А.В. Михайлова[2], А.А. Леонов[1,2], В.В. Михайлов[2] от имени коллаборации ГАММА-400

[1]Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, Россия, Москва; [2]НИЯУ МИФИ, Россия, Москва

Использование боковой апертуры гамма-телескопа ГАММА-400 для измерения потоков электронов и позитронов с энергиями до 10 ТэВ.

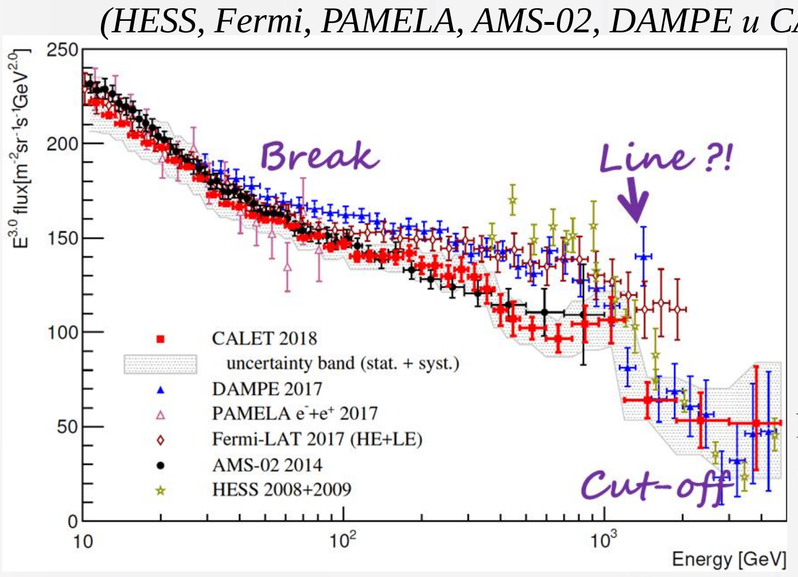
Работа выполнена при поддержке Государственной корпорации Роскосмос (контракт 024-5004/16/24), а также Министерства науки и высшего образования РФ (проект «Фундаментальные проблемы космических лучей и тёмная материя» № 0723-2020-0040)

Представлена методика режекции протонов в электронном канале при детектировании потоков заряженных частиц с боковых направлений, а также приведены результаты расчёта коэффициента режекции для энергий электронов в диапазоне от 100 ГэВ до 10 ТэВ. При расчёте режекции, помимо стандартных методов восстановления и анализа треков в калориметре, применялись методы машинного обучения, а именно метод BDT, который представляет собой лес (ансамбль) из решающих деревьев, объединяющихся в композицию согласно алгоритму бустинга.

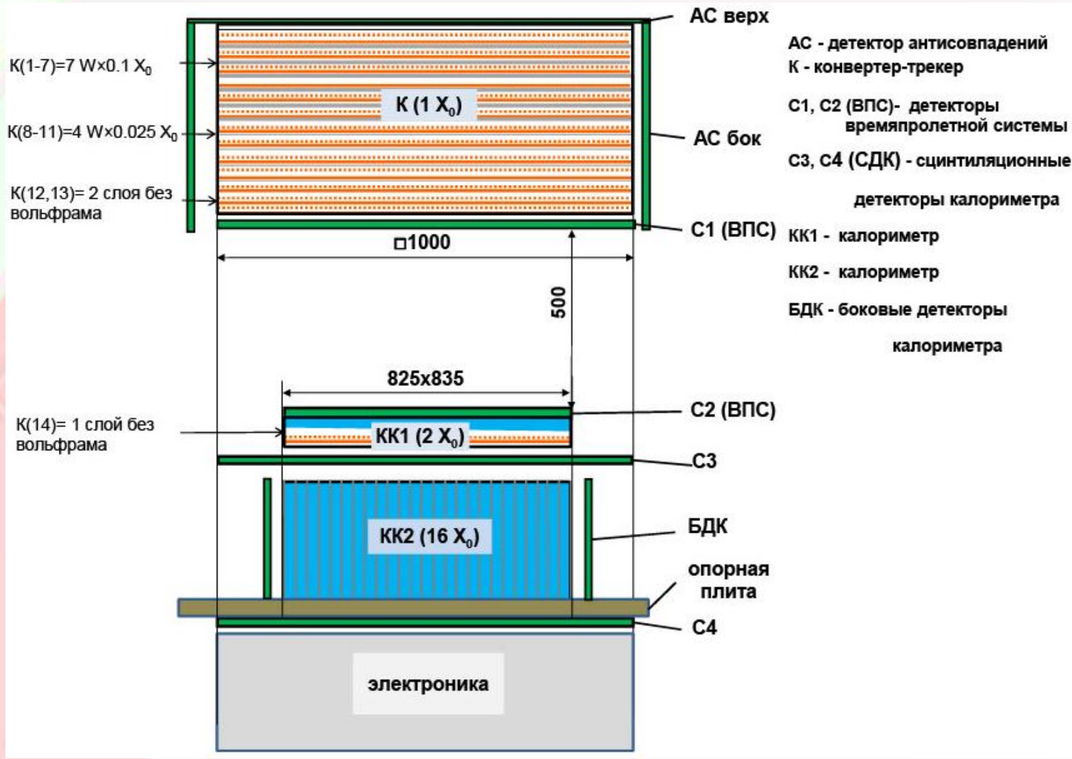
НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ ГАММА-400:

