow+4.63$ $\downarrow$	$\uparrow+8.27$ $\downarrow$	—	$\uparrow+59.90$ $\downarrow$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow-2.89$ $\downarrow+1.19$	$\uparrow+15.41$ $\downarrow-3.27$	$\uparrow+5.37$ $\downarrow+6.64$	$\uparrow-0.09$ $\downarrow+9.06$	—	$\uparrow-0.16$ $\downarrow+0.36$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.10$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+1.50$	$\uparrow+2.27$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow+2.21$ $\downarrow-1.17$	$\uparrow-0.03$ $\downarrow+0.03$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.06$ $\downarrow-0.00$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+1.49$ $\downarrow+0.03$	$\uparrow+25.32$ $\downarrow+13.22$	$\uparrow+1.66$ $\downarrow+1.52$	$\uparrow+3.95$ $\downarrow+8.64$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow$	$\uparrow+0.01$ $\downarrow+0.00$

Таблица К.22. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в TCR6 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \rightarrow e\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$t\bar{t}$	Single top	Fake	Diboson	$W \rightarrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	EL 0600
B-jet0 Eff (B filter)	$\uparrow+2.33$ $\downarrow-2.33$	$\uparrow+2.61$ $\downarrow-2.61$	$\uparrow+2.86$ $\downarrow-2.86$	$\uparrow+3.19$ $\downarrow-3.19$	—	$\uparrow+2.87$ $\downarrow-2.87$	$\uparrow+2.20$ $\downarrow-2.20$	$\uparrow+3.30$ $\downarrow-3.30$	$\uparrow+0.72$ $\downarrow-0.72$
B-jet0 Eff (C filter)	$\uparrow+0.28$ $\downarrow-0.28$	$\uparrow+5.45$ $\downarrow-5.45$	$\uparrow+2.96$ $\downarrow-2.96$	$\uparrow+1.45$ $\downarrow-1.45$	—	$\uparrow+0.28$ $\downarrow-0.28$	$\uparrow+0.28$ $\downarrow-0.28$	$\uparrow+0.28$ $\downarrow-0.28$	$\uparrow+23.57$ $\downarrow-23.57$
B-jet0 Eff Extention	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+1.00$ $\downarrow-1.00$	$\uparrow+0.43$ $\downarrow-0.43$	$\uparrow+0.76$ $\downarrow-0.76$	—	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+3.51$ $\downarrow-3.51$
B-jet0 Eff Extention (C filter)	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	—	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+1.54$ $\downarrow-1.54$
B-jet0 Eff (Light filter)	$\uparrow+0.80$ $\downarrow-0.80$	$\uparrow+3.78$ $\downarrow-3.78$	$\uparrow+3.62$ $\downarrow-3.62$	$\uparrow+3.03$ $\downarrow-3.03$	—	$\uparrow+2.20$ $\downarrow-2.20$	$\uparrow+7.88$ $\downarrow-7.88$	$\uparrow+6.35$ $\downarrow-6.35$	$\uparrow+1.95$ $\downarrow-1.95$
B-jet1 Eff (B filter)	$\uparrow+16.94$ $\downarrow-16.94$	$\uparrow+1.22$ $\downarrow-1.22$	$\uparrow+1.17$ $\downarrow-1.17$	$\uparrow+0.94$ $\downarrow-0.94$	—	$\uparrow+0.94$ $\downarrow-0.94$	$\uparrow+2.26$ $\downarrow-2.26$	$\uparrow+4.26$ $\downarrow-4.26$	$\uparrow+9.57$ $\downarrow-9.57$
B-jet1 Eff (C filter)	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	—	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+3.01$ $\downarrow-3.01$
B-jet1 Eff Extention	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	—	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.03$	$\uparrow+3.01$ $\downarrow-3.01$
B-jet1 Eff Extention (C filter)	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow+1.67$ $\downarrow-1.67$	$\uparrow+2.68$ $\downarrow-2.68$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow-1.10$	—	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow+7.84$ $\downarrow-7.84$
B-jet1 Eff (Light filter)	$\uparrow+1.33$ $\downarrow-1.33$	$\uparrow+0.92$ $\downarrow-0.92$	$\uparrow+0.83$ $\downarrow-0.83$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow-1.10$	—	$\uparrow+1.17$ $\downarrow-1.17$	$\uparrow+1.36$ $\downarrow-1.36$	$\uparrow+0.34$ $\downarrow-0.34$	$\uparrow+1.37$ $\downarrow-1.37$
$t\bar{t}$ CR Electron Identification Eff	$\uparrow+0.26$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.83$ $\downarrow-0.83$	$\uparrow+0.31$ $\downarrow-0.31$	$\uparrow+0.46$ $\downarrow-0.46$	—	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow+3.40$ $\downarrow-3.40$
$t\bar{t}$ CR Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	—	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.26$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$
$t\bar{t}$ CR Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+2.92$ $\downarrow-2.92$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow-0.02$
Electrons Scale	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow-0.02$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	—	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$
$t\bar{t}$ CR Electron Trigger Eff	$\uparrow+1.43$ $\downarrow-1.43$	$\uparrow-13.18$ $\downarrow-13.18$	$\uparrow-1.85$ $\downarrow-1.85$	$\uparrow-3.84$ $\downarrow-3.84$	—	$\uparrow+1.43$ $\downarrow-1.43$	$\uparrow+1.43$ $\downarrow-1.43$	$\uparrow+1.43$ $\downarrow-1.43$	$\uparrow+1.43$ $\downarrow-1.43$
Etmiss RES Parallele	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+3.80$ $\downarrow-3.80$	$\uparrow-1.96$ $\downarrow-1.96$	$\uparrow+4.65$ $\downarrow-4.65$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Etmiss RES Perpendicular	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+3.80$ $\downarrow-3.80$	$\uparrow-1.96$ $\downarrow-1.96$	$\uparrow+4.65$ $\downarrow-4.65$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Etmiss Scale	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+3.80$ $\downarrow-3.80$	$\uparrow-1.96$ $\downarrow-1.96$	$\uparrow+4.65$ $\downarrow-4.65$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-14.00$ $\downarrow+3.58$	$\uparrow-4.21$ $\downarrow+4.19$	$\uparrow-11.08$ $\downarrow+3.36$	—	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-4.69$ $\downarrow-4.69$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-0.65$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-23.11$ $\downarrow+3.76$	$\uparrow-6.63$ $\downarrow+5.18$	$\uparrow-11.08$ $\downarrow+11.00$	—	$\uparrow-0.65$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-0.65$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-0.65$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-4.69$ $\downarrow-4.69$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-14.00$ $\downarrow+3.58$	$\uparrow-4.21$ $\downarrow+4.19$	$\uparrow-11.08$ $\downarrow+3.36$	—	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-4.69$ $\downarrow-4.69$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-14.00$ $\downarrow+3.58$	$\uparrow-4.21$ $\downarrow+4.19$	$\uparrow-11.08$ $\downarrow+3.36$	—	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-0.50$ $\downarrow+0.32$	$\uparrow-4.69$ $\downarrow-4.69$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-1.63$	$\uparrow+43.65$ $\downarrow+28.46$	$\uparrow-5.61$ $\downarrow+3.54$	$\uparrow+4.81$ $\downarrow-0.33$	—	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-1.63$	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-1.63$	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-1.63$	$\uparrow-9.17$ $\downarrow-9.17$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow+43.65$ $\downarrow+28.46$	$\uparrow-4.75$ $\downarrow+0.52$	$\uparrow+0.96$ $\downarrow-0.18$	—	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow-4.81$ $\downarrow-4.81$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow+43.65$ $\downarrow+28.46$	$\uparrow-4.75$ $\downarrow+0.52$	$\uparrow+0.96$ $\downarrow-0.18$	—	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow-4.81$ $\downarrow-4.81$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow+43.65$ $\downarrow+28.46$	$\uparrow-4.75$ $\downarrow+0.52$	$\uparrow+0.96$ $\downarrow-0.18$	—	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow-0.36$ $\downarrow-3.60$	$\uparrow-4.81$ $\downarrow-4.81$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+2.34$ $\downarrow-3.06$	$\uparrow+3.58$ $\downarrow-13.18$	$\uparrow+13.10$ $\downarrow-13.18$	$\uparrow+9.71$ $\downarrow-7.84$	—	$\uparrow+2.34$ $\downarrow-3.06$	$\uparrow+2.34$ $\downarrow-3.06$	$\uparrow+2.34$ $\downarrow-3.06$	$\uparrow+5.36$ $\downarrow-5.36$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+2.86$ $\downarrow-2.86$	$\uparrow+3.13$ $\downarrow-3.13$	$\uparrow+3.53$ $\downarrow-3.53$	—	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+3.58$ $\downarrow-3.80$	$\uparrow+4.19$ $\downarrow-2.20$	$\uparrow+6.35$ $\downarrow-7.84$	—	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.50$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+3.58$ $\downarrow-3.80$	$\uparrow+4.19$ $\downarrow-2.20$	$\uparrow+6.35$ $\downarrow-7.84$	—	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.50$
Muons ID	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons MS	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons Sagitta RES	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Muons Scale	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow+0.00$
Modelling	$\uparrow+10.42$ $\downarrow-7.98$	$\uparrow+47.36$ $\downarrow-29.32$	—	—	—	$\uparrow+36.01$ $\downarrow-23.83$	$\uparrow+15.51$ $\downarrow-12.28$	$\uparrow+59.68$ $\downarrow-34.45$	—
$t\bar{t}$ CR PRW	$\uparrow+99.35$ $\downarrow-35.81$	$\uparrow+4.24$ $\downarrow-10.01$	$\uparrow+7.18$ $\downarrow-4.30$	$\uparrow-10.40$ $\downarrow+8.28$	—	$\uparrow+21.10$ $\downarrow+7.36$	$\uparrow-6.49$ $\downarrow+14.74$	$\uparrow+1.89$ $\downarrow-10.55$	$\uparrow-1.09$ $\downarrow-4.78$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-30.50$ $\downarrow+30.42$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+1.37$ $\downarrow-1.39$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.32$	$\uparrow-0.00$ $\downarrow-3.80$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow-1.06$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow-3.61$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.32$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.32$	$\uparrow-0.00$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow-0.33$ $\downarrow-0.02$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+6.19$ $\downarrow-6.19$	$\uparrow-13.52$ $\downarrow+13.52$	$\uparrow+7.11$ $\downarrow-7.11$	$\uparrow+0.59$ $\downarrow-0.59$	—	$\uparrow+59.90$ $\downarrow-59.90$	$\uparrow-100.00$ $\downarrow+100.00$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.19$	$\uparrow-17.75$ $\downarrow+17.75$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow-0.19$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+14.21$ $\downarrow+7.99$	$\uparrow+0.73$ $\downarrow-3.49$	$\uparrow+10.38$ $\downarrow+3.97$	—	$\uparrow-0.16$ $\downarrow+0.36$	$\uparrow-0.06$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow-0.33$ $\downarrow+0.30$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow-0.03$ $\downarrow-3.77$	$\uparrow+0.97$ $\downarrow-1.94$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-3.57$	—	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow-0.03$ $\downarrow+4.76$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow-3.80$ $\downarrow+4.71$	$\uparrow+0.57$ $\downarrow+0.22$	$\uparrow-3.62$ $\downarrow+3.92$	—	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.06$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow-0.30$ $\downarrow+0.01$

Таблица К.23. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в TCR7 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W$ ↑	$Z/\gamma^*$ ↑	$t\bar{t}$	Single top	Fake	$W$ ↑	EL 0700
B-jet0 Eff (B filter)	↑+2.26 ↓-2.26	↑+3.07 ↓-3.07	↑+2.79 ↓-2.79	↑+3.23 ↓-3.23	—	↑+2.20 ↓-2.20	↑+2.35 ↓-2.35
B-jet0 Eff (C filter)	↑+0.20 ↓-0.20	↑+4.81 ↓-4.81	↑+3.70 ↓-3.70	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑+14.47 ↓-14.47
B-jet0 Eff Extention	↑+0.08 ↓-0.08	↑+1.35 ↓-1.35	↑+0.53 ↓-0.53	↑+0.81 ↓-0.81	—	↑0 ↓0	↑+1.65 ↓-1.65
B-jet0 Eff Extention (C filter)	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
B-jet0 Eff (Light filter)	↑+0.06 ↓-0.06	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+2.73 ↓-2.73	—	↑0 ↓0	↑+3.64 ↓-3.64
B-jet1 Eff (B filter)	↑+0.22 ↓-0.22	↑+5.52 ↓-5.52	↑+2.52 ↓-2.52	↑+3.99 ↓-3.99	—	↑+7.88 ↓-7.88	↑+5.76 ↓-5.76
B-jet1 Eff (C filter)	↑+21.33 ↓-21.33	↑+3.06 ↓-3.06	↑+1.11 ↓-1.11	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑+2.43 ↓-2.43
B-jet1 Eff Extention	↑+0.01 ↓-0.01	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
B-jet1 Eff Extention (C filter)	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
B-jet1 Eff (Light filter)	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+3.79 ↓-3.79	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑+2.25 ↓-2.25
$t\bar{t}$ CR Electron Identification Eff	↑+1.35 ↓-1.35	↑+1.24 ↓-1.24	↑+0.90 ↓-0.90	↑+1.27 ↓-1.27	—	↑+1.36 ↓-1.36	↑+1.54 ↓-1.54
$t\bar{t}$ CR Electron Isolation Eff	↑+0.21 ↓-0.21	↑+0.66 ↓-0.66	↑+0.23 ↓-0.23	↑+0.78 ↓-0.78	—	↑+0.16 ↓-0.16	↑+3.26 ↓-3.26
$t\bar{t}$ CR Electron Reconstruction Eff	↑+0.26 ↓-0.26	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.22 ↓-0.22	—	↑+0.26 ↓-0.26	↑+0.23 ↓-0.23
Electrons Scale	↑+0.01 ↓0	↑-12.80 ↓0	↑+0.03 ↓-11.39	↑+7.09 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓-6.33
Electrons Resolution	↑0 ↓+0.01	↑0 ↓0	↑-11.35 ↓0	↑0 ↓+7.09	—	↑0 ↓0	↑-6.33 ↓0
$t\bar{t}$ CR Electron Trigger Eff	↑+0.25 ↓-0.25	↑+0.21 ↓-0.21	↑+0.17 ↓-0.17	↑+0.24 ↓-0.24	—	↑+0.25 ↓-0.25	↑+0.23 ↓-0.23
Etmis RES Parallel	↑0 ↓0	↑-12.80 ↓-12.80	↑+4.20 ↓+4.20	↑-8.18 ↓-8.18	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Etmis RES Perpendicular	↑0 ↓0	↑-12.80 ↓-12.80	↑-4.62 ↓-4.62	↑+9.46 ↓+9.46	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Etmis Scale	↑0 ↓0	↑-12.80 ↓0	↑0 ↓0	↑-8.18 ↓+9.03	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet D2 Baseline	↑-0.23 ↓+0.40	↑0 ↓+8.97	↑-5.01 ↓+8.82	↑-16.46 ↓0	—	↑0 ↓0	↑-6.38 ↓+5.64
Fat jet D2 Modelling	↑-0.23 ↓+0.40	↑-22.80 ↓+9.42	↑-9.85 ↓+8.82	↑-16.46 ↓+18.58	—	↑0 ↓0	↑-6.38 ↓+5.64
Fat jet D2 TotalStat	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+4.44	↑-8.58 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet D2 Tracking	↑-0.23 ↓+0.40	↑0 ↓+8.97	↑0 ↓+4.44	↑-8.58 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet Mass Baseline	↑0 ↓-2.07	↑+98.06 ↓0	↑-24.36 ↓-7.14	↑+9.03 ↓-8.93	—	↑0 ↓0	↑-6.18 ↓-6.38
Fat jet Mass Modelling	↑0 ↓-2.33	↑+98.06 ↓-12.80	↑-19.78 ↓-10.12	↑+9.03 ↓-0.44	—	↑0 ↓0	↑-13.53 ↓-6.38
Fat jet Mass TotalStat	↑0 ↓+0.27	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet Mass Tracking	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-16.22 ↓0	↑-8.93 ↓0	—	↑0 ↓0	↑-6.18 ↓-6.38
Fat jet pT Baseline	↑+0.40 ↓-0.23	↑+8.97 ↓-12.80	↑+4.44 ↓-16.01	↑+9.03 ↓-16.76	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet pT Modelling	↑0 ↓-0.23	↑0 ↓-12.80	↑+4.44 ↓-11.39	↑+9.03 ↓-8.58	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet pT TotalStat	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet pT Tracking	↑+0.40 ↓-0.23	↑+8.97 ↓-12.80	↑+4.44 ↓-16.01	↑+9.03 ↓-16.76	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons ID	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons MS	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RES	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RHO	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Scale	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	—	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Modelling	↑+17.66 ↓-13.85	↑+55.25 ↓-32.61	—	—	—	↑+22.40 ↓-15.23	—
$t\bar{t}$ CR PRW	↑+117.10 ↓-35.11	↑+14.83 ↓-14.14	↑+23.89 ↓-4.64	↑-14.03 ↓+14.70	—	↑-6.49 ↓+14.74	↑-11.84 ↓+8.17
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	↑-19.48 ↓+19.43	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	↑+0.48 ↓-0.48	—	—
JES (Eta)	↑+0.00 ↓+0.00	↑-12.80 ↓+0.00	↑-11.29 ↓-0.03	↑-8.17 ↓+9.01	—	↑0 ↓0	↑-0.03 ↓+0.02
Jets Energy Resolution	↑+14.99 —	↑-49.66 —	↑+3.81 —	↑+27.16 —	—	↑-100.00 —	↑-7.43 —
JES (In-situ analyses - N.P.1)	↑+0.02 ↓+14.77	↑+0.10 ↓-35.58	↑-0.10 ↓-11.30	↑+7.25 ↓+10.51	—	↑-0.06 ↓-0.07	↑+0.03 ↓-0.11
JES (In-situ analyses - N.P.2)	↑+0.00 ↓-0.00	↑-0.01 ↓-12.73	↑-0.04 ↓-11.28	↑+8.97 ↓-8.15	—	↑0 ↓0	↑-6.35 ↓-0.03
JES (In-situ analyses - N.P.3)	↑-0.24 ↓+0.00	↑-0.01 ↓-12.73	↑+4.43 ↓-11.34	↑+7.87 ↓+9.06	—	↑+0.05 ↓0	↑-6.33 ↓-0.04



