

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ТРЕКОВОГО ДЕТЕКТОРА ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ATLAS В ПЕРВОМ СЕАНСЕ РАБОТЫ БАК: ТРЕКОВЫЕ ФУНКЦИИ

Н. Беляев, Д. Краснопевцев, Н. Смирнов*

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

Трековый детектор переходного излучения (ТДПИ) состоит из более чем 350 тысяч пропорциональных счетчиков-трубок и является внешней из трех подсистем во внутреннем детекторе (ВД) эксперимента ATLAS. ТДПИ вносит значительный вклад в разрешающую способность ВД для высокоэнергетических треков, обеспечивая отличную идентификацию треков частиц и разделение электронов и пионов. В статье описаны основные трековые характеристики ТДПИ. Данные, использованные для исследований, получены во время первого сеанса работы Большого адронного коллайдера (БАК) в 2012 г. при энергии протонных столкновений 8 ТэВ. Трековые характеристики изучены в зависимости от загрузки детектора и для случая работы ТДПИ с ксенонной смесью внутри дрейфовых трубок. Отдельное внимание уделено изучению трековых характеристик внутри адронных струй. Результаты показали ожидаемое согласие между экспериментальными данными и моделированием даже для самых центральных регионов высокоэнергетических адронных струй.

The ATLAS Transition Radiation Tracker (TRT) contains more than 350,000 large straw tubes and it is the outermost of the three subsystems of the ATLAS Inner Detector (ID). The TRT provides excellent particle identification capabilities and electron–pion separation, as well as contributing significantly an accuracy of a particle momentum measurements and pattern recognition. Basic performance parameters of the TRT related to its tracking function are described in this paper. The data used in these studies was collected during the first period of the Large Hadron Collider (LHC) operation in 2012 with collision energy of 8 TeV. The performance of the TRT, operating with Xe-based gas mixture and as a function of straw occupancy, is presented. Studies include track characteristics inside jet cores. Results show a reasonable agreement between data and simulation even within the dense cores of the most energetic jets.

PACS: 29.40.Gx

*E-mail: Dimitriy.Krasnopevtsev@cern.ch

1. ТРЕКОВЫЙ ДЕТЕКТОР ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Детектор ATLAS [1] на БАК является детектором общего назначения и разработан для точных измерений известных физических процессов и исследований новой физики на энергетической шкале БАК. Детектирующая трековая система располагается в центре детектора и находится внутри аксиального магнитного поля в 2 Тл, создаваемого соленоидом. Она предназначена для того чтобы обеспечить точные измерения траекторий заряженных частиц в среде с многочисленными треками и называется внутренним детектором. Трековый детектор переходного излучения [2, 3] состоит из более чем 350 тысяч пропорциональных тонкостенных дрейфовых счетчиков-трубок и является внешней из трех подсистем во внутреннем детекторе эксперимента ATLAS. ТДПИ осуществляет распознавание траекторий заряженных частиц при помощи большого количества близких отсчетов (сигналов) на треке частицы (в среднем около 30) и вносит вклад в идентификацию электронов. Полученная от ТДПИ информация позволяет улучшить импульсное разрешение заряженных частиц в эксперименте ATLAS. Точное измерение траекторий частиц, как и отделение сигнальных электронных кандидатов от фоновых пионов, является фундаментом для многих физических анализов на БАК.

ТДПИ состоит из центральной и торцевых частей и покрывает область псевдобыстрот $|\eta| < 2$. Дрейфовые трубки в детекторе работают в пропорциональном режиме с потенциалом 1,5 кВ, образованным между стенками трубки и анодной нитью в центре. Слои радиатора переходного излучения располагаются между дрейфовыми трубками. Фотоны, испускаемые в радиаторе, поглощаются внутри трубок газовой смесью (70 % Хе, 27 % CO₂, 3 % O₂).

