

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ»

УДК 539.144.3

ОТЧЁТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
**ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОНОВ И ПИОНОВ В СМЕШАННОМ
ПУЧКЕ УСКОРИТЕЛЯ SPS В ЭКСПЕРИМЕНТЕ
2018 ГОДА ПО ТЕСТИРОВАНИЮ ДЕТЕКТОРА
ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Научный руководитель _____ С. Ю. Смирнов

Студент _____ Л. А. Якобнюк

Москва 2022

Содержание

Введение	3
Актуальность	3
Цель работы	3
1 Описание установки	3
Система PID	4
2 Анализ данных	4
3 Выводы	8

Введение

Переходное излучение – это вид электромагнитного излучения, возникающего при пересечении заряженной частицей границы раздела сред с разными диэлектрическими проницаемостями. Данное излучение ещё в 1945 году было предсказано В.Л.Гинзбургом и И.М.Франком

Наибольший интерес представляет переходное излучение, созданное ультрарелятивистской частицей ($\gamma \gg 1$). Формируется переходное излучение, основная энергия которого лежит в области рентгеновского спектра. В этом спектре энергия довольно сильно зависит от Лоренц фактора (гамма-фактора).

Детекторы переходного излучения (TRDs) широко используются для регистрации ультрарелятивистских заряженных частиц. Больше информации о Лоренц-факторе можно получить, используя угловое распределение переходных фотонов.

Актуальность

Столкновения между адронами при $\sqrt{s} = 13\text{ТэВ}$ и малым p_T мало изучены на данный момент, однако изучение этих процессов способно помочь в исследовании спектров космических лучей, например аномальное количество мюонов в них может быть следствием распада адронов содержащих очарованные и прелестные кварки, которые никогда не изучались при больших \sqrt{s} . Для этих целей предлагается провести эксперимент [1] по изучению рассеяния адронов под малыми углами и образованию заряженных адронов в адрон-адронных взаимодействиях. Последний раз аналогичные исследования проводились почти 50 лет назад на первом поколении адронного коллайдера ISR при энергиях столкновения около $\sqrt{s} = 63\text{ГэВ}$.

Этот эксперимент подразумевает создание адронного спектрометра Very Forward Hadron Spectrometer (**VFHS**) на основе детектора переходного излучения. В отличие от черенковского детектора который не эффективен при ТэВ-ном диапазоне энергий, детектор переходного излучения, который измеряет γ способен эффективно работать при таких энергиях. Для данного эксперимента необходимо что бы детектор работал в диапазоне от $\gamma = 10^3$ для 1Тэв p до $\gamma = 3.6 * 10^4$ для 5 ТэВ π . Измерение гамма с точностью в 10% должно дать возможность корректно разделять π , K и p . В ходе данного эксперимента предполагается использовать детектор переходного излучения, определяющий гамма по углу распространения излучения.

Детектор переходного излучения, прототип которого описан в статье [2] является возможно единственным подходящим детектором для создания **VFHS**.

Цель работы

Целью работы является выделение электронов и пионов в смешанном пучке с энергией 20 ГэВ при помощи трех детекторов: черенковского (Cherenkov), ливневого (PreShower) и калориметра из свинцового стекла (LeadGlass).

Необходимо выделить диапазоны, в которых фиксируются электроны и пионы каждым детектором, а также проанализировать, правильно ли работала триггерная электроника в процессе проведения измерений.