Таблица К.24. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в TCR8 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W$ $\uparrow$ $ev$	$Z/\gamma^*$ $\uparrow$ $ee$	$tt$	Single top	Fake	EL 0800	EL 0900
B-jet0 Eff (B filter)	$\uparrow+1.92$ $\downarrow-1.92$	$\uparrow+3.55$ $\downarrow-3.55$	$\uparrow+3.19$ $\downarrow-3.19$	$\uparrow+4.03$ $\downarrow-4.03$	—	$\uparrow+1.78$ $\downarrow-1.78$	$\uparrow+0.47$ $\downarrow-0.47$
B-jet0 Eff (C filter)	$\uparrow+13.83$ $\downarrow-13.83$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow+18.30$ $\downarrow-18.30$	$\uparrow+25.74$ $\downarrow-25.74$
B-jet0 Eff Extention	$\uparrow+3.82$ $\downarrow-3.82$	$\uparrow+0.60$ $\downarrow-0.60$	$\uparrow+0.91$ $\downarrow-0.91$	$\uparrow+2.13$ $\downarrow-2.13$	—	$\uparrow+1.75$ $\downarrow-1.75$	$\uparrow+7.76$ $\downarrow-7.76$
B-jet0 Eff Extention (C filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet0 Eff (Light filter)	$\uparrow+2.08$ $\downarrow-2.08$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+1.81$ $\downarrow-1.81$
B-jet1 Eff (B filter)	$\uparrow+5.47$ $\downarrow-5.47$	$\uparrow+4.19$ $\downarrow-4.19$	$\uparrow+3.24$ $\downarrow-3.24$	$\uparrow+7.02$ $\downarrow-7.02$	—	$\uparrow+4.05$ $\downarrow-4.05$	$\uparrow+0.92$ $\downarrow-0.92$
B-jet1 Eff (C filter)	$\uparrow+1.77$ $\downarrow-1.77$	$\uparrow+4.27$ $\downarrow-4.27$	$\uparrow+1.44$ $\downarrow-1.44$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow+3.74$ $\downarrow-3.74$	$\uparrow+5.43$ $\downarrow-5.43$
B-jet1 Eff Extention	$\uparrow+0.36$ $\downarrow-0.36$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet1 Eff Extention (C filter)	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
B-jet1 Eff (Light filter)	$\uparrow+5.35$ $\downarrow-5.35$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+2.87$ $\downarrow-2.87$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+23.75$ $\downarrow-23.75$
$t\bar{t}$ CR Electron Identification Eff	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow+0.91$ $\downarrow-0.91$	$\uparrow+0.78$ $\downarrow-0.78$	$\uparrow+0.99$ $\downarrow-0.99$	—	$\uparrow+1.38$ $\downarrow-1.38$	$\uparrow+1.49$ $\downarrow-1.49$
$t\bar{t}$ CR Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.28$ $\downarrow-0.28$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow-0.55$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.51$ $\downarrow-0.51$	—	$\uparrow+3.97$ $\downarrow-3.97$	$\uparrow+4.27$ $\downarrow-4.27$
$t\bar{t}$ CR Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow-0.14$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	—	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.13$
Electrons Scale	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Electrons Resolution	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
$t\bar{t}$ CR Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.13$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	—	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$
Etmis RES Parallel	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-8.42$ $\downarrow-8.42$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Etmis Scale	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-8.07$ $\downarrow+14.24$	$\uparrow$ $\downarrow+14.39$	$\uparrow-11.74$ $\downarrow+11.18$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow+10.19$	$\uparrow$ $\downarrow+12.81$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-8.07$ $\downarrow+14.24$	$\uparrow$ $\downarrow+14.39$	$\uparrow-18.00$ $\downarrow+16.48$	$\uparrow$ $\downarrow+43.46$	—	$\uparrow$ $\downarrow+10.19$	$\uparrow$ $\downarrow+27.00$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow+5.02$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-8.07$ $\downarrow+14.24$	$\uparrow$ $\downarrow+14.39$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow+5.02$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow-11.09$ $\downarrow+17.06$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.37$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow+4.61$ $\downarrow-5.77$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow-11.09$ $\downarrow+7.59$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.37$ $\downarrow+5.07$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow+0.45$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow+9.47$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow-11.09$ $\downarrow+7.59$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow-0.70$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow-5.77$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+97.19$ $\downarrow-8.07$	$\uparrow+14.39$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow+5.02$ $\downarrow-4.70$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow$ $\downarrow-8.07$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow+5.02$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+97.19$ $\downarrow-8.07$	$\uparrow+14.39$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow+5.02$ $\downarrow-4.70$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons ID	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons MS	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RES	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Muons Scale	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$	—	$\uparrow$ $\downarrow$	$\uparrow$ $\downarrow$
Modelling	$\uparrow+11.40$ $\downarrow-8.87$	$\uparrow+56.70$ $\downarrow-32.80$	—	—	—	—	—
$t\bar{t}$ CR PRW	$\uparrow-4.76$ $\downarrow-6.75$	$\uparrow+29.58$ $\downarrow-26.08$	$\uparrow-12.26$ $\downarrow+15.16$	$\uparrow-18.24$ $\downarrow+3.40$	—	$\uparrow+32.22$ $\downarrow-7.06$	$\uparrow+26.96$ $\downarrow-20.59$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-17.74$ $\downarrow+17.68$	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+0.41$ $\downarrow-0.40$	—	—
JES (Eta)	$\uparrow-11.07$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow$ $\downarrow-0.03$	—	$\uparrow+0.02$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-0.02$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+64.65$	$\uparrow-0.33$	$\uparrow-13.74$	$\uparrow+16.49$	—	$\uparrow-7.06$	$\uparrow-5.24$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+0.30$ $\downarrow-9.37$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow+0.11$	$\uparrow-5.47$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow-20.51$ $\downarrow-0.08$	—	$\uparrow-0.09$ $\downarrow-4.61$	$\uparrow-0.24$ $\downarrow-5.26$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow+0.11$	$\uparrow-0.05$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow$	—	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-4.68$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-0.16$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow-2.43$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow$	—	$\uparrow-0.03$ $\downarrow+0.02$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow+0.01$

Таблица К.25. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в TCR9 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \rightarrow e\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow e\bar{e}$	$t\bar{t}$	Single top	EL 1000	EL 1250	EL 1500	EL 1750	EL 2000	EL 2250
B-jet0 Eff (B filter)	$\uparrow+2.51$ $\downarrow-2.51$	$\uparrow+4.51$ $\downarrow-4.51$	$\uparrow+3.78$ $\downarrow-3.78$	$\uparrow+4.51$ $\downarrow-4.51$	$\uparrow+0.83$ $\downarrow-0.83$	$\uparrow+0.41$ $\downarrow-1.61$	$\uparrow+1.61$ $\downarrow-1.61$	$\uparrow+1.70$ $\downarrow-1.70$	$\uparrow+0.98$ $\downarrow-0.98$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.01$
B-jet0 Eff (C filter)	$\uparrow+16.64$ $\downarrow-16.64$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+24.99$ $\downarrow-24.99$	$\uparrow+11.22$ $\downarrow-11.22$	$\uparrow+21.11$ $\downarrow-21.11$	$\uparrow+10.92$ $\downarrow-10.92$	$\uparrow+25.83$ $\downarrow-25.83$	$\uparrow+17.69$ $\downarrow-17.69$
B-jet0 Eff Extention	$\uparrow+4.01$ $\downarrow-4.01$	$\uparrow+2.77$ $\downarrow-2.77$	$\uparrow+1.26$ $\downarrow-1.26$	$\uparrow+4.06$ $\downarrow-4.06$	$\uparrow+3.74$ $\downarrow-3.74$	$\uparrow+2.71$ $\downarrow-2.71$	$\uparrow+5.65$ $\downarrow-5.65$	$\uparrow+1.98$ $\downarrow-1.98$	$\uparrow+11.48$ $\downarrow-11.48$	$\uparrow+10.33$ $\downarrow-10.33$
B-jet0 Eff Extention (C filter)	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
B-jet0 Eff (Light filter)	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+10.12$ $\downarrow-10.12$	$\uparrow+1.33$ $\downarrow-1.33$	$\uparrow+5.53$ $\downarrow-5.53$	$\uparrow+1.61$ $\downarrow-1.61$	$\uparrow+2.54$ $\downarrow-2.54$
B-jet1 Eff (B filter)	$\uparrow+3.59$ $\downarrow-3.59$	$\uparrow+6.45$ $\downarrow-6.45$	$\uparrow+4.35$ $\downarrow-4.35$	$\uparrow+10.04$ $\downarrow-10.04$	$\uparrow+5.85$ $\downarrow-5.85$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+3.84$ $\downarrow-3.84$	$\uparrow+4.45$ $\downarrow-4.45$	$\uparrow+4.13$ $\downarrow-4.13$	$\uparrow+4.27$ $\downarrow-4.27$
B-jet1 Eff (C filter)	$\uparrow+4.44$ $\downarrow-4.44$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+2.80$ $\downarrow-2.80$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.27$ $\downarrow-1.27$	$\uparrow+17.17$ $\downarrow-17.17$	$\uparrow+6.51$ $\downarrow-6.51$	$\uparrow+6.77$ $\downarrow-6.77$	$\uparrow+6.70$ $\downarrow-6.70$	$\uparrow+1.05$ $\downarrow-1.05$
B-jet1 Eff Extention	$\uparrow+0.90$ $\downarrow-0.90$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.32$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.50$ $\downarrow-0.50$	$\uparrow+0.33$ $\downarrow-0.33$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$
B-jet1 Eff Extention (C filter)	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
B-jet1 Eff (Light filter)	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+7.46$ $\downarrow-7.46$	$\uparrow+9.22$ $\downarrow-9.22$	$\uparrow+5.81$ $\downarrow-5.81$	$\uparrow+8.02$ $\downarrow-8.02$	$\uparrow+5.98$ $\downarrow-5.98$	$\uparrow+14.76$ $\downarrow-14.76$
$t\bar{t}$ CR Electron Identification Eff	$\uparrow+0.93$ $\downarrow-0.93$	$\uparrow+1.22$ $\downarrow-1.22$	$\uparrow+0.74$ $\downarrow-0.74$	$\uparrow+0.96$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+1.11$ $\downarrow-1.11$	$\uparrow+1.57$ $\downarrow-1.57$	$\uparrow+1.49$ $\downarrow-1.49$	$\uparrow+1.45$ $\downarrow-1.45$	$\uparrow+1.35$ $\downarrow-1.35$	$\uparrow+1.20$ $\downarrow-1.20$
$t\bar{t}$ CR Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.49$ $\downarrow-0.49$	$\uparrow+2.00$ $\downarrow-2.00$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+1.08$ $\downarrow-1.08$	$\uparrow+2.66$ $\downarrow-2.66$	$\uparrow+3.73$ $\downarrow-3.73$	$\uparrow+3.28$ $\downarrow-3.28$	$\uparrow+3.55$ $\downarrow-3.55$	$\uparrow+3.67$ $\downarrow-3.67$	$\uparrow+4.47$ $\downarrow-4.47$
$t\bar{t}$ CR Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.31$ $\downarrow-0.31$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.28$ $\downarrow-0.28$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$
Electrons Scale	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\downarrow+0.06$ $\uparrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Electrons Resolution	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
$t\bar{t}$ CR Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.13$	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.08$	$\uparrow+0.12$ $\downarrow-0.12$	$\uparrow+0.12$ $\downarrow-0.12$	$\uparrow+0.27$ $\downarrow-0.27$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow-0.14$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.13$
Etmis RES Parallel	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Etmis Scale	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow+49.18$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-20.22$ $\downarrow+35.65$	$\uparrow 0$ $\downarrow+66.05$	$\uparrow-10.23$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-14.06$ $\downarrow+5.77$	$\uparrow-54.09$ $\downarrow+5.27$	$\uparrow 0$ $\downarrow+10.01$	$\uparrow 0$ $\downarrow+5.41$	$\uparrow-2.90$ $\downarrow+11.45$	$\uparrow-8.45$ $\downarrow+4.52$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-20.22$ $\downarrow+35.65$	$\uparrow 0$ $\downarrow+66.05$	$\uparrow-22.43$ $\downarrow-10.34$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-14.06$ $\downarrow+5.77$	$\uparrow-54.09$ $\downarrow+5.27$	$\uparrow 0$ $\downarrow+10.01$	$\uparrow 0$ $\downarrow+5.41$	$\uparrow-2.90$ $\downarrow+11.45$	$\uparrow-8.45$ $\downarrow+4.52$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-20.22$ $\downarrow+35.65$	$\uparrow 0$ $\downarrow+66.05$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-6.02$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow 0$ $\downarrow+23.70$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+10.23$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-7.33$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-3.07$	$\uparrow 0$ $\downarrow+15.22$	$\uparrow-3.13$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.23$	$\uparrow-10.23$ $\downarrow+0.48$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+10.23$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-7.33$ $\downarrow 0$	$\uparrow-49.84$ $\downarrow-3.07$	$\uparrow 0$ $\downarrow+4.00$	$\uparrow-3.13$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.23$	$\uparrow-6.28$ $\downarrow-3.54$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow 0$ $\downarrow+23.70$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-7.33$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-1.36$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-7.33$ $\downarrow 0$	$\uparrow-3.07$ $\downarrow+4.00$	$\uparrow+4.00$ $\downarrow 0$	$\uparrow-3.13$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.23$	$\uparrow-3.95$ $\downarrow-3.54$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+35.65$ $\downarrow-20.22$	$\uparrow+66.05$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+49.18$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-6.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow+5.31$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow 0$ $\downarrow-20.22$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+35.65$ $\downarrow-20.22$	$\uparrow+66.05$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+49.18$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-6.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons ID	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons MS	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Scale	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Modelling	$\uparrow+11.83$ $\downarrow-10.52$	$\uparrow+51.13$ $\downarrow-30.73$	—	—	—	—	—	—	—	—
$t\bar{t}$ CR PRW	$\uparrow+3.66$ $\downarrow-13.23$	$\uparrow-41.66$ $\downarrow+51.39$	$\uparrow-11.31$ $\downarrow+19.15$	$\uparrow-15.59$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow+14.14$ $\downarrow+3.26$	$\uparrow+25.77$ $\downarrow-22.87$	$\uparrow-17.42$ $\downarrow+18.23$	$\uparrow-12.73$ $\downarrow+10.64$	$\uparrow+19.64$ $\downarrow-11.61$	$\uparrow-8.76$ $\downarrow+5.13$
JES (Eta)	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.00$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.10$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow-3.66$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow+0.01$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+20.32$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow 0$	$\uparrow-9.64$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.50$ $\downarrow 0$	$\uparrow-7.83$ $\downarrow 0$	$\uparrow-3.52$ $\downarrow 0$	$\uparrow+13.66$ $\downarrow 0$	$\uparrow-1.83$ $\downarrow 0$	$\uparrow-2.55$ $\downarrow 0$	$\uparrow+3.14$ $\downarrow 0$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+0.04$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow-0.00$ $\downarrow-0.06$	$\uparrow-52.21$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow-0.02$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+1.50$ $\downarrow+0.15$	$\uparrow-3.76$ $\downarrow-10.62$	$\uparrow+3.50$ $\downarrow-10.62$	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-4.78$	$\uparrow+6.21$ $\downarrow+0.29$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow+0.02$	$\uparrow+49.28$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow+0.00$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow-3.56$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+3.62$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow-0.00$	$\uparrow+0.02$ $\downarrow-0.03$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow-0.00$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.02$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.03$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow+0.00$	$\uparrow-3.87$ $\downarrow-0.01$	$\uparrow-0.01$ $\$		

Таблица К.26. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в TCR9 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	EL 2500	EL 2750	EL 3000	EL 3250	EL 3500	EL 3750	EL 4000
B-jet0 Eff (B filter)	↑+2.35 ↓-2.35	↑+0.96 ↓-0.96	↑+0.97 ↓-0.97	↑+1.57 ↓-1.57	↑+2.04 ↓-2.04	↑+1.01 ↓-1.01	↑+0.42 ↓-0.42
B-jet0 Eff (C filter)	↑+10.94 ↓-10.94	↑+10.08 ↓-10.08	↑+10.44 ↓-10.44	↑+11.48 ↓-11.48	↑+10.28 ↓-10.28	↑+14.80 ↓-14.80	↑+2.77 ↓-2.77
B-jet0 Eff Extention	↑+15.54 ↓-15.54	↑+8.78 ↓-8.78	↑+3.90 ↓-3.90	↑+16.55 ↓-16.55	↑+10.86 ↓-10.86	↑+18.26 ↓-18.26	↑+4.78 ↓-4.78
B-jet0 Eff Extention (C filter)	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
B-jet0 Eff (Light filter)	↑0 ↓0	↑+7.04 ↓-7.04	↑+7.63 ↓-7.63	↑+3.18 ↓-3.18	↑+5.74 ↓-5.74	↑+3.07 ↓-3.07	↑+14.63 ↓-14.63
B-jet1 Eff (B filter)	↑+5.58 ↓-5.58	↑+3.79 ↓-3.79	↑+2.00 ↓-2.00	↑+3.62 ↓-3.62	↑+4.15 ↓-4.15	↑+2.65 ↓-2.65	↑+4.25 ↓-4.25
B-jet1 Eff (C filter)	↑0 ↓0	↑+3.66 ↓-3.66	↑+13.07 ↓-13.07	↑+4.78 ↓-4.78	↑+5.44 ↓-5.44	↑+12.89 ↓-12.89	↑+2.35 ↓-2.35
B-jet1 Eff Extention	↑0 ↓0	↑+0.16 ↓-0.16	↑+0.94 ↓-0.94	↑0 ↓0	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.51 ↓-0.51	↑0 ↓0
B-jet1 Eff Extention (C filter)	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
B-jet1 Eff (Light filter)	↑+5.69 ↓-5.69	↑+8.70 ↓-8.70	↑+9.02 ↓-9.02	↑+8.73 ↓-8.73	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
$t\bar{t}$ CR Electron Identification Eff	↑+1.60 ↓-1.60	↑+1.54 ↓-1.54	↑+1.55 ↓-1.55	↑+1.79 ↓-1.79	↑+1.33 ↓-1.33	↑+1.36 ↓-1.36	↑+1.07 ↓-1.07
$t\bar{t}$ CR Electron Isolation Eff	↑+3.14 ↓-3.14	↑+4.66 ↓-4.66	↑+4.29 ↓-4.29	↑+3.99 ↓-3.99	↑+3.69 ↓-3.69	↑+3.63 ↓-3.63	↑+4.53 ↓-4.53
$t\bar{t}$ CR Electron Reconstruction Eff	↑+0.24 ↓-0.24	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.16 ↓-0.16	↑+0.24 ↓-0.24	↑+0.24 ↓-0.24	↑+0.25 ↓-0.25	↑+0.15 ↓-0.15
Electrons Scale	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+7.07 ↓0
Electrons Resolution	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+7.07 ↓0
$t\bar{t}$ CR Electron Trigger Eff	↑+0.21 ↓-0.21	↑+0.13 ↓-0.13	↑+0.13 ↓-0.13	↑+0.23 ↓-0.23	↑+0.20 ↓-0.20	↑+0.21 ↓-0.21	↑+0.12 ↓-0.12
Etmis RES Parallel	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Etmis RES Perpendicular	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Etmis Scale	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet D2 Baseline	↑0 ↓+30.79	↑+5.47 ↓+10.04	↑0 ↓0	↑-12.67 ↓0	↑-6.38 ↓+11.17	↑0 ↓+15.05	↑-3.33 ↓+4.31
Fat jet D2 Modelling	↑-5.43 ↓+30.79	↑-5.47 ↓+10.04	↑0 ↓0	↑-12.67 ↓0	↑-6.38 ↓+20.35	↑0 ↓+15.05	↑-3.33 ↓+4.31
Fat jet D2 TotalStat	↑0 ↓+16.58	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-7.15 ↓0	↑-6.38 ↓+5.55	↑0 ↓+9.44	↑0 ↓0
Fat jet D2 Tracking	↑0 ↓+16.58	↑0 ↓+3.56	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-6.38 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+4.31
Fat jet Mass Baseline	↑+9.71 ↓-5.34	↑-33.48 ↓-3.44	↑0 ↓-13.44	↑+5.01 ↓-5.53	↑-13.55 ↓0	↑+9.70 ↓-5.59	↑0 ↓+3.63
Fat jet Mass Modelling	↑+9.71 ↓-5.34	↑-2.61 ↓0	↑0 ↓-13.44	↑0 ↓-5.53	↑-7.78 ↓0	↑0 ↓-10.40	↑0 ↓0
Fat jet Mass TotalStat	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-7.78 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+3.63
Fat jet Mass Tracking	↑+9.71 ↓-5.34	↑-2.61 ↓0	↑0 ↓-13.44	↑0 ↓-5.53	↑-7.78 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet pT Baseline	↑+11.45 ↓0	↑+3.56 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓-6.38	↑0 ↓0	↑+4.31 ↓0
Fat jet pT Modelling	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓-6.38	↑0 ↓0	↑+4.31 ↓0
Fat jet pT TotalStat	↑+11.45 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓-6.38	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Fat jet pT Tracking	↑+11.45 ↓0	↑+3.56 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓-6.38	↑0 ↓0	↑+4.31 ↓0
Muons ID	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons MS	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RES	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RHO	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Scale	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
$t\bar{t}$ CR PRW	↑-4.41 ↓-3.22	↑+29.97 ↓-10.01	↑-6.69 ↓+1.46	↑-11.60 ↓+8.40	↑-3.37 ↓+3.56	↑-7.36 ↓+3.86	↑+31.09 ↓-28.32
JES (Eta)	↑+0.00 ↓-0.00	↑+0.10 ↓+0.00	↑-0.00 ↓+0.00	↑-0.01 ↓-0.01	↑-0.00 ↓+0.01	↑-0.01 ↓-0.01	↑+0.00 ↓+6.94
Jets Energy Resolution	↑+8.44 ↓0	↑+0.37 ↓0	↑-0.18 ↓0	↑-0.26 ↓0	↑+0.66 ↓0	↑-0.05 ↓0	↑+6.72 ↓0
JES (In-situ analyses - N.P.1)	↑-0.07 ↓+0.08	↑+16.46 ↓-5.29	↑+0.72 ↓-0.06	↑+10.61 ↓-0.03	↑+5.37 ↓+0.09	↑+0.06 ↓-0.05	↑-0.05 ↓+7.01
JES (In-situ analyses - N.P.2)	↑-0.01 ↓+0.01	↑+3.47 ↓+0.23	↑+0.20 ↓-0.00	↑+0.03 ↓-0.01	↑+5.56 ↓-0.03	↑+0.09 ↓-0.03	↑+0.02 ↓+7.06
JES (In-situ analyses - N.P.3)	↑+0.03 ↓+0.00	↑+0.02 ↓+0.12	↑+0.00 ↓-0.00	↑+0.04 ↓-0.04	↑-0.15 ↓+0.03	↑+0.01 ↓-0.03	↑+0.21 ↓+7.06