- поиск особенностей в энергетических спектрах высокоэнергичного гамма-излучения до энергий 1000 ГэВ, которые могут быть связаны с аннигиляцией или распадом частиц темной материи;
- изучение и идентификация дискретных гамма-источников;
- детальное изучение пространственной структуры протяженных дискретных источников;
-изучение переменности источников, в том числе, регистрация гамма-излучения от миллисекундных пульсаров MSP для объяснения избытка гамма-излучения от центра Галактики;
-поиск и изучение гамма-всплесков при регистрации гамма-излучения как сверху-вниз вдоль оси гамма-телескопа, так и с четырех боковых направлений;
-проведение одновременных наблюдений дискретных гамма-источников совместно с рентгеновскими телескопами, наземными гамма-, оптическими, радио и нейтринными телескопами ;
-регистрация потоков электронов + позитронов космических лучей с направлений как сверху-вниз вдоль оси гамма-телескопа, так и с четырех боковых направлений

Особенности прямых измерений полноэлектронного спектра (HESS, Fermi, PAMELA, AMS-02, DAMPE и CALET).



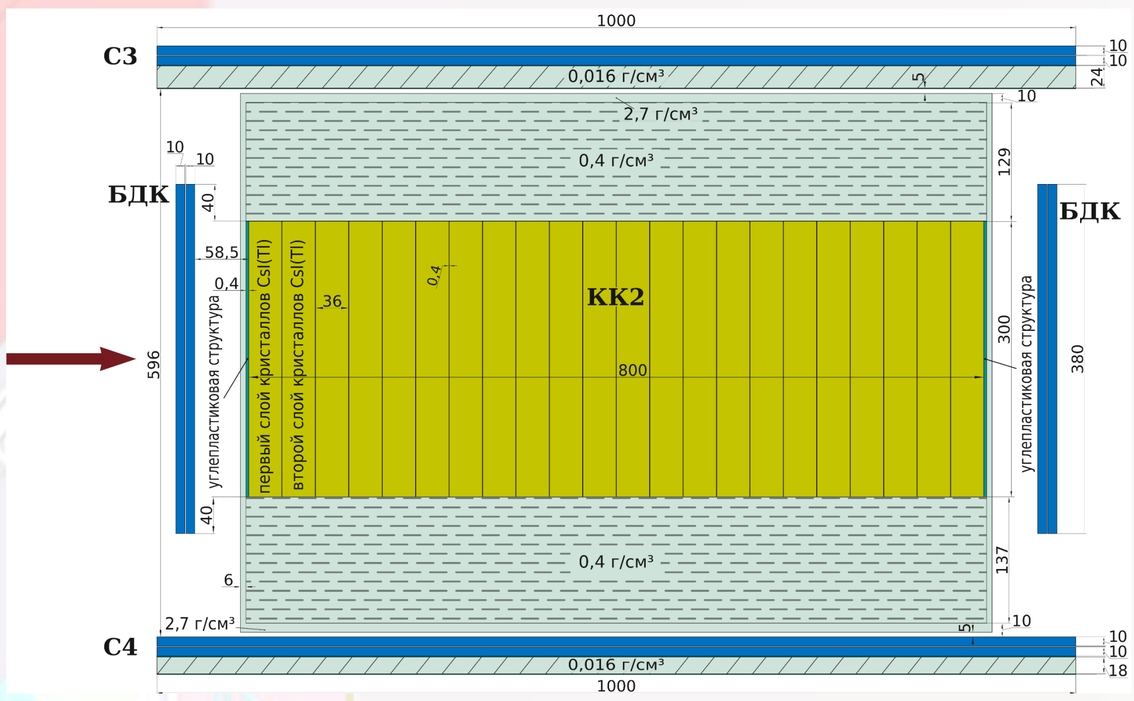
ФИЗИЧЕСКАЯ СХЕМА ГАММА-ТЕЛЕСКОПА ГАММА-400