2. РАБОТА ТДПИ В ПЕРВОМ СЕАНСЕ РАБОТЫ БАК: ТРЕКОВЫЕ ФУНКЦИИ

В первом сеансе работы БАК ТДПИ показал высокую производительность. Эффективность срабатывания дрейфовых трубок в среднем составила 96 %. На рис. 1 представлена зависимость данной эффективности от псевдобыстроты для реальных данных (темные точки) и моделирования (светлые точки). Результаты были получены для максимального (25–30) среднего количества протонных столкновений $\langle \mu \rangle$ на БАК в первом сеансе. В нижней части графика приведено отношение реальных данных и результатов моделирования, демонстрирующее хорошее их согласие на всем интервале η .

Пространственная корректировка ТДПИ в детекторе ATLAS в первом сеансе работы БАК была выполнена с точностью до 1 мкм. Дополнительные калибровки так называемых кривых $r-t$ (зависимостей, позволяющих из измеренного времени дрейфа сигнала в пропорциональной трубке получить радиус

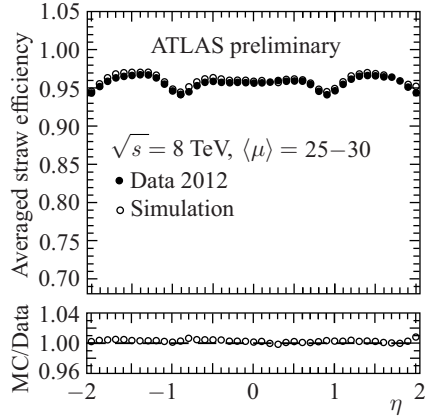


Рис. 1. Эффективность срабатывания трубок

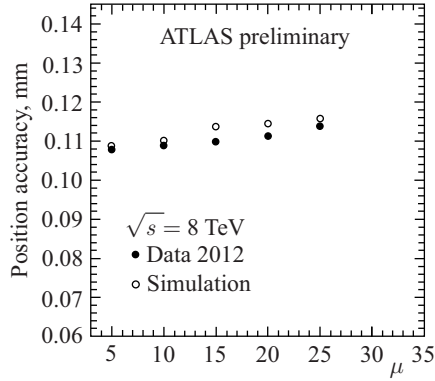


Рис. 2. Пространственная точность ТДПИ

дрейфа и, соответственно, координату трека заряженной частицы) обеспечили конечную пространственную точность ТДПИ в среднем в 110 мкм. На рис. 2 представлена слабая зависимость пространственной точности ТДПИ от среднего количества протонных столкновений на БАК в первом сеансе работы.

Загрузка ТДПИ в данном исследовании определялась как отношение сработавших дрейфовых трубок в событии к общему количеству дрейфовых трубок. В отдельных сеансах протонных столкновений загрузка ТДПИ достигала 50%. В качестве основных трековых характеристик в ТДПИ исследованы: доля треков, содержащих более 18 отсчетов в ТДПИ (extension hit fraction), и доля точных отсчетов на треках частиц в ТДПИ (precision hit fraction). Исследовалась зависимость данных параметров от загрузки

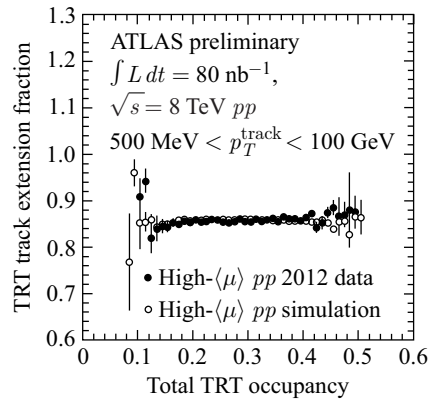


Рис. 3. Доля треков с отсчетами в ТДПИ

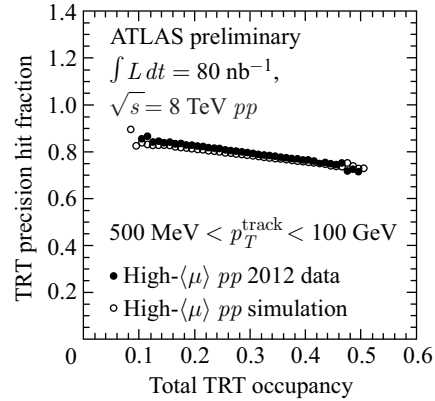


Рис. 4. Доля точных отсчетов на треках в ТДПИ

ТДПИ. На рис. 3 представлена зависимость доли треков, содержащих отсчеты в ТДПИ, от загрузки ТДПИ для данных (темные точки) и моделирования (светлые точки). Как видно из графика, доля треков с отсчетами в ТДПИ остается на уровне 85 % вплоть до загрузок ТДПИ в 50 %. На рис. 4 представлена зависимость доли точных отсчетов на треках частиц в ТДПИ от загрузки ТДПИ. Наблюдается более 70 % точных отсчетов на треках частиц вплоть до загрузок ТДПИ в 50 %.