Таблица К.27. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в SR1 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow e\nu$	$Z/\gamma^* ee$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \uparrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \tau\tau$	EL 0100
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.48$ $\downarrow-1.48$	$\uparrow+1.59$ $\downarrow-1.59$	$\uparrow+1.06$ $\downarrow-1.06$	$\uparrow+2.46$ $\downarrow-2.46$	—	$\uparrow-3.69$ $\downarrow+3.69$	$\uparrow+2.47$ $\downarrow-2.47$	$\uparrow+1.70$ $\downarrow-1.70$	$\uparrow+1.48$ $\downarrow-1.48$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+1.42$ $\downarrow-1.42$	$\uparrow+1.33$ $\downarrow-1.33$	$\uparrow+0.81$ $\downarrow-0.81$	$\uparrow+1.44$ $\downarrow-1.44$	—	$\uparrow+45.73$ $\downarrow-45.73$	$\uparrow+5.00$ $\downarrow-5.00$	$\uparrow+2.00$ $\downarrow-2.00$	$\uparrow+4.16$ $\downarrow-4.16$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.26$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	—	$\uparrow-0.27$ $\downarrow+0.27$	$\uparrow+0.26$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$
Electrons Scale	$\uparrow+0.73$ $\downarrow-4.78$	$\uparrow+43.55$ $\downarrow-23.75$	$\uparrow+6.72$ $\downarrow+6.70$	$\uparrow+32.63$ $\downarrow+6.70$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow+1576.21$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+3.54$ $\downarrow-4.89$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.59$ $\downarrow-4.10$	$\uparrow-4.62$ $\downarrow-2.68$	$\uparrow 0$ $\downarrow+6.70$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow+1576.21$ $\downarrow+159.50$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.43$ $\downarrow-0.94$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.29$ $\downarrow-0.29$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	—	$\uparrow-0.57$ $\downarrow+0.57$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$
Etmiss RES Parallel	$\uparrow+4.78$ $\downarrow-4.78$	$\uparrow-41.32$ $\downarrow-41.32$	$\uparrow-6.33$ $\downarrow-6.33$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow+1576.21$ $\downarrow+1576.21$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.70$ $\downarrow-0.70$
Etmiss RES Perpendicular	$\uparrow-5.22$ $\downarrow-5.22$	$\uparrow-27.78$ $\downarrow-27.78$	$\uparrow-10.58$ $\downarrow-10.58$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.66$ $\downarrow-0.66$
Etmiss Scale	$\uparrow-3.32$ $\downarrow+8.01$	$\uparrow-33.57$ $\downarrow+39.11$	$\uparrow 0$ $\downarrow+6.70$	$\uparrow 0$ $\downarrow+32.63$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.49$ $\downarrow-0.78$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-17.19$ $\downarrow+9.61$	$\uparrow-1.98$ $\downarrow+2.55$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-3.69$ $\downarrow+4.25$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-17.79$ $\downarrow+10.01$	$\uparrow-3.32$ $\downarrow+7.18$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-4.68$ $\downarrow+5.46$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-15.06$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.11$ $\downarrow+0.30$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-15.06$ $\downarrow+7.81$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.10$ $\downarrow+0.81$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow+20.36$ $\downarrow-13.03$	$\uparrow-19.61$ $\downarrow+23.40$	$\uparrow+6.41$ $\downarrow+7.63$	$\uparrow-22.05$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow+1590.97$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.30$ $\downarrow-0.67$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+20.36$ $\downarrow-13.47$	$\uparrow-13.66$ $\downarrow+16.92$	$\uparrow+19.05$ $\downarrow+13.36$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.60$ $\downarrow-0.22$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-1.39$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.09$ $\downarrow-0.10$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+23.76$ $\downarrow-20.12$	$\uparrow-2.77$ $\downarrow+3.89$	$\uparrow+19.05$ $\downarrow+13.36$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.36$ $\downarrow+0.10$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+107.05$ $\downarrow-12.35$	$\uparrow+19.87$ $\downarrow-3.53$	$\uparrow+14.29$ $\downarrow-17.18$	$\uparrow+29.96$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.88$ $\downarrow-0.59$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+23.04$ $\downarrow-15.06$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+7.85$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.35$ $\downarrow 0$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+15.23$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.63$ $\downarrow 0$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+23.04$ $\downarrow-11.87$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+7.85$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.54$ $\downarrow-0.53$
Muons ID	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons MS	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Scale	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Modelling	$\uparrow+3.23$ $\downarrow-3.39$	$\uparrow+47.94$ $\downarrow-31.30$	$\uparrow+6.53$ $\downarrow-9.50$	—	—	$\uparrow+257.71$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow+6.99$ $\downarrow-13.84$	$\uparrow+59.22$ $\downarrow-34.77$	—
Default PRW	$\uparrow-13.07$ $\downarrow+7.97$	$\uparrow-10.14$ $\downarrow+11.07$	$\uparrow-16.59$ $\downarrow+18.24$	$\uparrow-6.51$ $\downarrow-1.50$	—	$\uparrow+328.78$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow+10.58$ $\downarrow-6.17$	$\uparrow-24.89$ $\downarrow+22.57$	$\uparrow-1.98$ $\downarrow-0.36$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-29.80$ $\downarrow+29.74$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+0.12$ $\downarrow-0.13$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow+7.92$ $\downarrow+10.94$	$\uparrow-10.48$ $\downarrow+10.35$	$\uparrow 0$ $\downarrow-10.95$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow+1576.21$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.08$ $\downarrow-1.12$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+64.90$ $\downarrow-16.47$	$\uparrow+30.19$ $\downarrow-13.42$	$\uparrow+8.27$ $\downarrow-4.25$	$\uparrow 0$ $\downarrow-30.45$	—	$\uparrow+1897.75$ $\downarrow+159.50$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+16.47$ $\downarrow 0$	$\uparrow-1.01$ $\downarrow-3.89$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+14.52$ $\downarrow-16.47$	$\uparrow-16.56$ $\downarrow-13.42$	$\uparrow-4.25$ $\downarrow-6.21$	$\uparrow-30.45$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow+1576.21$ $\downarrow+159.50$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+16.47$ $\downarrow 0$	$\uparrow-3.89$ $\downarrow+4.60$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+7.33$ $\downarrow+3.81$	$\uparrow+6.50$ $\downarrow+3.50$	$\uparrow+6.70$ $\downarrow+6.21$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow+1576.21$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-3.68$ $\downarrow+3.35$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+7.14$ $\downarrow+3.12$	$\uparrow+2.84$ $\downarrow-4.61$	$\uparrow+6.70$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow+1576.21$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-1.88$ $\downarrow+0.33$

Таблица К.28. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в SR2 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow e\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow ee$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \uparrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow \tau\tau$	EL 0200
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.21$ $\downarrow-1.21$	$\uparrow+1.31$ $\downarrow-1.31$	$\uparrow+1.08$ $\downarrow-1.08$	$\uparrow+2.00$ $\downarrow-2.00$	—	$\uparrow+2.11$ $\downarrow-2.11$	$\uparrow+2.47$ $\downarrow-2.47$	$\uparrow+1.66$ $\downarrow-1.66$	$\uparrow+1.47$ $\downarrow-1.47$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.68$ $\downarrow-0.68$	$\uparrow+0.86$ $\downarrow-0.86$	$\uparrow+0.78$ $\downarrow-0.78$	$\uparrow+1.38$ $\downarrow-1.38$	—	$\uparrow+14.45$ $\downarrow-14.45$	$\uparrow+5.00$ $\downarrow-5.00$	$\uparrow+1.80$ $\downarrow-1.80$	$\uparrow+4.08$ $\downarrow-4.08$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	—	$\uparrow+0.07$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.26$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$
Electrons Scale	$\uparrow+0.56$ $\downarrow-0.39$	$\uparrow+6.62$ $\downarrow-3.34$	$\uparrow+6.94$ $\downarrow-3.34$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+448.63$ $\downarrow+448.63$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+1.95$ $\downarrow-1.78$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.33$ $\downarrow+1.38$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.97$	$\uparrow+0$ $\downarrow+2.84$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+448.63$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.04$ $\downarrow+0.44$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	—	$\uparrow+0.07$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-0.52$ $\downarrow-0.52$	$\uparrow-14.96$ $\downarrow-14.96$	$\uparrow-3.97$ $\downarrow-3.97$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+448.63$ $\downarrow+448.63$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+1.15$ $\downarrow+1.15$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-0.51$ $\downarrow-0.51$	$\uparrow-6.01$ $\downarrow-6.01$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.43$ $\downarrow+0.43$
Etmis Scale	$\uparrow-0.93$ $\downarrow+1.49$	$\uparrow-10.29$ $\downarrow+7.43$	$\uparrow+0$ $\downarrow+2.84$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.56$ $\downarrow-0.13$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-5.44$ $\downarrow+8.58$	$\uparrow-2.21$ $\downarrow+2.70$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-4.40$ $\downarrow+4.09$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-6.27$ $\downarrow+3.94$	$\uparrow-3.39$ $\downarrow+5.64$	$\uparrow-3.96$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-5.95$ $\downarrow+5.60$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-3.53$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0.38$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-3.53$ $\downarrow+1.94$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.71$ $\downarrow+0.39$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow+3.84$ $\downarrow+19.74$	$\uparrow+9.92$ $\downarrow+23.44$	$\uparrow-7.61$ $\downarrow+8.70$	$\uparrow-8.30$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+481.56$ $\downarrow+452.83$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.85$ $\downarrow-0.41$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+6.44$ $\downarrow+26.94$	$\uparrow-18.60$ $\downarrow+11.84$	$\uparrow+4.08$ $\downarrow+12.19$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+481.56$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.92$ $\downarrow-0.64$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.11$ $\downarrow+0$	$\uparrow-1.14$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.15$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+6.90$ $\downarrow-2.36$	$\uparrow-10.87$ $\downarrow+0.40$	$\uparrow+4.08$ $\downarrow+8.58$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow-0.03$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+33.96$ $\downarrow-19.01$	$\uparrow+18.31$ $\downarrow-26.82$	$\uparrow+16.44$ $\downarrow-14.56$	$\uparrow+11.28$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+2.47$ $\downarrow-3.26$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+6.72$ $\downarrow-3.53$	$\uparrow+0$ $\downarrow-16.41$	$\uparrow+4.79$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.85$ $\downarrow-1.78$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+3.57$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.14$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+0.77$ $\downarrow-4.86$	$\uparrow+1.03$ $\downarrow-1.49$	$\uparrow+4.79$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+1.18$ $\downarrow-2.09$
Muons ID	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons MS	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Scale	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Modelling	$\uparrow+5.68$ $\downarrow-3.31$	$\uparrow+45.82$ $\downarrow-28.25$	$\uparrow+7.79$ $\downarrow-4.13$	—	—	$\uparrow+54.11$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow+16.09$ $\downarrow-15.79$	$\uparrow+56.58$ $\downarrow-33.62$	—
Default PRW	$\uparrow-0.43$ $\downarrow-7.65$	$\uparrow-20.01$ $\downarrow+10.68$	$\uparrow-13.10$ $\downarrow+13.51$	$\uparrow+15.79$ $\downarrow-22.91$	—	$\uparrow+89.25$ $\downarrow-17.70$	$\uparrow+10.58$ $\downarrow-6.17$	$\uparrow-23.41$ $\downarrow+23.20$	$\uparrow+0.08$ $\downarrow-0.26$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-11.04$ $\downarrow+11.09$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+1.97$ $\downarrow-2.05$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow+1.10$ $\downarrow+3.17$	$\uparrow-7.66$ $\downarrow+6.24$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+760.78$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.52$ $\downarrow+0.15$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+24.30$ $\downarrow+0$	$\uparrow+44.46$ $\downarrow+0$	$\uparrow+29.56$ $\downarrow+0$	$\uparrow+11.47$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-10.95$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.39$ $\downarrow+0$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+4.89$ $\downarrow+3.30$	$\uparrow+16.93$ $\downarrow+1.72$	$\uparrow-3.97$ $\downarrow+10.49$	$\uparrow+11.47$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+448.63$ $\downarrow+45.40$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-10.95$ $\downarrow-10.95$	$\uparrow-1.62$ $\downarrow+2.43$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+1.95$ $\downarrow+1.48$	$\uparrow+1.07$ $\downarrow+4.95$	$\uparrow+0$ $\downarrow+3.79$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+448.63$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-1.79$ $\downarrow+2.27$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+0.90$ $\downarrow+1.48$	$\uparrow+5.13$ $\downarrow-1.87$	$\uparrow+0$ $\downarrow+2.84$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+448.63$ $\downarrow+312.15$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.20$ $\downarrow+1.17$

Таблица К.29. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в SR3 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow \downarrow$	$Z/\gamma^* \uparrow \downarrow$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \uparrow \downarrow$	$Z/\gamma^* \uparrow \downarrow$	EL 0300
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.28$ $\downarrow-1.28$	$\uparrow+1.22$ $\downarrow-1.22$	$\uparrow+1.13$ $\downarrow-1.13$	$\uparrow+1.78$ $\downarrow-1.78$	—	$\uparrow+1.45$ $\downarrow-1.45$	$\uparrow+2.47$ $\downarrow-2.47$	$\uparrow+1.56$ $\downarrow-1.56$	$\uparrow+1.51$ $\downarrow-1.51$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.74$ $\downarrow-0.74$	$\uparrow+0.72$ $\downarrow-0.72$	$\uparrow+0.83$ $\downarrow-0.83$	$\uparrow+1.54$ $\downarrow-1.54$	—	$\uparrow+3.59$ $\downarrow-3.59$	$\uparrow+5.00$ $\downarrow-5.00$	$\uparrow+1.30$ $\downarrow-1.30$	$\uparrow+4.03$ $\downarrow-4.04$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	—	$\uparrow+0.14$ $\downarrow-0.14$	$\uparrow+0.26$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$
Electrons Scale	$\uparrow+1.08$ $\downarrow+3.94$	$\uparrow+3.43$ $\downarrow-2.70$	$\uparrow+5.08$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+15.63$ $\downarrow+70.11$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+1.94$ $\downarrow-1.36$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.26$ $\downarrow+0.69$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.92$	$\uparrow+0$ $\downarrow+2.08$	$\uparrow-8.55$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+85.74$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow+0.44$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	—	$\uparrow+0.10$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0.25$ $\downarrow-0.25$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.19$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-1.35$ $\downarrow-1.35$	$\uparrow-9.63$ $\downarrow-9.63$	$\uparrow-2.91$ $\downarrow-2.91$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+85.74$ $\downarrow+85.74$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.87$ $\downarrow+0.87$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-1.55$ $\downarrow-1.55$	$\uparrow-7.12$ $\downarrow-7.12$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+68.68$ $\downarrow+68.68$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow+0.21$
Etmis Scale	$\uparrow-0.52$ $\downarrow+6.40$	$\uparrow-10.41$ $\downarrow+9.06$	$\uparrow+0$ $\downarrow+2.08$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.59$ $\downarrow-0.17$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-6.22$ $\downarrow+6.25$	$\uparrow-1.93$ $\downarrow+2.30$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+4971.83$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-2.40$ $\downarrow+3.03$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-6.66$ $\downarrow+3.44$	$\uparrow-4.41$ $\downarrow+4.25$	$\uparrow-2.90$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+4971.83$	$\uparrow+0$ $\downarrow+7.41$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-3.83$ $\downarrow+4.64$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow-2.19$ $\downarrow+0.07$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+4971.83$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.27$ $\downarrow+0.20$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-2.25$ $\downarrow+1.28$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+4971.83$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.38$ $\downarrow+0.40$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow-2.00$ $\downarrow+13.97$	$\uparrow+9.28$ $\downarrow+19.90$	$\uparrow-5.58$ $\downarrow+6.37$	$\uparrow-6.21$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+75.26$ $\downarrow+70.77$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.71$ $\downarrow-1.06$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+0.02$ $\downarrow+17.81$	$\uparrow-10.97$ $\downarrow+12.20$	$\uparrow+6.54$ $\downarrow+8.93$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+75.26$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.39$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.07$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.86$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.16$ $\downarrow-0.23$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+2.73$ $\downarrow+0.95$	$\uparrow-7.36$ $\downarrow+2.55$	$\uparrow+2.99$ $\downarrow+6.29$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.01$ $\downarrow-0.70$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+21.65$ $\downarrow-14.83$	$\uparrow+17.95$ $\downarrow-20.54$	$\uparrow+15.88$ $\downarrow-19.13$	$\uparrow+8.44$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow-64.83$	$\uparrow+4971.83$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+2.33$ $\downarrow-1.77$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+4.81$ $\downarrow-4.30$	$\uparrow+0$ $\downarrow-13.25$	$\uparrow+3.51$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow-64.83$	$\uparrow+4971.83$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.92$ $\downarrow-0.83$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+2.21$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow-0.87$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow-0.06$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+1.12$ $\downarrow-5.28$	$\uparrow+0.78$ $\downarrow-1.99$	$\uparrow+3.51$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+4971.83$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-0.82$
Muons ID	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons MS	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Scale	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Modelling	$\uparrow+6.55$ $\downarrow-3.75$	$\uparrow+47.00$ $\downarrow-28.69$	$\uparrow+8.97$ $\downarrow-5.16$	—	—	$\uparrow+11.35$ $\downarrow-12.76$	$\uparrow+16.09$ $\downarrow-15.79$	$\uparrow+54.94$ $\downarrow-32.38$	—
Default PRW	$\uparrow-3.69$ $\downarrow-3.20$	$\uparrow-7.08$ $\downarrow+4.32$	$\uparrow-10.73$ $\downarrow+7.90$	$\uparrow+10.67$ $\downarrow-17.00$	—	$\uparrow+20.49$ $\downarrow-6.34$	$\uparrow+10.58$ $\downarrow-6.17$	$\uparrow-18.36$ $\downarrow+20.67$	$\uparrow+0.43$ $\downarrow+0.94$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-27.43$ $\downarrow+27.46$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+1.61$ $\downarrow-1.67$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow+3.44$ $\downarrow+4.55$	$\uparrow-4.17$ $\downarrow+3.11$	$\uparrow+2.73$ $\downarrow+0$	$\uparrow+13.28$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+15.63$ $\downarrow+118.89$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow+0.11$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+31.60$	$\uparrow+34.15$	$\uparrow+29.57$	$\uparrow+0.03$	—	$\uparrow+48.78$	$\uparrow+0$	$\uparrow-7.68$	$\uparrow+0.78$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+8.62$ $\downarrow+3.51$	$\uparrow+15.44$ $\downarrow+11.65$	$\uparrow-5.88$ $\downarrow+7.69$	$\uparrow+8.57$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+70.11$ $\downarrow+71.50$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-7.68$ $\downarrow-7.68$	$\uparrow-0.85$ $\downarrow+2.83$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+10.53$ $\downarrow+2.78$	$\uparrow+0.62$ $\downarrow+2.54$	$\uparrow+0$ $\downarrow+5.51$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+70.11$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-1.29$ $\downarrow+1.56$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+9.35$ $\downarrow+4.19$	$\uparrow+3.42$ $\downarrow-2.05$	$\uparrow-2.97$ $\downarrow+4.81$	$\uparrow+13.28$ $\downarrow-8.55$	—	$\uparrow+70.11$ $\downarrow+64.41$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.76$