1 Описание установки

В ходе работы производился анализ данных полученных с экспериментальной установки (Схема установки 1 представлена в статье [3]), состоящей из многослойного

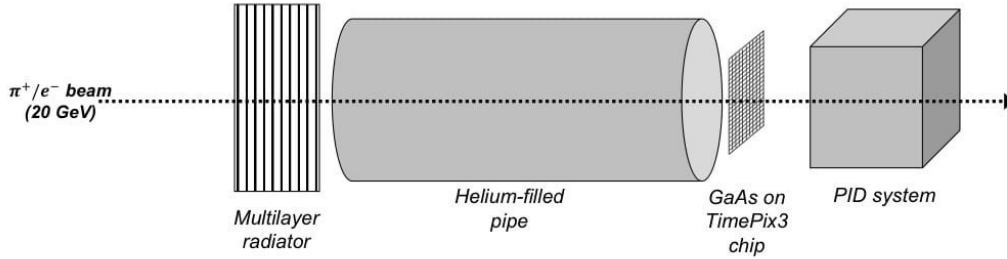


Рис. 1 — Схема экспериментальной установки

радиатора, находящегося на расстоянии около 2 м от детектора, трубы, заполненной гелием для предотвращения поглощения фотонов переходного излучения и сенсора из компенсированного хромом GaAs толщиной 500 мкм, соединенного с TimePix3 чипом, который использовался как детектор с квадратной матрицей 256×256 пикселей с шагом пикселя в 55 мкм. За детектором располагается система определения частиц, состоящая из черенковского и ливневого детекторов, а также калориметра из свинцового стекла.

Система PID

- Детектор черенковского излучения- прибор для регистрации заряженных частиц. Принцип работы основан на регистрации излучения Вавилова-Черенкова, возникающего при движении заряженной частицы в прозрачной среде со скоростью, большей скорости света в данной среде. Фотоны черенковского излучения испускаются под углом α к направлению движения частицы, причем величина этого угла определяется соотношением $\cos \alpha = 1/n$. Определяя этот угол можно узнать энергию частицы.
- Калориметр из свинцового стекла (LeadGlass Calorimeter). Калориметры предназначены для измерения полной энергии частиц. Попав в вещество калориметра частица рождает электромагнитный или адронный ливень, передавая им свою энергию. Чем больший процент ливня поглотится в калориметре, тем точнее будет измерена энергия. Калориметры чувствительны как к заряженным, так и к нейтральным частицам. Калориметр из свинцового стекла относится к типу однородных, т.е. поглощающий материал одновременно является детектирующим. Основное преимущество однородных детекторов – вся энергия падающей частицы поглощается в детектирующей среде.
- Ливневой детектор (PreShower detector) позволяет эффективно разделять источники высвобожденной энергии, отличая одиночные фотоны от пар фотонов, появляющихся в результате распадов пи-мезонов. Принцип его работы такой же, как и у калориметра. Он состоит из свинцовой пластины толщиной 5 мм и сцинтилляционной пластины толщиной 20 мм

2 Анализ данных

В процессе работы проводился анализ информации, записанной в дереве внутри файла root. Данный файл был записан в течение летнего сеанса измерений 2018 года, когда из ускорителя на установку, представленную на Рис. 1, выводился смешанный

пучок электронов и пионов (пи-мезонов) с энергией 20 ГэВ, а также пучки мюонов с энергиями 120, 180 и 290 ГэВ. Каждое событие прохождения частицы через установку регистрировалось многими детекторами (датчиками), которые суммарно давали 19 измерений, и именно они записаны в этом файле.

На первом этапе работы были построены амплитудные спектры сигналов с трёх детекторов с учетом того, какая по показаниям триггерной электроники пролетела частица: электрон или пион. А далее были построены 2D-гистограммы зависимости амплитуды одного детектора от амплитуды другого, т.е. гистограммы: Cher1 qdc data vs PreS qdc data, Cher1 qdc data vs Lead qdc data и PreS qdc data vs Lead qdc data для всех событий и для сработавших триггерных флагов, по которым наглядно можно увидеть диапазоны фиксации детекторами электронов и пионов. Полученные гистограммы представлены на рисунках 2 и 3