Отдельную сложность для трековых детекторов может представлять определение треков частиц в плотной среде, например внутри адронной струи (jet). В данной работе исследовалась зависимость трековых характеристик в ТДПИ от расстояния $\Delta R(\text{track, jet}) = \sqrt{\eta^2 + \phi^2}$ в плоскости η - ϕ между треком частицы и центром адронной струи. Рассмотрены три диапазона энергий адронных струй. Рис. 5 и 6 демонстрируют, что доля треков с отсчетами

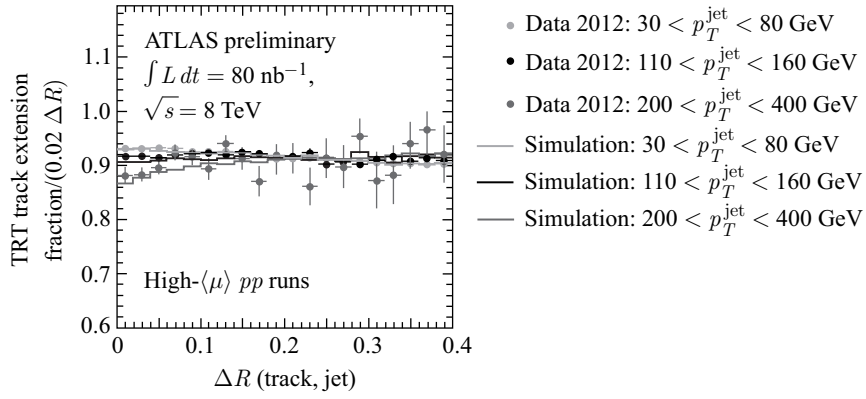


Рис. 5. Доля треков с отсчетами в ТДПИ

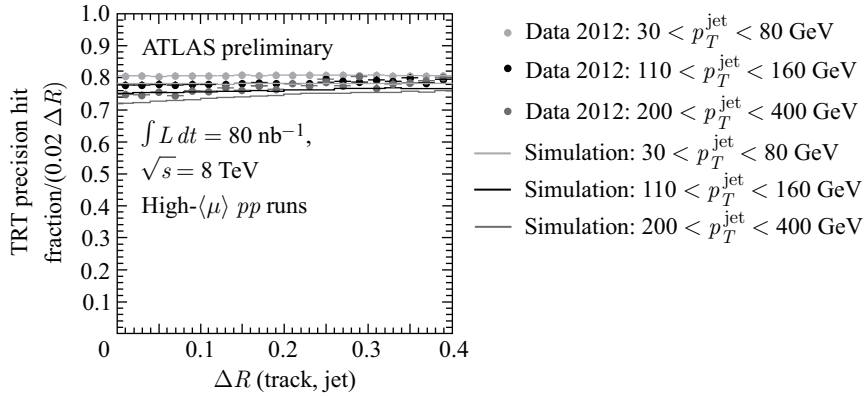


Рис. 6. Доля точных отсчетов на треках в ТДПИ

в ТДПИ практически постоянна и доля точных отсчетов сохраняет высокое значение до самого центра высокоэнергетических адронных струй. Для всех распределений реальные данные демонстрируют согласие с моделированием в пределах погрешности практически на всем диапазоне ΔR .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *ATLAS Collab.* // JINST. 2008. V. 3. P. S08003.
2. *ATLAS TRT Collab.* // JINST. 2008. V. 3. P. P02013.
3. *ATLAS Collab.* ATL-INDET-PUB-2014-001. 2014.