Таблица К.30. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в SR4 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow$	$Z/\gamma^* \uparrow$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \uparrow$	$Z/\gamma^* \uparrow$	EL 0400
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.36$ $\downarrow-1.36$	$\uparrow+1.22$ $\downarrow-1.22$	$\uparrow+1.12$ $\downarrow-1.12$	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.01$	—	$\uparrow+1.05$ $\downarrow-1.05$	$\uparrow+0.53$ $\downarrow-0.53$	$\uparrow+1.40$ $\downarrow-1.40$	$\uparrow+1.53$ $\downarrow-1.53$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.74$ $\downarrow-0.74$	$\uparrow+0.33$ $\downarrow-0.33$	$\uparrow+0.71$ $\downarrow-0.71$	$\uparrow+0.85$ $\downarrow-0.85$	—	$\uparrow+0.63$ $\downarrow-0.63$	$\uparrow+0.07$ $\downarrow-0.07$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+3.84$ $\downarrow-3.84$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.28$ $\downarrow-0.28$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	—	$\uparrow+0.26$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0.27$ $\downarrow-0.27$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$
Electrons Scale	$\uparrow-1.06$ $\downarrow-2.74$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow+9.51$ $\downarrow-9.96$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.66$ $\downarrow-1.34$
Electrons Resolution	$\uparrow-3.21$ $\downarrow-0.77$	$\uparrow+1.57$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-0.38$	$\uparrow-7.40$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.10$ $\downarrow+0.28$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.26$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	—	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-0.09$	$\uparrow+0.26$ $\downarrow-0.26$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-2.30$ $\downarrow-2.30$	$\uparrow+1.91$ $\downarrow+1.91$	$\uparrow-10.45$ $\downarrow-10.45$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.01$ $\downarrow+0.01$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-2.39$ $\downarrow-2.39$	$\uparrow-2.27$ $\downarrow-2.27$	$\uparrow-3.54$ $\downarrow-3.54$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.43$ $\downarrow+1.43$
Etmis Scale	$\uparrow-5.56$ $\downarrow+1.46$	$\uparrow-1.75$ $\downarrow+6.53$	$\uparrow-9.66$ $\downarrow-0.45$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow+3.87$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.45$ $\downarrow-0.42$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-4.85$ $\downarrow+4.07$	$\uparrow-20.75$ $\downarrow+3.31$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-6.53$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-100.00$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-2.92$ $\downarrow+3.49$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-4.55$ $\downarrow+1.87$	$\uparrow-4.11$ $\downarrow+3.68$	$\uparrow-5.07$ $\downarrow 0$	$\uparrow-6.53$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-100.00$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow+12.35$	$\uparrow-3.94$ $\downarrow+4.61$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow-1.13$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.23$ $\downarrow+0.47$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.18$	$\uparrow-1.13$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.59$ $\downarrow+0.69$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow-6.07$ $\downarrow-4.01$	$\uparrow+3.89$ $\downarrow+4.19$	$\uparrow-10.05$ $\downarrow+7.00$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow+28.01$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.51$ $\downarrow+0.74$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow-1.41$ $\downarrow-0.05$	$\uparrow+5.87$ $\downarrow+3.14$	$\uparrow+7.00$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow+28.01$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.09$ $\downarrow+0.48$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.06$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.13$ $\downarrow+0.32$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+1.80$ $\downarrow+1.62$	$\uparrow-0.00$ $\downarrow+2.11$	$\uparrow 0$ $\downarrow+2.38$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.35$ $\downarrow+0.71$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+5.21$ $\downarrow-17.15$	$\uparrow+10.42$ $\downarrow-37.26$	$\uparrow+24.70$ $\downarrow-10.61$	$\uparrow 0$ $\downarrow-6.53$	—	$\uparrow+2.16$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+2.90$ $\downarrow-1.79$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+2.78$ $\downarrow-3.48$	$\uparrow+4.22$ $\downarrow-17.74$	$\uparrow+4.86$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.11$ $\downarrow-0.51$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0.06$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-2.22$	$\uparrow+4.86$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.05$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow-0.19$ $\downarrow-4.54$	$\uparrow+6.67$ $\downarrow-3.63$	$\uparrow+4.86$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.38$ $\downarrow-1.04$
Muons ID	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons MS	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Scale	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Modelling	$\uparrow+2.69$ $\downarrow-2.28$	$\uparrow+41.74$ $\downarrow-26.05$	$\uparrow+13.18$ $\downarrow-8.43$	—	—	$\uparrow+13.39$ $\downarrow-10.60$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+57.59$ $\downarrow-33.11$	—
Default PRW	$\uparrow-5.76$ $\downarrow+0.39$	$\uparrow-4.16$ $\downarrow-2.54$	$\uparrow-8.82$ $\downarrow+8.16$	$\uparrow+57.93$ $\downarrow-32.04$	—	$\uparrow+3.82$ $\downarrow-14.12$	$\uparrow-10.97$ $\downarrow+18.79$	$\uparrow-13.83$ $\downarrow+11.03$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow-0.46$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-45.14$ $\downarrow+45.34$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+8.08$ $\downarrow-8.23$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow+2.59$ $\downarrow-4.20$	$\uparrow+4.71$ $\downarrow-1.49$	$\uparrow+4.77$ $\downarrow+0.19$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.01$
Jets Energy Resolution	$\uparrow-1.45$ $\downarrow 0$	$\uparrow+32.15$ $\downarrow 0$	$\uparrow+44.88$ $\downarrow 0$	$\uparrow-7.40$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow-2.26$ $\downarrow 0$	$\uparrow+228.13$ $\downarrow 0$	$\uparrow+12.80$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.24$ $\downarrow 0$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-1.81$	$\uparrow-17.43$ $\downarrow-2.35$	$\uparrow-5.30$ $\downarrow+4.53$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow+3.87$ $\downarrow-6.70$	$\uparrow 0$ $\downarrow+113.34$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-1.28$ $\downarrow+1.39$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+0.80$ $\downarrow-2.55$	$\uparrow-0.40$ $\downarrow-1.09$	$\uparrow-5.23$ $\downarrow+0.11$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-1.04$ $\downarrow+1.35$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+3.11$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow+1.52$ $\downarrow-0.36$	$\uparrow+0.05$ $\downarrow+4.74$	$\uparrow 0$ $\downarrow-7.40$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow+95.76$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow+0.09$

Таблица К.31. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в SR5 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow e\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow ee$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \uparrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \uparrow \tau\tau$	EL 0500
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.31$ $\downarrow-1.31$	$\uparrow+1.15$ $\downarrow-1.15$	$\uparrow+1.07$ $\downarrow-1.07$	$\uparrow+1.00$ $\downarrow-1.00$	—	$\uparrow+1.35$ $\downarrow-1.35$	$\uparrow+1.35$ $\downarrow-1.35$	$\uparrow+1.65$ $\downarrow-1.65$	$\uparrow+1.49$ $\downarrow-1.49$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.80$ $\downarrow-0.80$	$\uparrow+0.28$ $\downarrow-0.28$	$\uparrow+0.44$ $\downarrow-0.44$	$\uparrow+0.72$ $\downarrow-0.72$	—	$\uparrow+0.94$ $\downarrow-0.94$	$\uparrow+0.89$ $\downarrow-0.89$	$\uparrow+1.24$ $\downarrow-1.24$	$\uparrow+3.59$ $\downarrow-3.59$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.29$ $\downarrow-0.29$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	—	$\uparrow+0.27$ $\downarrow-0.27$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.17$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$
Electrons Scale	$\uparrow+0.12$ $\downarrow-2.35$	$\uparrow+0.34$ $\downarrow-2.31$	$\uparrow+4.99$ $\downarrow-0.04$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.39$ $\downarrow-1.31$
Electrons Resolution	$\uparrow-0.45$ $\downarrow-0.65$	$\uparrow+1.82$ $\downarrow+0.28$	$\uparrow 0$ $\downarrow+2.47$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.52$ $\downarrow-0.03$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.28$ $\downarrow-0.28$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.14$ $\downarrow-0.14$	—	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.16$ $\downarrow-0.16$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.24$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$
Etmis RES Parallel	$\uparrow+7.49$ $\downarrow+7.49$	$\uparrow+3.70$ $\downarrow+3.70$	$\uparrow-22.67$ $\downarrow-22.67$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.10$ $\downarrow-0.10$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow+8.32$ $\downarrow+8.32$	$\uparrow-1.50$ $\downarrow-1.50$	$\uparrow-15.13$ $\downarrow-15.13$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.41$ $\downarrow-0.41$
Etmis Scale	$\uparrow+1.94$ $\downarrow+10.15$	$\uparrow-1.90$ $\downarrow+9.88$	$\uparrow-12.52$ $\downarrow+2.52$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.27$ $\downarrow 0$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-6.17$ $\downarrow+3.97$	$\uparrow-2.95$ $\downarrow+4.52$	$\uparrow-3.65$ $\downarrow+5.90$	$\uparrow-6.57$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-21.10$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-2.89$ $\downarrow+3.38$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-7.72$ $\downarrow+3.58$	$\uparrow-5.33$ $\downarrow+4.95$	$\uparrow-6.30$ $\downarrow+5.90$	$\uparrow-6.57$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-21.10$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-4.10$ $\downarrow+4.88$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.05$	$\uparrow-1.31$ $\downarrow 0$	$\uparrow-3.65$ $\downarrow+2.53$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.10$ $\downarrow+0.39$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow 0$ $\downarrow+0.10$	$\uparrow-1.60$ $\downarrow 0$	$\uparrow-3.65$ $\downarrow+2.53$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.29$ $\downarrow+0.79$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow+38.13$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+2.90$ $\downarrow+11.99$	$\uparrow-11.41$ $\downarrow+11.84$	$\uparrow+6.51$ $\downarrow+7.22$	—	$\uparrow+1.97$ $\downarrow+1.87$	$\uparrow-27.92$ $\downarrow-21.10$	$\uparrow-57.81$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.63$ $\downarrow-1.90$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow+1.06$ $\downarrow+3.43$	$\uparrow+6.50$ $\downarrow+1.01$	$\uparrow-5.17$ $\downarrow+9.05$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow+1.97$ $\downarrow 0$	$\uparrow-27.92$ $\downarrow-21.10$	$\uparrow-57.81$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.92$ $\downarrow-1.29$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.05$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.03$ $\downarrow-0.37$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+3.00$ $\downarrow+3.38$	$\uparrow-0.58$ $\downarrow+2.14$	$\uparrow-2.63$ $\downarrow+6.63$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-27.92$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.23$ $\downarrow-1.59$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+15.72$ $\downarrow-4.99$	$\uparrow+13.67$ $\downarrow-22.04$	$\uparrow+13.68$ $\downarrow-9.07$	$\uparrow+6.45$ $\downarrow-6.57$	—	$\uparrow+16.27$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-21.10$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+2.29$ $\downarrow-2.16$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+3.28$ $\downarrow-0.36$	$\uparrow+4.88$ $\downarrow-20.82$	$\uparrow+5.07$ $\downarrow-3.65$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.03$ $\downarrow-0.32$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-2.57$	$\uparrow+2.54$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+0.24$ $\downarrow-0.10$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+4.67$ $\downarrow-0.44$	$\uparrow+7.71$ $\downarrow-4.50$	$\uparrow+5.07$ $\downarrow-3.65$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow-21.10$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow+1.49$ $\downarrow-0.86$
Muons ID	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons MS	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Muons Scale	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$
Modelling	$\uparrow+6.06$ $\downarrow-4.85$	$\uparrow+46.03$ $\downarrow-28.44$	$\uparrow+11.13$ $\downarrow-6.36$	—	—	$\uparrow+9.13$ $\downarrow-7.68$	$\uparrow+5.63$ $\downarrow-7.18$	$\uparrow+66.17$ $\downarrow-37.91$	—
Default PRW	$\uparrow+1.18$ $\downarrow+0.14$	$\uparrow-0.83$ $\downarrow-8.24$	$\uparrow-8.86$ $\downarrow+11.57$	$\uparrow+59.44$ $\downarrow-32.55$	—	$\uparrow-1.93$ $\downarrow-7.12$	$\uparrow-0.95$ $\downarrow-1.49$	$\uparrow-2.95$ $\downarrow-5.53$	$\uparrow-3.92$ $\downarrow+2.65$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow+1.89$ $\downarrow-0.89$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+25.52$ $\downarrow-25.93$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow+2.08$ $\downarrow-0.38$	$\uparrow+6.55$ $\downarrow+0.15$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow+2.54$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.08$ $\downarrow+0.08$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+22.65$ —	$\uparrow+35.96$ —	$\uparrow+10.63$ —	$\uparrow 0$ —	—	$\uparrow+6.63$ —	$\uparrow 0$ —	$\uparrow 0$ —	$\uparrow-0.09$ —
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow-7.55$ $\downarrow+2.39$	$\uparrow-3.34$ $\downarrow+3.65$	$\uparrow-11.66$ $\downarrow+1.97$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow+2.40$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.78$ $\downarrow+0.42$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+3.65$ $\downarrow-2.71$	$\uparrow+1.09$ $\downarrow+1.22$	$\uparrow 0$ $\downarrow-5.13$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.39$ $\downarrow-0.05$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+1.13$ $\downarrow-0.86$	$\uparrow+1.93$ $\downarrow+3.92$	$\uparrow+0.92$ $\downarrow+1.87$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	—	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow 0$ $\downarrow 0$	$\uparrow-0.31$ $\downarrow+0.05$