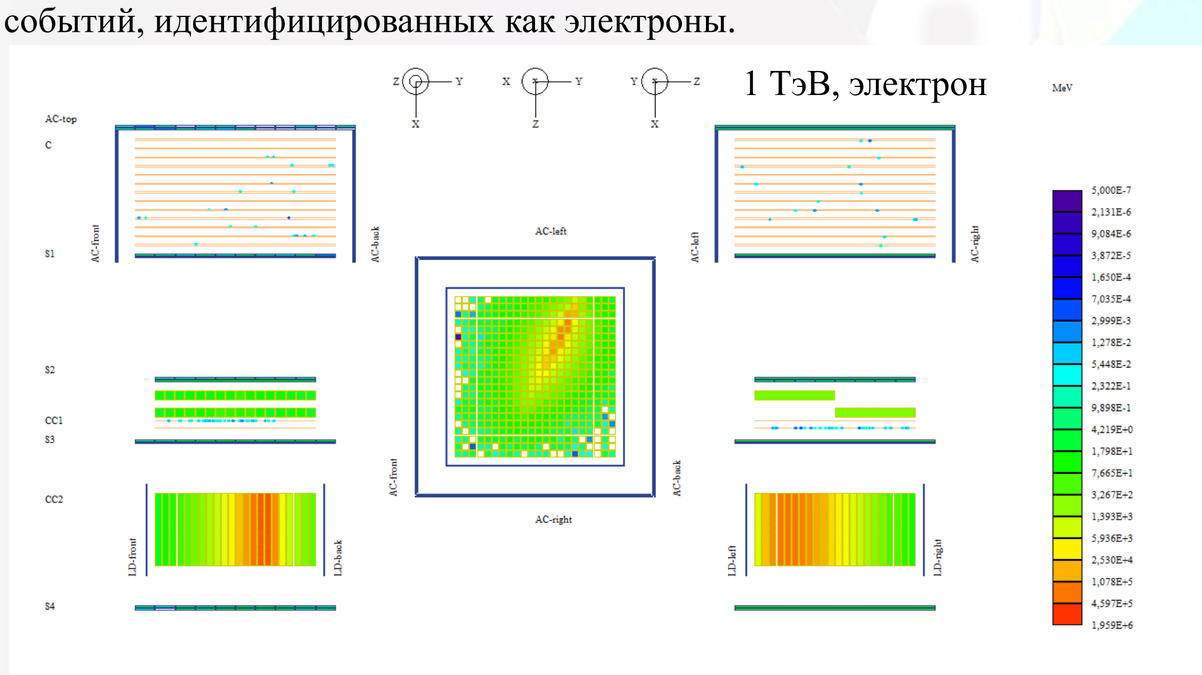
РАЗДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ И ПРОТОНОВ В БОКОВОЙ АПЕРТУРЕ

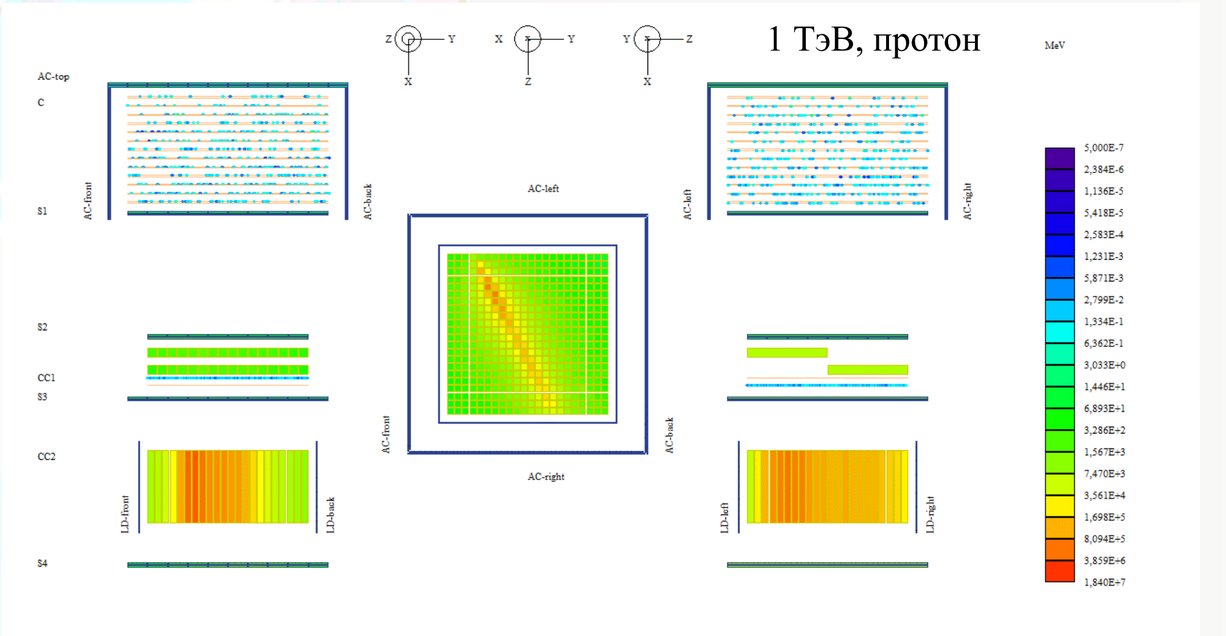
Протоны являются основной составляющей фона при регистрации электронов космических лучей. Для разделения электронов и протонов анализируется информация детекторов: БДК, С3, С4 и КК2.