Таблица К.32. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в SR6 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \uparrow$	$Z/\gamma^* \uparrow$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \uparrow$	$Z/\gamma^* \uparrow$	EL 0600
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.25$ $\downarrow-1.25$	$\uparrow+1.13$ $\downarrow-1.13$	$\uparrow+1.14$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow+1.23$ $\downarrow-1.23$	—	$\uparrow+0.81$ $\downarrow-0.81$	$\uparrow+0.97$ $\downarrow-0.97$	$\uparrow+1.70$ $\downarrow-1.70$	$\uparrow+1.48$ $\downarrow-1.48$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.63$ $\downarrow-0.63$	$\uparrow+0.37$ $\downarrow-0.37$	$\uparrow+0.55$ $\downarrow-0.55$	$\uparrow+0.58$ $\downarrow-0.58$	—	$\uparrow+0.55$ $\downarrow-0.55$	$\uparrow+0.79$ $\downarrow-0.79$	$\uparrow+1.51$ $\downarrow-1.51$	$\uparrow+3.54$ $\downarrow-3.54$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	—	$\uparrow+0.33$ $\downarrow-0.33$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$
Electrons Scale	$\uparrow+2.80$ $\downarrow-0.37$	$\uparrow+1.60$ $\downarrow+0.03$	$\uparrow+7.28$ $\downarrow+0.03$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+7.98$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.50$ $\downarrow-0.58$
Electrons Resolution	$\uparrow-0.20$ $\downarrow+0.04$	$\uparrow+4.77$ $\downarrow+0.75$	$\uparrow+0$ $\downarrow+5.72$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.21$ $\downarrow+0.05$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.18$ $\downarrow-0.18$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	—	$\uparrow+0.32$ $\downarrow-0.32$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$
Etmis RES Parallel	$\uparrow-1.98$ $\downarrow-1.98$	$\uparrow-10.06$ $\downarrow-10.06$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-3.90$ $\downarrow-3.90$	—	$\uparrow+4.85$ $\downarrow+4.85$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.06$ $\downarrow-0.06$
Etmis RES Perpendicular	$\uparrow-0.83$ $\downarrow-0.83$	$\uparrow-5.78$ $\downarrow-5.78$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+1.04$ $\downarrow+1.04$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.15$ $\downarrow-0.15$
Etmis Scale	$\uparrow-1.58$ $\downarrow+6.87$	$\uparrow-8.85$ $\downarrow+5.72$	$\uparrow-4.62$ $\downarrow+7.28$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow-1.96$ $\downarrow+9.81$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.07$ $\downarrow-0.08$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-5.08$ $\downarrow+4.14$	$\uparrow-4.31$ $\downarrow+10.85$	$\uparrow+0$ $\downarrow+10.10$	$\uparrow-9.09$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-2.95$ $\downarrow+2.98$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-5.59$ $\downarrow+5.95$	$\uparrow-7.30$ $\downarrow+13.00$	$\uparrow-4.54$ $\downarrow+10.10$	$\uparrow-9.09$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+589.56$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+4.03$ $\downarrow+4.42$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow+0$ $\downarrow+1.24$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+4.33$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.17$ $\downarrow+0.38$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.04$ $\downarrow+1.40$	$\uparrow-0.78$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+4.33$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.31$ $\downarrow+0.44$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow-1.81$ $\downarrow-16.35$	$\uparrow+4.93$ $\downarrow+10.47$	$\uparrow-12.93$ $\downarrow+20.42$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0.45$ $\downarrow+0$	$\uparrow-35.95$ $\downarrow+0$	$\uparrow-73.36$ $\downarrow+0$	$\uparrow-1.13$ $\downarrow-0.36$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow-0.24$ $\downarrow-13.78$	$\uparrow+6.13$ $\downarrow+10.49$	$\uparrow-8.66$ $\downarrow+12.80$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow-2.55$ $\downarrow+0$	$\uparrow-35.95$ $\downarrow+0$	$\uparrow-73.36$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.97$ $\downarrow-0.90$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.04$ $\downarrow-9.88$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.09$ $\downarrow-0.11$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow+0.55$ $\downarrow-12.77$	$\uparrow+1.25$ $\downarrow+6.54$	$\uparrow+0$ $\downarrow+8.67$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-35.95$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.81$ $\downarrow-0.37$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+11.17$ $\downarrow-11.60$	$\uparrow+1.00$ $\downarrow-11.60$	$\uparrow+4.33$ $\downarrow-4.62$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+3.00$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+24.81$ $\downarrow+0$	$\uparrow+1.49$ $\downarrow-2.88$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+2.39$ $\downarrow+0.06$	$\uparrow+0$ $\downarrow-5.06$	$\uparrow+4.33$ $\downarrow-4.62$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+3.00$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.45$ $\downarrow-0.62$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.17$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+3.80$ $\downarrow-2.73$	$\uparrow+7.43$ $\downarrow-5.06$	$\uparrow+4.33$ $\downarrow-4.62$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+3.00$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.77$ $\downarrow-1.54$
Muons ID	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons MS	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Scale	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Modelling	$\uparrow+3.18$ $\downarrow-3.06$	$\uparrow+50.10$ $\downarrow-30.46$	$\uparrow+9.78$ $\downarrow-6.08$	—	—	$\uparrow+44.00$ $\downarrow-29.00$	$\uparrow+7.80$ $\downarrow-8.89$	$\uparrow+66.95$ $\downarrow-38.58$	—
Default PRW	$\uparrow+1.01$ $\downarrow-2.36$	$\uparrow+2.10$ $\downarrow-9.01$	$\uparrow-8.17$ $\downarrow+6.60$	$\uparrow+46.40$ $\downarrow-29.45$	—	$\uparrow-18.92$ $\downarrow-1.14$	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-1.91$	$\uparrow+1.93$ $\downarrow-9.00$	$\uparrow-0.01$ $\downarrow+0.46$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow-35.25$ $\downarrow+35.36$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+5.95$ $\downarrow-6.08$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow+0.18$ $\downarrow+4.12$	$\uparrow+8.16$ $\downarrow-3.19$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+7.85$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.07$ $\downarrow+0.15$
Jets Energy Resolution	$\uparrow+4.32$ $\downarrow-1.12$	$\uparrow+26.57$ $\downarrow+16.53$	$\uparrow+17.85$ $\downarrow+10.82$	$\uparrow-30.81$ $\downarrow+10.13$	—	$\uparrow-44.43$ $\downarrow-19.63$	$\uparrow+4.23$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.05$ $\downarrow-0.31$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+2.60$ $\downarrow-1.12$	$\uparrow-9.84$ $\downarrow+16.53$	$\uparrow+5.91$ $\downarrow+10.82$	$\uparrow-31.90$ $\downarrow+10.13$	—	$\uparrow-53.23$ $\downarrow+19.63$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+7.98$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.69$ $\downarrow-0.30$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+1.65$ $\downarrow+0.24$	$\uparrow-2.11$ $\downarrow+1.23$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+3.00$ $\downarrow-1.96$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.31$ $\downarrow+0.26$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow+0.33$ $\downarrow+0.36$	$\uparrow-9.09$ $\downarrow+4.94$	$\uparrow+5.65$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+1.04$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.04$ $\downarrow+0.43$

Таблица К.33. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в SR7 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \rightarrow e\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	$tt$	Single top	Fake	Diboson	$W \rightarrow \tau\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow \tau\tau$	EL 0700
Default Electron Identification Eff	$\uparrow+1.38$ $\downarrow-1.38$	$\uparrow+1.12$ $\downarrow-1.12$	$\uparrow+1.10$ $\downarrow-1.10$	$\uparrow+1.65$ $\downarrow-1.65$	—	$\uparrow+0.78$ $\downarrow-0.78$	$\uparrow+0.97$ $\downarrow-0.97$	$\uparrow+1.84$ $\downarrow-1.84$	$\uparrow+1.54$ $\downarrow-1.54$
Default Electron Isolation Eff	$\uparrow+0.75$ $\downarrow-0.75$	$\uparrow+0.31$ $\downarrow-0.31$	$\uparrow+0.79$ $\downarrow-0.79$	$\uparrow+1.13$ $\downarrow-1.13$	—	$\uparrow+0.29$ $\downarrow-0.29$	$\uparrow+0.79$ $\downarrow-0.79$	$\uparrow+2.00$ $\downarrow-2.00$	$\uparrow+3.49$ $\downarrow-3.49$
Default Electron Reconstruction Eff	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.22$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	—	$\uparrow+0.44$ $\downarrow-0.44$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	$\uparrow+0.19$ $\downarrow-0.19$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$
Electrons Scale	$\uparrow+6.99$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+3.25$ $\downarrow+22.60$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+10.87$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.07$ $\downarrow-0.30$
Electrons Resolution	$\uparrow+0.89$ $\downarrow+0.01$	$\uparrow+0.52$ $\downarrow+22.48$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.20$
Default Electron Trigger Eff	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.21$ $\downarrow-0.21$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$	—	$\uparrow+0.44$ $\downarrow-0.44$	$\uparrow+0.15$ $\downarrow-0.15$	$\uparrow+0.23$ $\downarrow-0.23$	$\uparrow+0.20$ $\downarrow-0.20$
Etmiss RES Parallel	$\uparrow-1.85$ $\downarrow-1.85$	$\uparrow-7.75$ $\downarrow-7.75$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-8.83$ $\downarrow-8.83$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.09$ $\downarrow-0.09$
Etmiss RES Perpendicular	$\uparrow-2.48$ $\downarrow-2.48$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.17$ $\downarrow-0.17$
Etmiss Scale	$\uparrow-2.20$ $\downarrow+2.48$	$\uparrow+0$ $\downarrow+26.62$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.13$ $\downarrow-0.18$
Fat jet D2 Baseline	$\uparrow-8.87$ $\downarrow+5.25$	$\uparrow-6.61$ $\downarrow+9.81$	$\uparrow+0$ $\downarrow+42.38$	$\uparrow-20.57$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-3.87$ $\downarrow+3.73$
Fat jet D2 Modelling	$\uparrow-9.79$ $\downarrow+6.62$	$\uparrow-15.22$ $\downarrow+15.38$	$\uparrow+0$ $\downarrow+42.38$	$\uparrow-20.57$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+5.02$ $\downarrow+5.07$
Fat jet D2 TotalStat	$\uparrow+0$ $\downarrow+0.12$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.50$ $\downarrow+0.10$
Fat jet D2 Tracking	$\uparrow-0.10$ $\downarrow+0.39$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-1.39$ $\downarrow+0.67$
Fat jet Mass Baseline	$\uparrow-1.26$ $\downarrow-13.07$	$\uparrow-7.43$ $\downarrow+8.96$	$\uparrow+0$ $\downarrow+179.65$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-35.95$ $\downarrow+0$	$\uparrow-100.00$ $\downarrow+0$	$\uparrow-1.58$ $\downarrow-0.61$
Fat jet Mass Modelling	$\uparrow-5.42$ $\downarrow-9.95$	$\uparrow-2.84$ $\downarrow+8.96$	$\uparrow+0$ $\downarrow+123.72$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-35.95$ $\downarrow+0$	$\uparrow-100.00$ $\downarrow+0$	$\uparrow-1.23$ $\downarrow-0.85$
Fat jet Mass TotalStat	$\uparrow+0.11$ $\downarrow-0.11$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.10$ $\downarrow+0.12$
Fat jet Mass Tracking	$\uparrow-3.90$ $\downarrow-10.07$	$\uparrow-7.43$ $\downarrow+5.83$	$\uparrow+0$ $\downarrow-93.34$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-35.95$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.84$ $\downarrow-0.26$
Fat jet pT Baseline	$\uparrow+3.86$ $\downarrow-9.63$	$\uparrow+26.29$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow+2.39$ $\downarrow-2.77$
Fat jet pT Modelling	$\uparrow+0.22$ $\downarrow-0.96$	$\uparrow+22.48$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.62$ $\downarrow-1.27$
Fat jet pT TotalStat	$\uparrow+0$ $\downarrow-0.10$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.04$ $\downarrow-0.28$
Fat jet pT Tracking	$\uparrow+3.75$ $\downarrow-1.36$	$\uparrow+22.48$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow-100.00$	$\uparrow+1.54$ $\downarrow-2.23$
Muons ID	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons MS	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Sagitta RES	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Sagitta RHO	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Muons Scale	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$
Modelling	$\uparrow+9.83$ $\downarrow-9.53$	$\uparrow+50.79$ $\downarrow-31.65$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	—	$\uparrow+38.20$ $\downarrow-25.69$	$\uparrow+8.52$ $\downarrow-9.58$	$\uparrow+72.71$ $\downarrow-41.87$	—
Default PRW	$\uparrow+18.39$ $\downarrow-13.82$	$\uparrow-4.39$ $\downarrow-3.15$	$\uparrow-13.67$ $\downarrow+14.74$	$\uparrow+17.06$ $\downarrow-18.91$	—	$\uparrow-20.34$ $\downarrow+10.40$	$\uparrow+0.09$ $\downarrow-1.91$	$\uparrow+4.99$ $\downarrow-17.62$	$\uparrow-3.18$ $\downarrow+1.23$
Matrix meth. (fake rate)	—	—	—	—	$\uparrow+274.83$ $\downarrow-100.00$	—	—	—	—
Matrix meth. (real rate)	—	—	—	—	$\uparrow+28.77$ $\downarrow-28.13$	—	—	—	—
JES (Eta)	$\uparrow-0.23$ $\downarrow+8.49$	$\uparrow+26.62$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.19$ $\downarrow+0.01$
Jets Energy Resolution	$\uparrow-1.02$ $\downarrow+0$	$\uparrow+21.70$ $\downarrow+0$	$\uparrow+170.17$ $\downarrow+0$	$\uparrow-5.80$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow-96.89$ $\downarrow+0$	$\uparrow+4.23$ $\downarrow+0$	$\uparrow-100.00$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.35$ $\downarrow+0$
JES (In-situ analyses - N.P.1)	$\uparrow+7.61$ $\downarrow+0.42$	$\uparrow+3.19$ $\downarrow+7.62$	$\uparrow+0$ $\downarrow+33.16$	$\uparrow+3.03$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow-100.00$ $\downarrow+34.25$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow-89.13$	$\uparrow-0.04$ $\downarrow+0.66$
JES (In-situ analyses - N.P.2)	$\uparrow+1.58$ $\downarrow-1.17$	$\uparrow+26.62$ $\downarrow+4.69$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+10.87$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0.17$ $\downarrow-0.47$
JES (In-situ analyses - N.P.3)	$\uparrow-1.11$ $\downarrow+1.78$	$\uparrow+0$ $\downarrow+4.14$	$\uparrow-34.08$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	—	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow+0$ $\downarrow+0$	$\uparrow-0.10$ $\downarrow-0.31$

Таблица К.34. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в SR8 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W$ ↑	$Z/\gamma^*$ ↑ $ee$	$tt$	Single top	Diboson	$W$ ↑ $\tau\nu$	$Z/\gamma^*$ ↑ $\tau\tau$	EL 0800	EL 0900
Default Electron Identification Eff	↑+1.05 ↓-1.05	↑+1.31 ↓-1.31	↑+0.69 ↓-0.69	↑+1.70 ↓-1.70	↑+0.97 ↓-0.97	↑+0.98 ↓-0.98	↑+0.45 ↓-0.45	↑+1.52 ↓-1.52	↑+1.50 ↓-1.50
Default Electron Isolation Eff	↑+0.62 ↓-0.62	↑+0.79 ↓-0.79	↑+0.09 ↓-0.09	↑+1.14 ↓-1.14	↑+0.11 ↓-0.11	↑+0.79 ↓-0.79	↑+0.06 ↓-0.06	↑+3.52 ↓-3.52	↑+3.50 ↓-3.50
Default Electron Reconstruction Eff	↑+0.20 ↓-0.20	↑+0.19 ↓-0.19	↑+0.13 ↓-0.13	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.15 ↓-0.15	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.06 ↓-0.06	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.22 ↓-0.22
Electrons Scale	↑+10.19 ↓-0.18	↑0 ↓+0.18	↑0 ↓-33.92	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.13 ↓-0.46	↑+0.65 ↓-0.17
Electrons Resolution	↑-0.66 ↓-0.16	↑0 ↓0	↑-33.92 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.45 ↓-0.04	↑-0.06 ↓+0.17
Default Electron Trigger Eff	↑+0.19 ↓-0.19	↑+0.23 ↓-0.23	↑+0.11 ↓-0.11	↑+0.21 ↓-0.21	↑+0.17 ↓-0.17	↑+0.14 ↓-0.14	↑+0.05 ↓-0.05	↑+0.20 ↓-0.20	↑+0.20 ↓-0.20
Etmis RES Parallel	↑-2.28 ↓-2.28	↑-6.87 ↓-6.87	↑-1.79 ↓-1.79	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.10 ↓-0.10	↑+0.08 ↓+0.08
Etmis RES Perpendicular	↑-0.82 ↓-0.82	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-64.59 ↓-64.59	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.14 ↓-0.14	↑+0.12 ↓+0.12
Etmis Scale	↑-1.79 ↓+0.92	↑0 ↓+6.19	↑0 ↓-33.92	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.01 ↓-0.11	↑+0.15 ↓+0.05
Fat jet D2 Baseline	↑-6.00 ↓+8.45	↑-4.84 ↓+12.43	↑0 ↓+42.47	↑-20.53 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-3.76 ↓+3.75	↑-4.66 ↓+4.01
Fat jet D2 Modelling	↑-6.24 ↓+9.24	↑-17.73 ↓+12.43	↑0 ↓+42.47	↑-20.53 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-5.65 ↓+4.99	↑-6.50 ↓+5.49
Fat jet D2 TotalStat	↑0 ↓+0.36	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.17 ↓+0.25	↑-0.32 ↓+0.24
Fat jet D2 Tracking	↑-1.56 ↓+0.65	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.34 ↓+0.57	↑-0.47 ↓+0.47
Fat jet Mass Baseline	↑-1.54 ↓-29.64	↑-13.88 ↓+4.22	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+7.52	↑-36.14 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.70 ↓+0.07	↑-0.52 ↓+0.28
Fat jet Mass Modelling	↑-8.04 ↓-24.13	↑-7.02 ↓+4.22	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+7.52	↑-36.14 ↓0	↑0 ↓0	↑-1.30 ↓+0.11	↑-1.30 ↓-0.03
Fat jet Mass TotalStat	↑-0.46 ↓-0.18	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+7.52	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.14 ↓+0.02	↑-0.03 ↓+0.17
Fat jet Mass Tracking	↑-4.34 ↓-22.99	↑-13.88 ↓-0.47	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+7.52	↑-36.14 ↓0	↑0 ↓0	↑-1.14 ↓+0.42	↑-0.68 ↓+0.49
Fat jet pT Baseline	↑+13.68 ↓-3.81	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+1.94 ↓-2.06	↑+1.58 ↓-1.73
Fat jet pT Modelling	↑+0.72 ↓-0.79	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.68 ↓-0.54	↑+0.49 ↓-0.59
Fat jet pT TotalStat	↑+0.17 ↓-0.60	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.17 ↓-0.15	↑+0.11 ↓-0.15
Fat jet pT Tracking	↑+1.44 ↓-2.74	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+1.28 ↓-1.24	↑+1.24 ↓-0.96
Muons ID	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons MS	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RES	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RHO	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Scale	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Modelling	↑+10.27 ↓-7.16	↑+49.88 ↓-31.38	↑+19.32 ↓-13.41	—	↑+17.28 ↓-18.21	↑+9.00 ↓-10.53	↑+7.53 ↓-7.79	—	—
Default PRW	↑+10.81 ↓-8.68	↑-2.12 ↓-7.81	↑-16.70 ↓+9.51	↑+17.01 ↓-18.83	↑-10.76 ↓+20.83	↑+0.97 ↓-3.34	↑+107.50 ↓-97.92	↑+1.60 ↓-0.38	↑-0.67 ↓+1.22
JES (Eta)	↑-1.61 ↓-0.74	↑+6.19 ↓+18.58	↑-33.92 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.09 ↓-0.15	↑+0.10 ↓+0.27
Jets Energy Resolution	↑+1.29 —	↑+13.02 —	↑+105.63 —	↑+10.49 —	↑-64.59 —	↑+4.38 —	↑-100.00 —	↑-0.52 —	↑+0.52 —
JES (In-situ analyses - N.P.1)	↑-0.13 ↓-2.22	↑+14.68 ↓-4.08	↑-33.92 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.24 ↓-0.59	↑+0.13 ↓+0.46
JES (In-situ analyses - N.P.2)	↑+1.14 ↓-1.22	↑+6.19 ↓0	↑0 ↓-33.92	↑0 ↓0	↑0 ↓-64.59	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.06 ↓-0.71	↑-0.06 ↓+0.47
JES (In-situ analyses - N.P.3)	↑-1.33 ↓-0.78	↑+14.68 ↓+2.11	↑-33.92 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.04 ↓-0.25	↑+0.33 ↓-0.03

Таблица К.35. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в SR9 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	$W \rightarrow e\nu$	$Z/\gamma^* \rightarrow ee$	tt	Single top	Diboson	$W \rightarrow \tau\nu$	EL 1000	EL 1250	EL 1500	EL 1750
Default Electron Identification Eff	↑+0.96 ↓-0.96	↑+1.21 ↓-1.21	↑+0.34 ↓-0.34	↑+1.82 ↓-1.82	↑+0.97 ↓-0.97	↑+1.02 ↓-1.02	↑+1.51 ↓-1.51	↑+1.51 ↓-1.51	↑+1.49 ↓-1.49	↑+1.50 ↓-1.50
Default Electron Isolation Eff	↑+0.52 ↓-0.52	↑+0.51 ↓-0.51	↑+0.06 ↓-0.06	↑+1.24 ↓-1.24	↑+0.11 ↓-0.11	↑+0.83 ↓-0.83	↑+3.60 ↓-3.60	↑+3.75 ↓-3.75	↑+3.76 ↓-3.76	↑+3.83 ↓-3.83
Default Electron Reconstruction Eff	↑+0.20 ↓-0.20	↑+0.16 ↓-0.16	↑+0.09 ↓-0.09	↑+0.23 ↓-0.23	↑+0.15 ↓-0.15	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.23 ↓-0.23	↑+0.23 ↓-0.23	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.23 ↓-0.23
Electrons Scale	↑+15.44 ↓-0.01	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.03 ↓-0.23	↑+0.30 ↓-0.23	↑+0.40 ↓-0.32	↑+0.26 ↓-0.39
Electrons Resolution	↑0 ↓+0.25	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.21 ↓-0.01	↑-0.02 ↓-0.06	↑-0.00 ↓-0.03	↑-0.12 ↓+0.12
Default Electron Trigger Eff	↑+0.19 ↓-0.19	↑+0.14 ↓-0.15	↑+0.06 ↓-0.06	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.17 ↓-0.17	↑+0.14 ↓-0.14	↑+0.20 ↓-0.20	↑+0.20 ↓-0.20	↑+0.19 ↓-0.19	↑+0.19 ↓-0.19
Etmis RES Parallel	↑-0.78 ↓-0.78	↑-16.45 ↓-16.45	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-3.96 ↓-3.96	↑-0.05 ↓-0.05	↑-0.06 ↓-0.06	↑-0.02 ↓-0.02	↑-0.04 ↓-0.04
Etmis RES Perpendicular	↑-0.82 ↓-0.82	↑-9.47 ↓-9.47	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-64.59 ↓-64.59	↑-3.96 ↓-3.96	↑+0.10 ↓-0.10	↑+0.03 ↓+0.03	↑-0.07 ↓-0.07	↑-0.00 ↓-0.00
Etmis Scale	↑-1.08 ↓+0.49	↑-9.47 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.02 ↓-0.11	↑+0.06 ↓-0.06	↑-0.04 ↓+0.02	↑+0.05 ↓+0.07
Fat jet D2 Baseline	↑-6.76 ↓+7.99	↑-11.59 ↓+20.75	↑0 ↓0	↑-12.85 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-4.32 ↓+5.49	↑-5.74 ↓+4.94	↑-4.45 ↓+6.26	↑-6.21 ↓+6.87
Fat jet D2 Modelling	↑-6.84 ↓+8.24	↑-31.75 ↓+20.75	↑0 ↓0	↑-12.85 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-6.42 ↓+7.04	↑-6.79 ↓+6.23	↑-5.65 ↓+7.41	↑-7.81 ↓+8.01
Fat jet D2 TotalStat	↑0 ↓+0.52	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.17 ↓+0.14	↑-0.61 ↓+0.45	↑-0.59 ↓+0.55	↑-0.70 ↓+0.55
Fat jet D2 Tracking	↑-2.26 ↓+0.64	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.62 ↓+0.55	↑-0.90 ↓+0.72	↑-0.78 ↓+0.93	↑-0.86 ↓+1.10
Fat jet Mass Baseline	↑-4.44 ↓-39.58	↑-16.45 ↓-0.36	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+7.52	↑-38.48 ↓0	↑-0.29 ↓-0.07	↑-0.68 ↓-0.02	↑-1.81 ↓-0.08	↑-0.96 ↓-0.17
Fat jet Mass Modelling	↑-14.10 ↓-39.33	↑0 ↓-0.36	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+7.52	↑-38.48 ↓0	↑-0.55 ↓+0.39	↑-0.58 ↓-0.19	↑-1.45 ↓-0.25	↑-0.93 ↓-0.18
Fat jet Mass TotalStat	↑+0.22 ↓-0.26	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+7.52	↑0 ↓0	↑-0.19 ↓+0.04	↑-0.18 ↓-0.03	↑-0.35 ↓+0.15	↑-0.53 ↓+0.36
Fat jet Mass Tracking	↑-6.49 ↓-36.97	↑-16.45 ↓-11.59	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓+7.52	↑-38.48 ↓0	↑+0.16 ↓+0.74	↑-0.46 ↓-0.08	↑-1.52 ↓+0.10	↑-0.64 ↓+0.08
Fat jet pT Baseline	↑+2.00 ↓-13.98	↑0 ↓-9.47	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓-3.96	↑+1.79 ↓-2.02	↑+2.03 ↓-2.09	↑+1.75 ↓-1.87	↑+1.98 ↓-1.65
Fat jet pT Modelling	↑+0.83 ↓-10.99	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.46 ↓-0.68	↑+0.61 ↓-0.84	↑+0.41 ↓-0.67	↑+0.78 ↓-0.44
Fat jet pT TotalStat	↑+0.24 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.15 ↓-0.15	↑+0.19 ↓-0.25	↑+0.09 ↓-0.24	↑+0.17 ↓-0.21
Fat jet pT Tracking	↑+1.20 ↓-13.51	↑0 ↓-9.47	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓-3.96	↑+1.39 ↓-1.26	↑+1.39 ↓-1.41	↑+1.18 ↓-1.21	↑+1.33 ↓-1.07
Muons ID	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons MS	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RES	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RHO	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Scale	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Modelling	↑+10.49 ↓-7.74	↑+52.91 ↓-32.61	↑+22.60 ↓-15.74	-	↑+17.28 ↓-18.21	↑+10.05 ↓-10.40	-	-	-	-
Default PRW	↑+14.25 ↓-11.63	↑+3.12 ↓-13.82	↑-11.41 ↓+28.27	↑+19.72 ↓-22.46	↑-10.76 ↓+20.83	↑+0.35 ↓-3.16	↑-0.96 ↓+1.32	↑-0.03 ↓-0.46	↑-1.60 ↓+1.78	↑-2.65 ↓+2.39
JES (Eta)	↑+0.82 ↓-0.84	↑0 ↓-9.47	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑-0.10 ↓+0.14	↑-0.03 ↓+0.08	↑-0.02 ↓+0.02	↑+0.00 ↓+0.13
Jets Energy Resolution	↑+4.04 -	↑+2.01 -	↑+218.42 -	↑+11.51 -	↑-64.59 -	↑-6.22 -	↑+0.24 -	↑+0.14 -	↑+0.15 -	↑-0.04 -
JES (In-situ analyses - N.P.1)	↑+0.26 ↓-10.00	↑0 ↓-9.47	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑+0.54 ↓-0.02	↑-0.47 ↓+0.18	↑+0.14 ↓+0.19	↑-0.48 ↓+0.07
JES (In-situ analyses - N.P.2)	↑+0.57 ↓-10.07	↑0 ↓-9.47	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓-64.59	↑0 ↓-3.96	↑+0.13 ↓-0.09	↑+0.05 ↓+0.30	↑-0.24 ↓+0.44	↑-0.49 ↓+0.22
JES (In-situ analyses - N.P.3)	↑+0.53 ↓+0.26	↑-9.47 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓-3.96	↑+0.15 ↓-0.04	↑+0.07 ↓+0.07	↑-0.01 ↓+0.08	↑-0.21 ↓+0.11

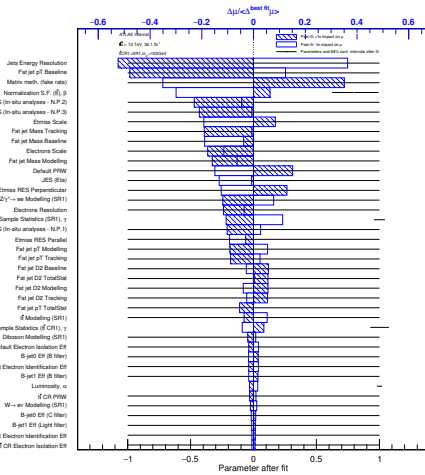
Таблица К.36. Измеренные систематические неопределенности для различных систематических источников относительно номинальных чисел событий отдельных процессов в SR9 поиска возбужденных электронов. Стрелка — направление вариации источника, числа (со знаками) — соответствующие вклады в %.

	EL 2000	EL 2250	EL 2500	EL 2750	EL 3000	EL 3250	EL 3500	EL 3750	EL 4000
Default Electron Identification Eff	↑+1.48 ↓-1.48	↑+1.49 ↓-1.49	↑+1.45 ↓-1.45	↑+1.46 ↓-1.46	↑+1.45 ↓-1.45	↑+1.44 ↓-1.44	↑+1.48 ↓-1.48	↑+1.43 ↓-1.43	↑+1.46 ↓-1.46
Default Electron Isolation Eff	↑+3.89 ↓-3.89	↑+3.87 ↓-3.87	↑+3.92 ↓-3.92	↑+3.90 ↓-3.90	↑+3.91 ↓-3.91	↑+3.89 ↓-3.89	↑+3.86 ↓-3.86	↑+3.91 ↓-3.91	↑+3.90 ↓-3.90
Default Electron Reconstruction Eff	↑+0.21 ↓-0.21	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.22 ↓-0.22	↑+0.22 ↓-0.22
Electrons Scale	↑+0.35 ↓-0.43	↑+0.19 ↓-0.11	↑+0.38 ↓-0.29	↑+0.33 ↓-0.38	↑+0.16 ↓-0.23	↑+0.26 ↓-0.28	↑+0.16 ↓-0.15	↑+0.12 ↓-0.46	↑+0.13 ↓-0.22
Electrons Resolution	↑-0.14 ↓-0.06	↑-0.02 ↓+0.05	↑+0.03 ↓-0.02	↑+0.02 ↓+0.05	↑-0.10 ↓-0.01	↑-0.05 ↓+0.17	↑+0.01 ↓-0.07	↑-0.05 ↓-0.02	↑+0.04 ↓-0.03
Default Electron Trigger Eff	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.19 ↓-0.19	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.19 ↓-0.19	↑+0.18 ↓-0.18	↑+0.19 ↓-0.19
Etmis RES Parallel	↑-0.06 ↓-0.06	↑+0.03 ↓+0.03	↑-0.04 ↓-0.04	↑-0.12 ↓-0.12	↑-0.23 ↓-0.23	↑-0.06 ↓-0.06	↑-0.04 ↓-0.04	↑-0.12 ↓-0.12	↑-0.03 ↓-0.03
Etmis RES Perpendicular	↑-0.18 ↓-0.18	↑+0.08 ↓+0.08	↑+0.06 ↓+0.06	↑-0.21 ↓-0.21	↑-0.32 ↓-0.32	↑+0.06 ↓+0.06	↑-0.01 ↓-0.01	↑-0.12 ↓-0.12	↑-0.07 ↓-0.07
Etmis Scale	↑-0.12 ↓+0.00	↑-0.02 ↓0	↑0 ↓-0.08	↑-0.03 ↓-0.10	↑-0.27 ↓+0.04	↑+0.03 ↓-0.03	↑-0.01 ↓-0.03	↑0 ↓0	↑-0.03 ↓0
Fat jet D2 Baseline	↑-6.77 ↓+6.27	↑-5.73 ↓+6.33	↑-6.22 ↓+6.19	↑-6.62 ↓+7.08	↑-6.14 ↓+6.42	↑-6.96 ↓+8.50	↑-6.87 ↓+8.36	↑-6.74 ↓+6.83	↑-7.85 ↓+7.64
Fat jet D2 Modelling	↑-8.52 ↓+7.22	↑-6.52 ↓+7.15	↑-6.76 ↓+7.17	↑-7.10 ↓+7.58	↑-5.99 ↓+6.76	↑-7.07 ↓+8.54	↑-7.02 ↓+8.29	↑-7.02 ↓+6.69	↑-7.70 ↓+7.56
Fat jet D2 TotalStat	↑-1.09 ↓+0.50	↑-1.72 ↓+0.88	↑-1.27 ↓+1.50	↑-1.72 ↓+1.59	↑-1.37 ↓+1.60	↑-1.74 ↓+2.64	↑-2.47 ↓+3.33	↑-3.08 ↓+2.78	↑-3.82 ↓+3.57
Fat jet D2 Tracking	↑-1.14 ↓+0.84	↑-0.87 ↓+0.87	↑-0.74 ↓+0.95	↑-0.84 ↓+1.16	↑-0.57 ↓+0.59	↑-1.03 ↓+1.04	↑-0.81 ↓+1.49	↑-1.05 ↓+1.17	↑-1.15 ↓+1.10
Fat jet Mass Baseline	↑-1.42 ↓-0.89	↑-1.85 ↓-0.51	↑+0.25 ↓-0.19	↑-1.50 ↓-0.39	↑-1.26 ↓+0.70	↑-1.78 ↓-0.28	↑-1.11 ↓-0.10	↑-1.05 ↓+0.71	↑-1.89 ↓+1.06
Fat jet Mass Modelling	↑-0.53 ↓+0.01	↑-1.66 ↓-0.53	↑+0.80 ↓+0.28	↑-0.68 ↓+0.19	↑-0.15 ↓+0.51	↑-0.57 ↓-0.23	↑+0.32 ↓-0.21	↑-0.88 ↓+0.58	↑-0.18 ↓+0.52
Fat jet Mass TotalStat	↑-0.19 ↓+0.30	↑-0.45 ↓-0.31	↑-0.40 ↓+0.03	↑-0.09 ↓+0.36	↑-0.75 ↓+1.77	↑-1.12 ↓+0.20	↑-0.38 ↓+0.15	↑-1.18 ↓+1.61	↑-1.16 ↓+1.37
Fat jet Mass Tracking	↑-0.46 ↓+0.30	↑-0.80 ↓-0.31	↑+0.98 ↓+0.20	↑-0.69 ↓+0.23	↑-0.47 ↓+0.59	↑-0.67 ↓+0.01	↑+0.33 ↓-0.41	↑-0.78 ↓+0.95	↑-0.08 ↓+0.36
Fat jet pT Baseline	↑+1.84 ↓-2.68	↑+1.83 ↓-2.20	↑+3.03 ↓-2.34	↑+2.84 ↓-2.38	↑+3.30 ↓-2.08	↑+3.19 ↓-3.06	↑+3.94 ↓-3.02	↑+2.97 ↓-2.82	↑+3.47 ↓-3.01
Fat jet pT Modelling	↑+0.66 ↓-0.84	↑+0.59 ↓-0.38	↑+0.95 ↓-0.66	↑+0.73 ↓-0.82	↑+0.59 ↓-0.50	↑+0.70 ↓-0.69	↑+1.21 ↓-0.61	↑+1.14 ↓-0.62	↑+0.90 ↓-0.80
Fat jet pT TotalStat	↑+0.22 ↓-0.40	↑+0.53 ↓-0.31	↑+0.64 ↓-0.50	↑+0.74 ↓-0.74	↑+0.38 ↓-0.37	↑+0.77 ↓-0.87	↑+1.14 ↓-0.93	↑+1.30 ↓-1.01	↑+1.45 ↓-1.41
Fat jet pT Tracking	↑+1.16 ↓-1.59	↑+1.26 ↓-1.16	↑+1.71 ↓-1.18	↑+1.74 ↓-1.37	↑+1.95 ↓-1.02	↑+1.73 ↓-1.53	↑+2.23 ↓-1.48	↑+1.83 ↓-1.46	↑+1.83 ↓-1.79
Muons ID	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons MS	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RES	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Sagitta RHO	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Muons Scale	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0	↑0 ↓0
Default PRW	↑-0.84 ↓+0.68	↑-1.30 ↓+0.62	↑-2.42 ↓+1.89	↑-2.30 ↓+1.48	↑+0.38 ↓-0.45	↑-1.21 ↓+0.41	↑-2.08 ↓+1.37	↑+0.74 ↓+0.77	↑-0.23 ↓+1.23
JES (Eta)	↑+0.01 ↓-0.09	↑+0.05 ↓-0.05	↑+0.05 ↓+0.05	↑-0.00 ↓-0.07	↑0 ↓-0.23	↑-0.08 ↓+0.04	↑-0.04 ↓+0.03	↑0 ↓-0.03	↑+0.03 ↓+0.03
Jets Energy Resolution	↑-0.12 ↓-	↑+0.07 ↓-	↑-0.05 ↓-	↑+0.24 ↓-	↑-0.01 ↓-	↑+0.24 ↓-	↑+0.17 ↓-	↑-0.02 ↓-	↑-0.06 ↓-
JES (In-situ analyses - N.P.1)	↑-0.34 ↓+0.45	↑-0.06 ↓+0.14	↑-0.30 ↓+0.43	↑-0.48 ↓+0.27	↑-0.31 ↓+0.20	↑-0.23 ↓+0.29	↑-0.19 ↓+0.23	↑-0.55 ↓+0.14	↑-0.19 ↓+0.18
JES (In-situ analyses - N.P.2)	↑-0.65 ↓+0.52	↑-0.18 ↓+0.28	↑-0.36 ↓+0.30	↑-0.50 ↓+0.55	↑-0.23 ↓+0.32	↑-0.39 ↓+0.47	↑-0.23 ↓+0.25	↑-0.49 ↓+0.21	↑-0.25 ↓+0.13
JES (In-situ analyses - N.P.3)	↑-0.50 ↓+0.24	↑-0.13 ↓+0.21	↑-0.07 ↓+0.22	↑-0.47 ↓+0.16	↑-0.27 ↓+0.04	↑-0.34 ↓+0.42	↑-0.75 ↓+0.33	↑-0.13 ↓+0.29	↑-0.40 ↓+0.20

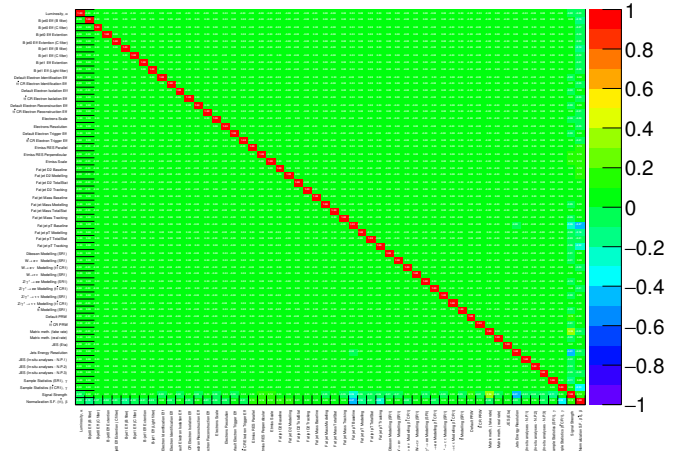
## Приложение Л

# Параметры модели после фита в поиске возбужденных электронов

Параметры модели после фита в CR и SR представлены на Рисунках Л.1–Л.22.

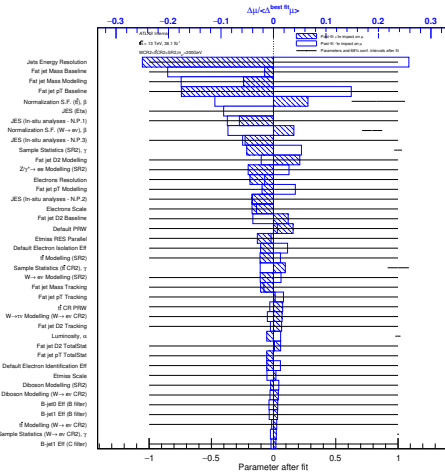


(a) Ранжирование.