$E_{КК2}$>80ГэВ & $E_{БДК}$>E_{1MIP} & (N_{TRACK_POINTS}>8 & $N^{lateral\ columns}_{TRACK_POINTS} = 0$)

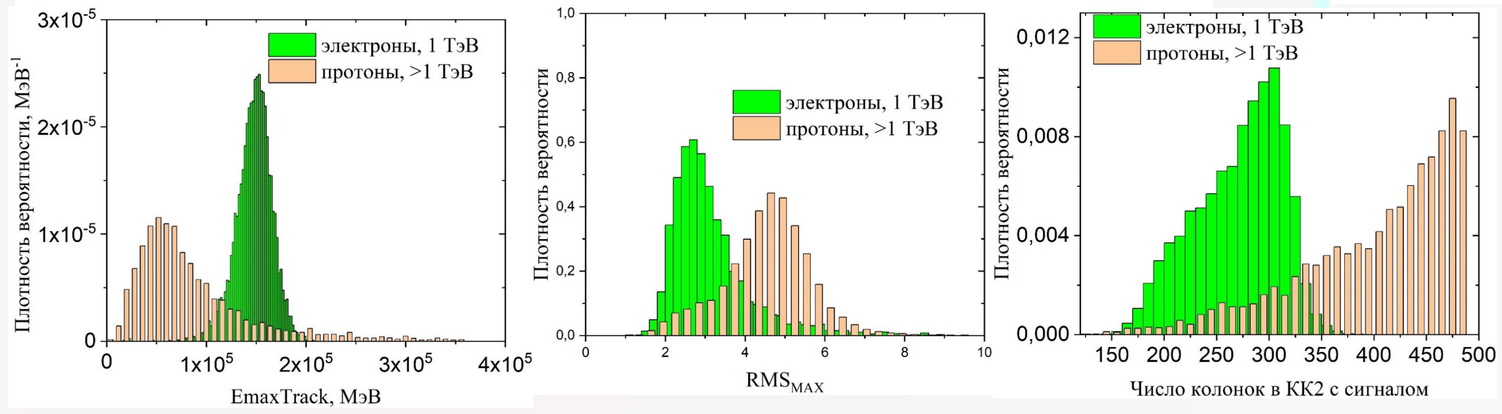


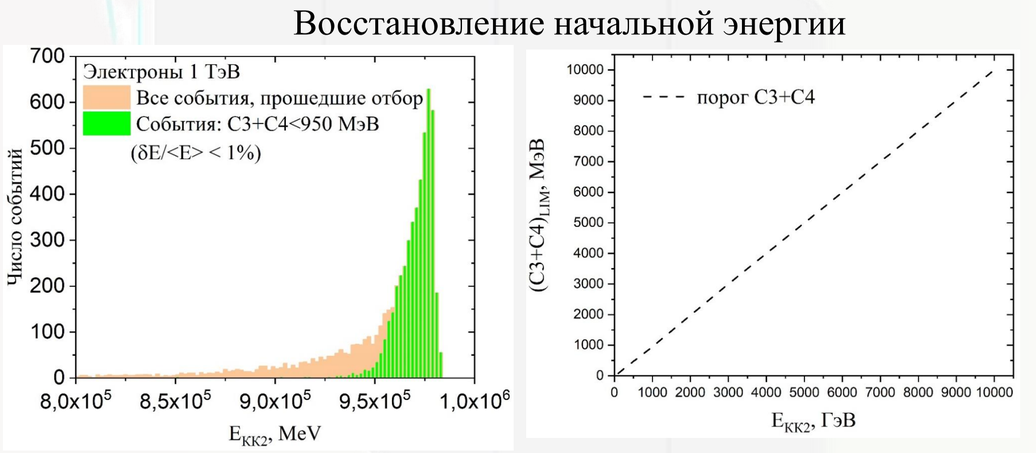
Для расчёта коэффициента режекции на поверхности бокового детектора электромагнитного калориметра КК2 моделируется изотропный поток протонов с показателем спектра -2.7 и энергией более E_0. Также моделируется изотропный поток электронов с энергией $E_0 \pm \Delta E$. Коэффициент режекции вычисляется как отношение эффективности регистрации электронов к эффективности регистрации протонных событий, идентифицированных как электроны.