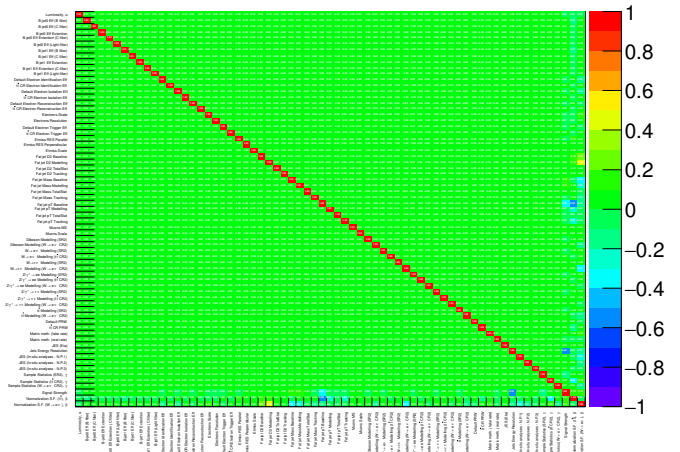


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.1. Модель,  $t\bar{t}$  CR1 + SR1,  $m_{e^*} = 100$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

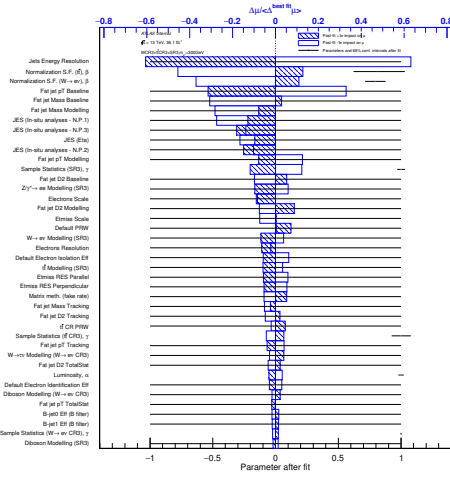


(a) Ранжирование.

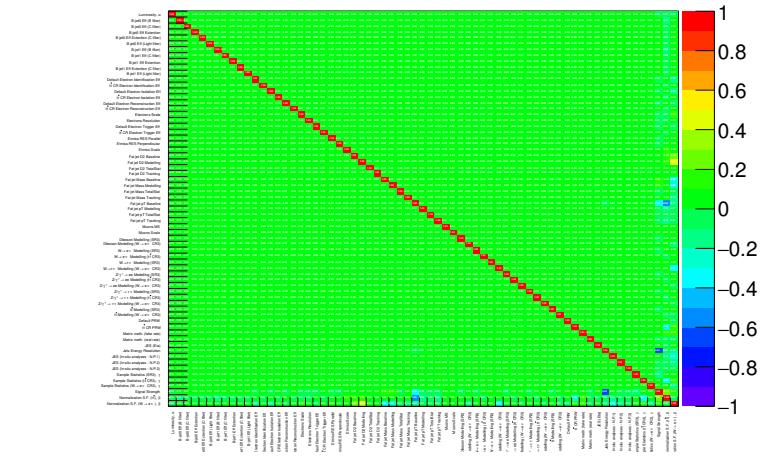


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.2. Модель,  $W$  CR2 +  $t\bar{t}$  CR2 + SR2,  $m_{e^*} = 200$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

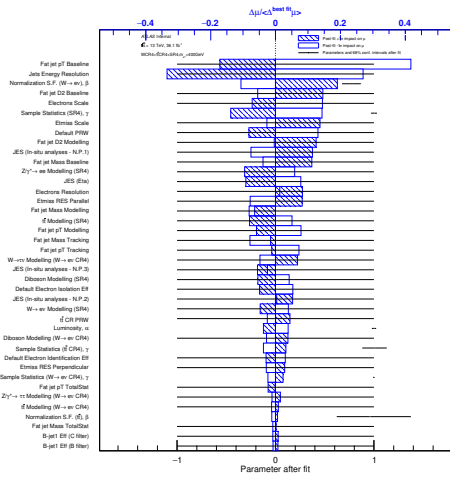


(a) Ранжирование.

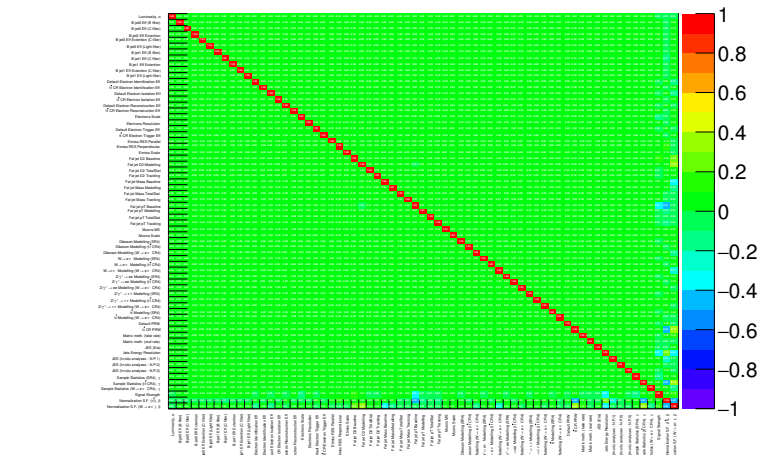


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.3. Модель,  $W$  CR3 +  $t\bar{t}$  CR3 + SR3,  $m_{e^*} = 300$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

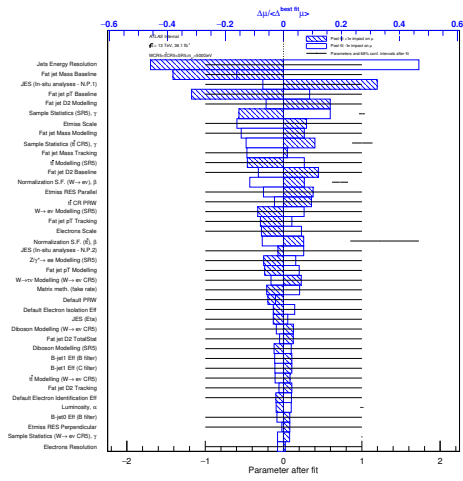


(a) Ранжирование.

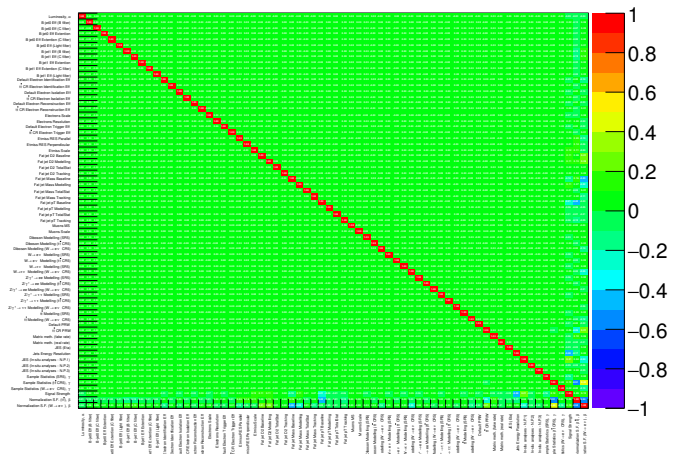


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.4. Модель,  $W$  CR4 +  $t\bar{t}$  CR4 + SR4,  $m_{e^*} = 400$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

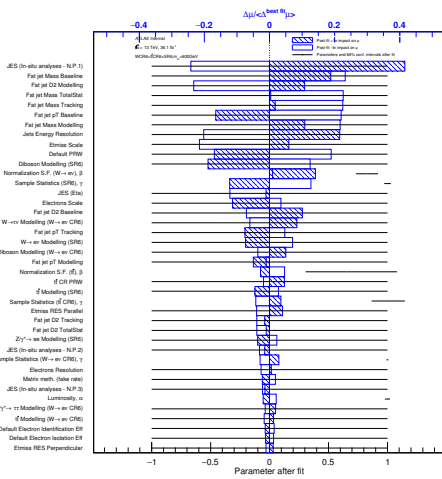


(a) Ранжирование.

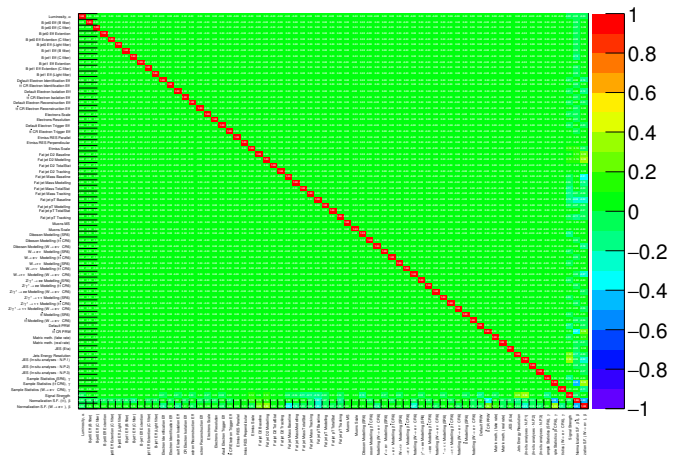


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.5. Модель,  $W$  CR5 +  $t\bar{t}$  CR5 + SR5,  $m_{e^*} = 500$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.



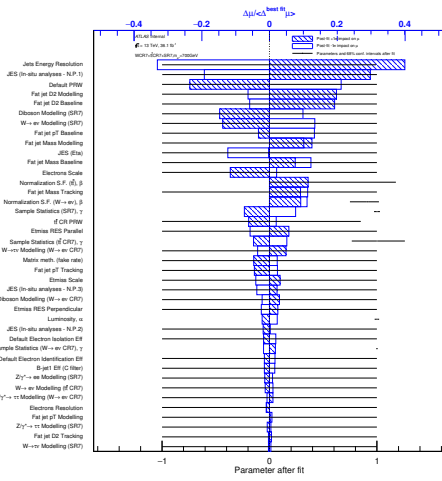
(a) Ранжирование.



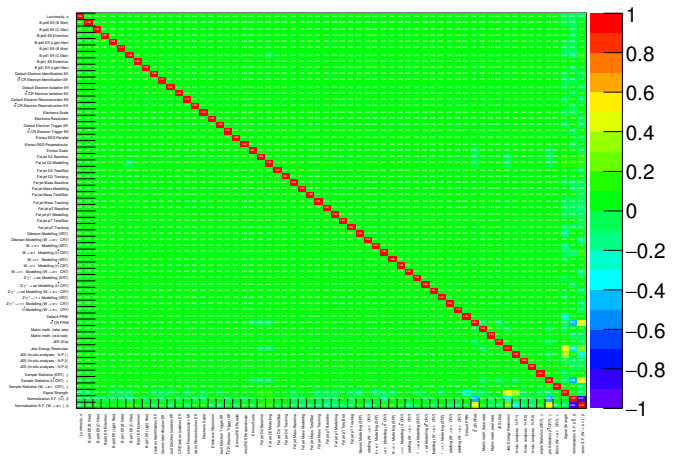
(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.6. Модель,  $W$  CR6 +  $t\bar{t}$  CR6 + SR6,  $m_{e^*} = 600$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.



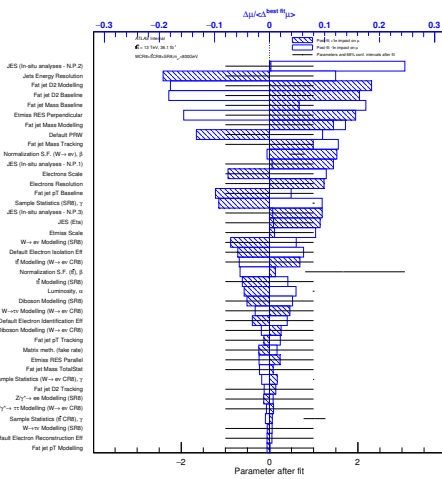


(a) Ранжирование.

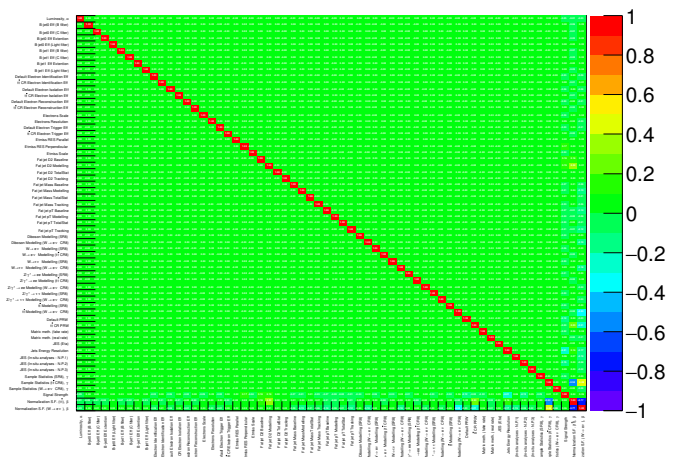


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.7. Модель,  $W$  CR7 +  $t\bar{t}$  CR7 + SR7,  $m_{e^*} = 700$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

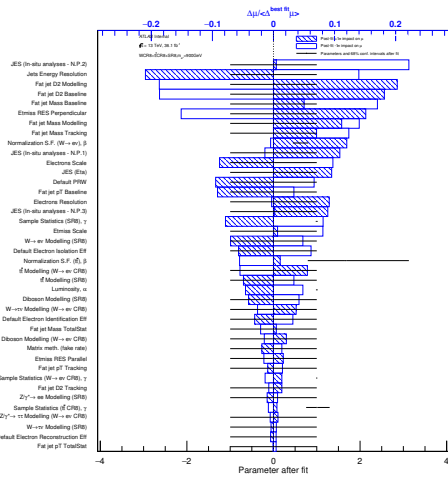


(a) Ранжирование.

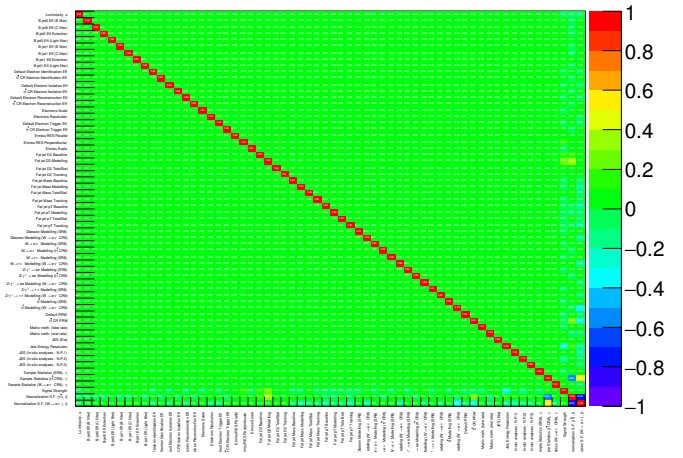


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.8. Модель,  $W$  CR8 +  $t\bar{t}$  CR8 + SR8,  $m_{e^*} = 800$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

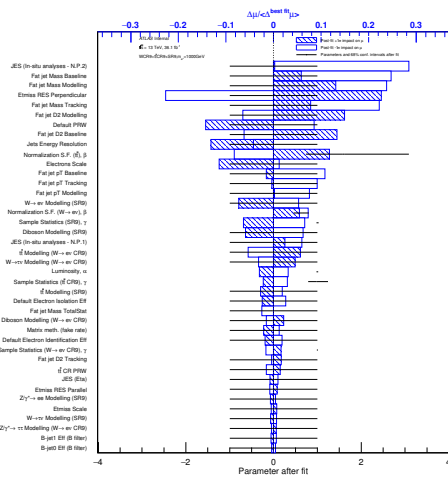


(a) Ранжирование.

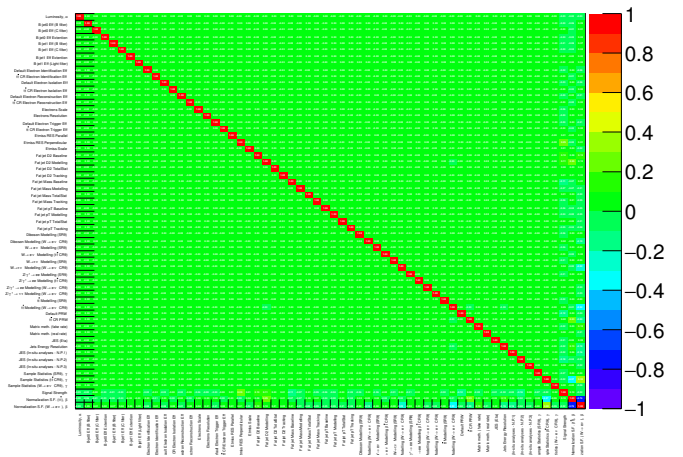


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.9. Модель,  $W$  CR8 +  $t\bar{t}$  CR8 + SR8,  $m_{e^*} = 900$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

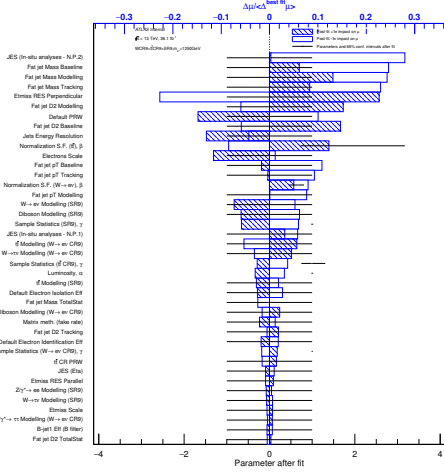


(a) Ранжирование.

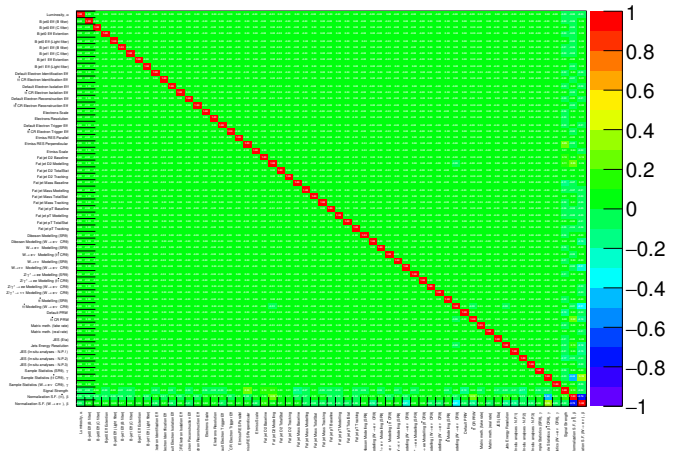


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.10. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 1000$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

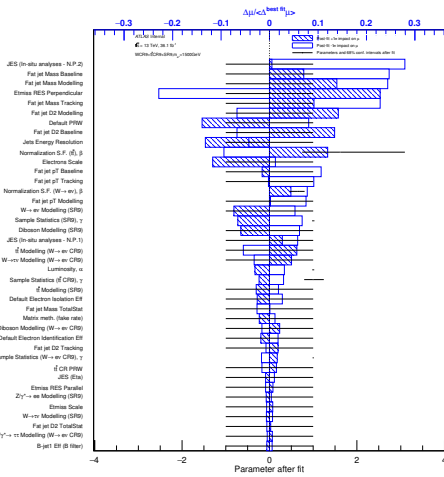


(a) Ранжирование.

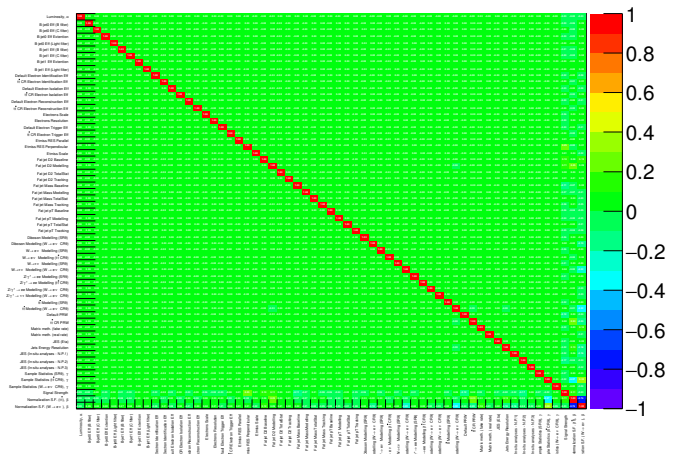


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.11. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 1250$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

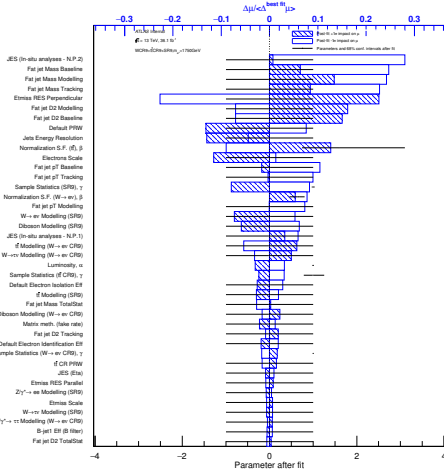


(a) Ранжирование.

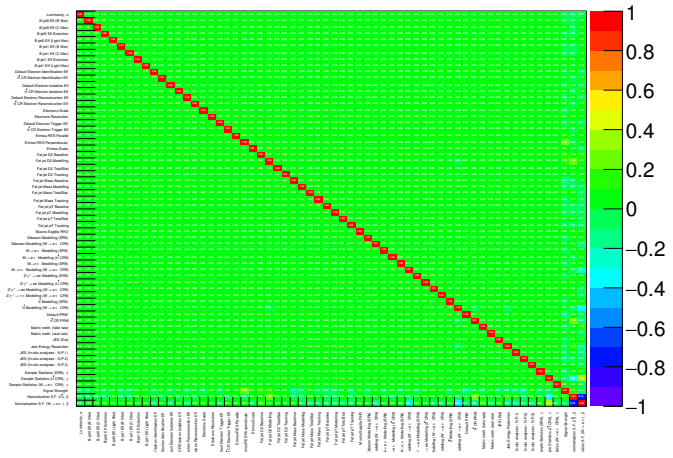


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.12. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 1500$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

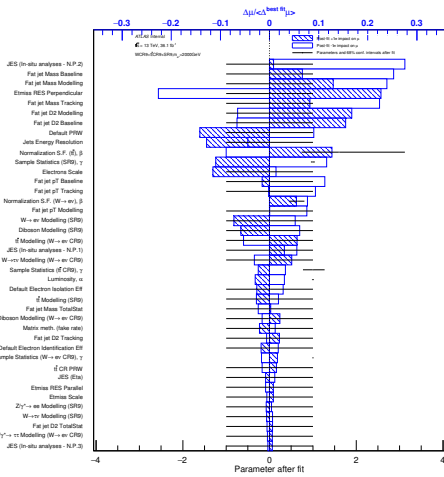


(a) Ранжирование.

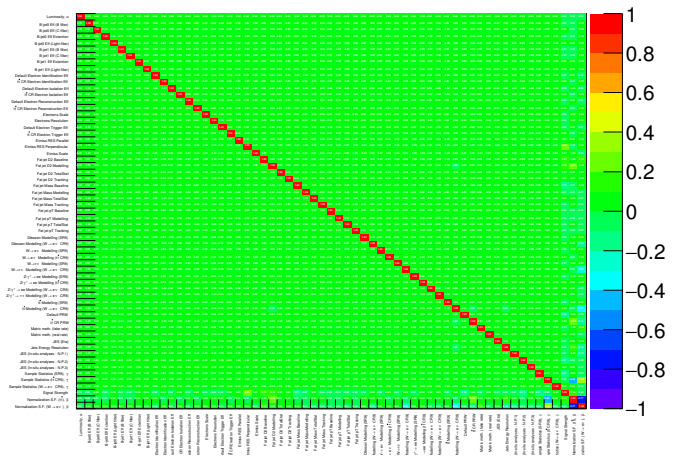


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.13. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 1750$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

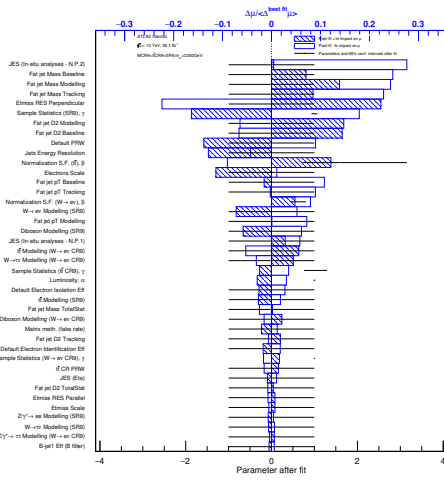


(a) Ранжирование.

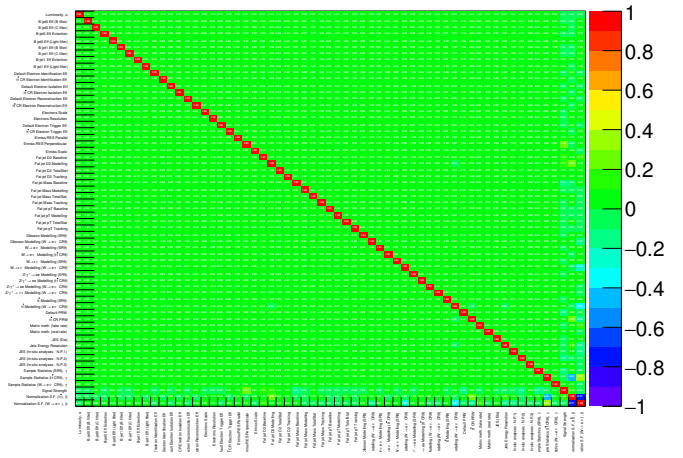


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.14. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 2000$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

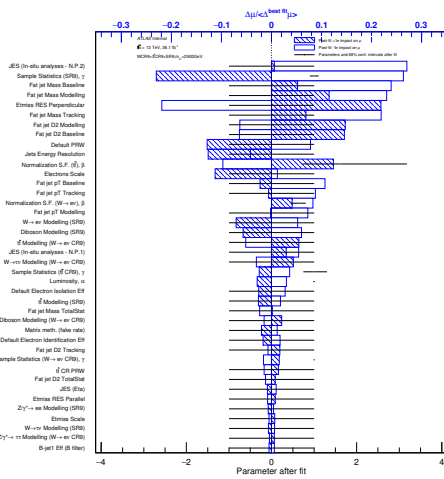


(a) Ранжирование.

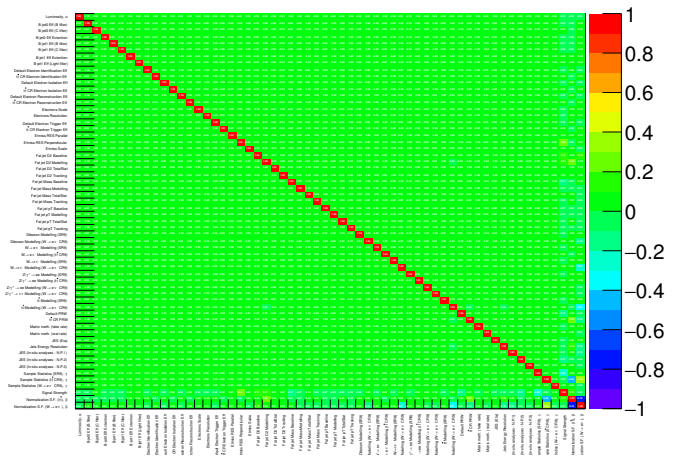


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.15. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 2250$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

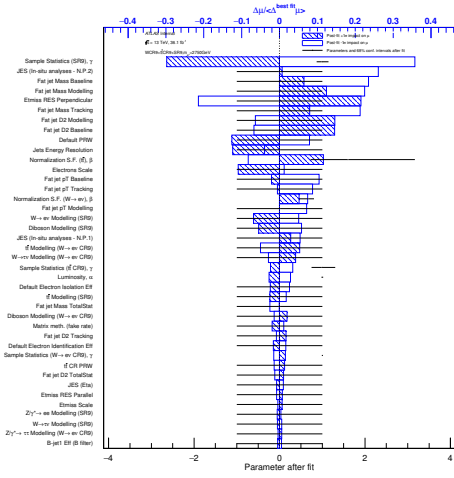


(a) Ранжирование.

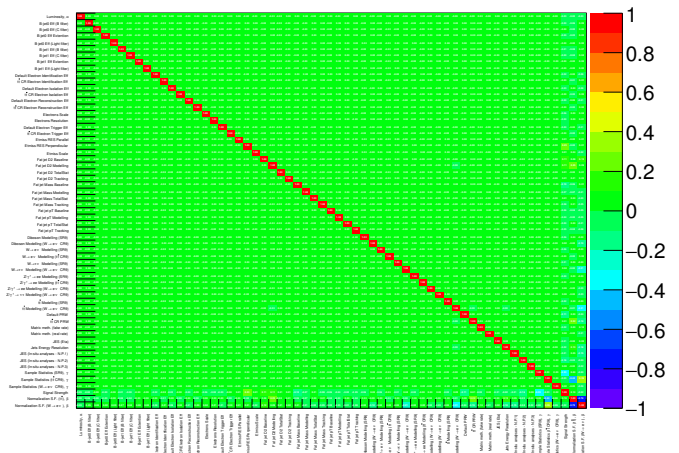


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.16. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 2500$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

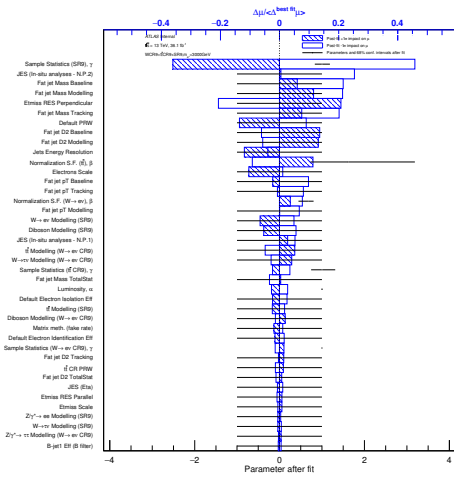


(a) Ранжирование.

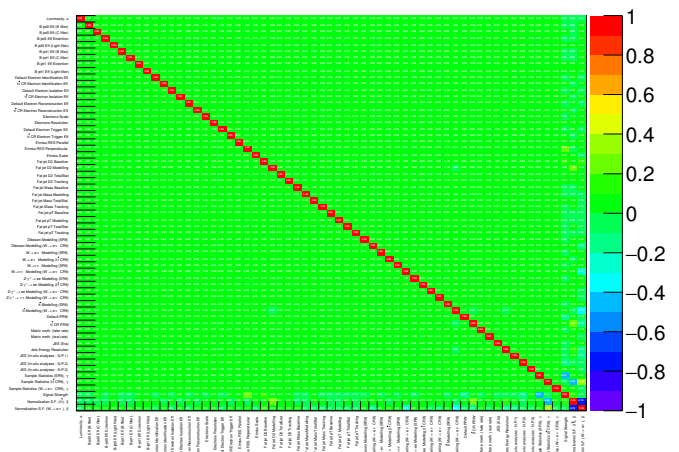


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.17. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 2750$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

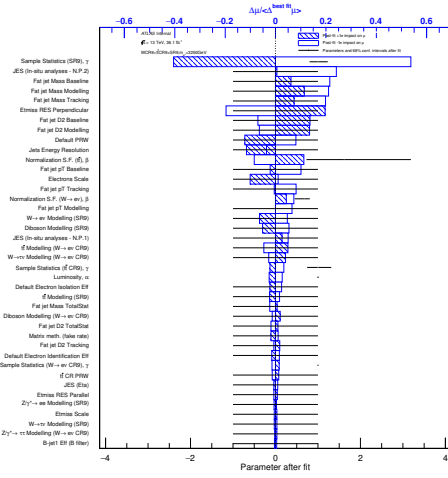


(a) Ранжирование.

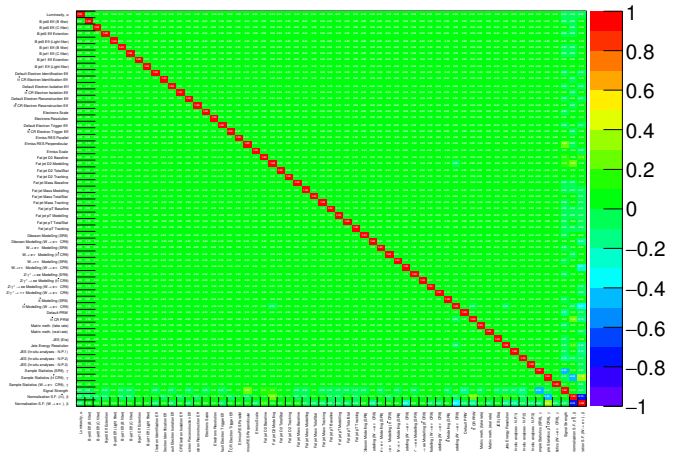


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.18. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 3000$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

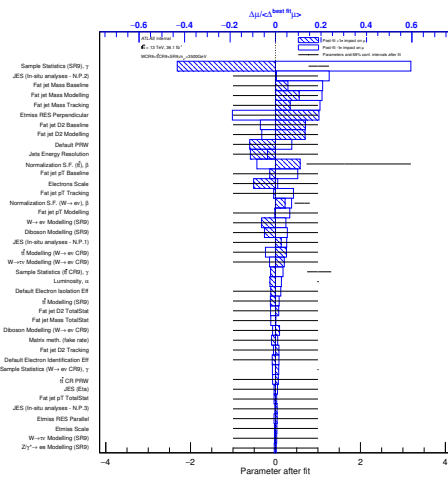


(a) Ранжирование.

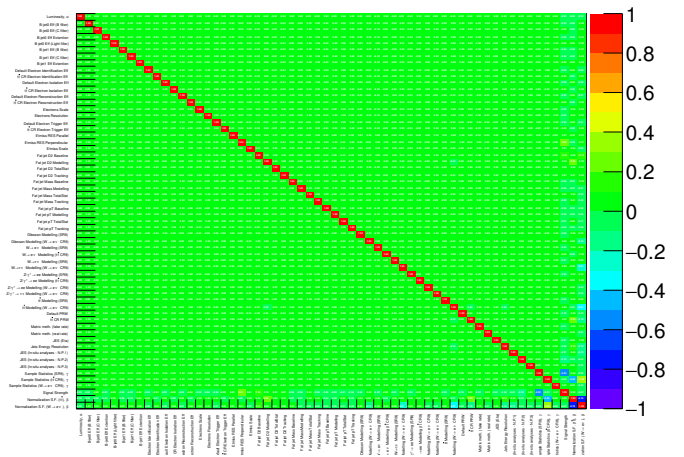


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.19. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 3250$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

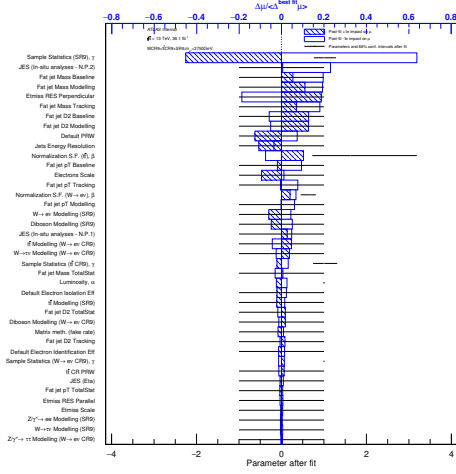


(a) Ранжирование.

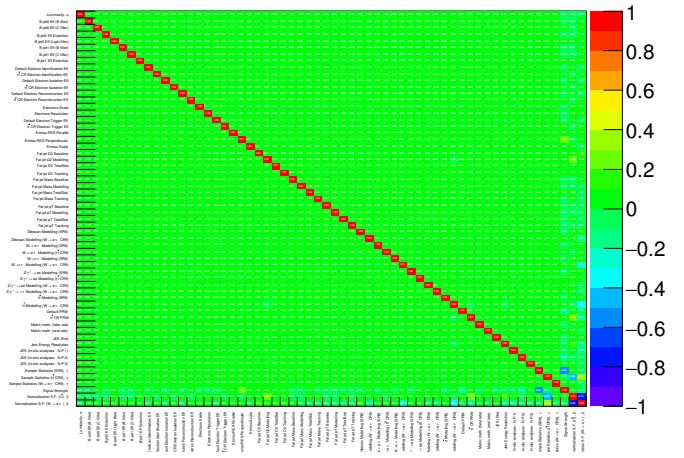


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.20. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 3500$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.

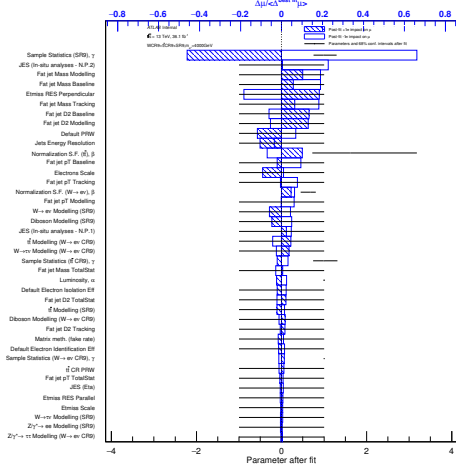


(a) Ранжирование.

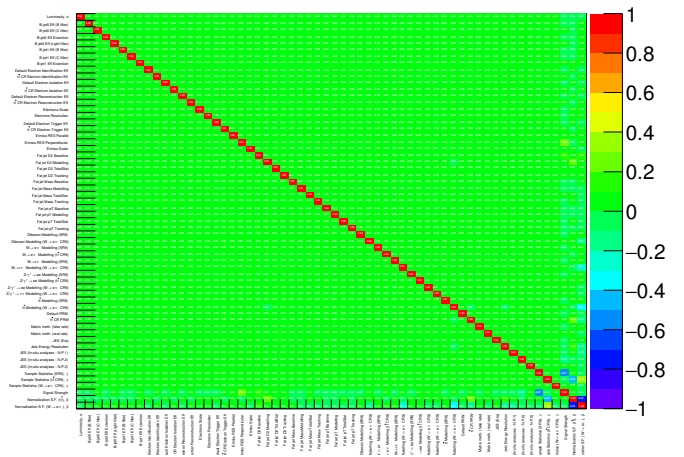


(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.21. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 3750$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.



(a) Ранжирование.



(б) Матрица корреляции.

Рис. Л.22. Модель,  $W$  CR9 +  $t\bar{t}$  CR9 + SR9,  $m_{e^*} = 4000$  ГэВ, конфигурации параметров после фита.