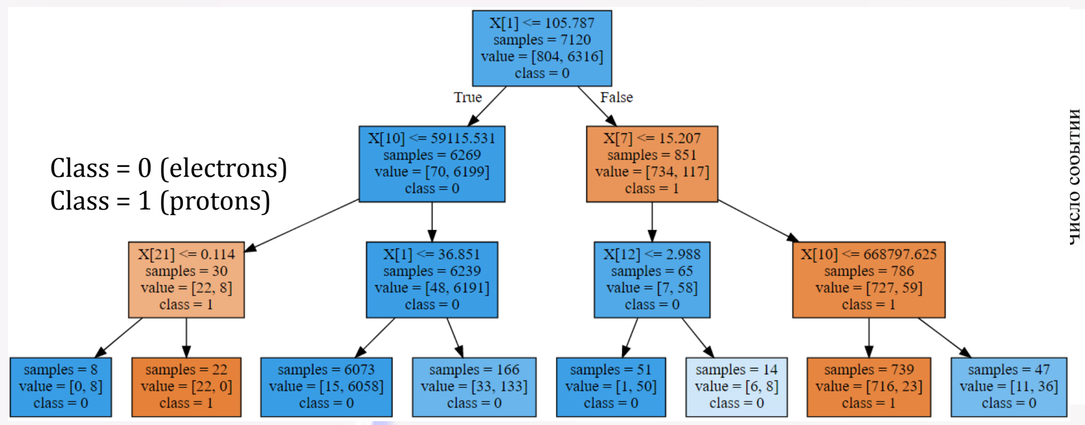


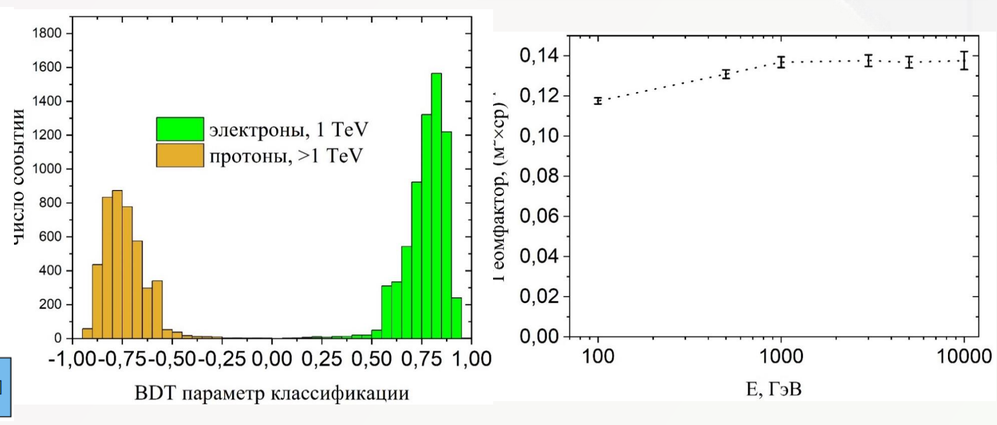
Восстановление начальной энергии





Использование методов машинного обучения: 30 параметров для каждого события.





Разработана методика режекции протонов в электронном канале при детектировании потоков заряженных частиц с боковых направлений. Коэффициент подавления протонов составляет ~10^4 для энергий электронов от 100 ГэВ до 10 ТэВ. За год во всей боковой апертуре ГАММА-400 будет зарегистрировано ~4×160 электронов и позитронов в диапазоне энергий от 1 до 5 ТэВ.