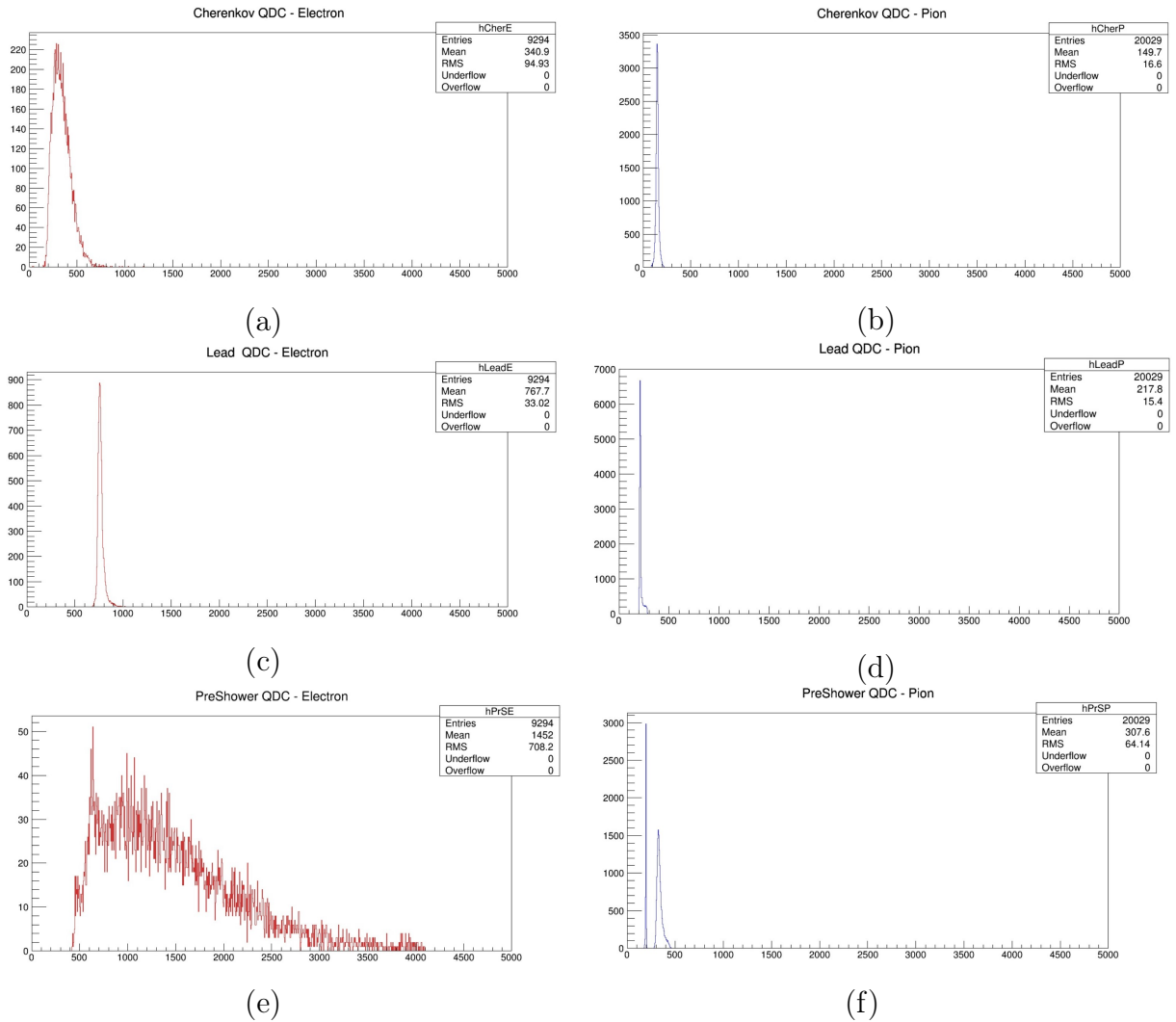


Рис. 2 — Амплитуды сигналов в зависимости от того, какой флаг выработала система

- Для черенковского детектора сигнал от электрона лежит в области 200 — 1200, от пиона в области 50 — 200.
- Для Ливневого детектора сигнал от электрона лежит в области 500 — 4100, от пиона в области 100 — 450.
- Для калориметра из свинцового стекла сигнал от электрона лежит в области 700 — 1100, от пиона в области 200 — 300.

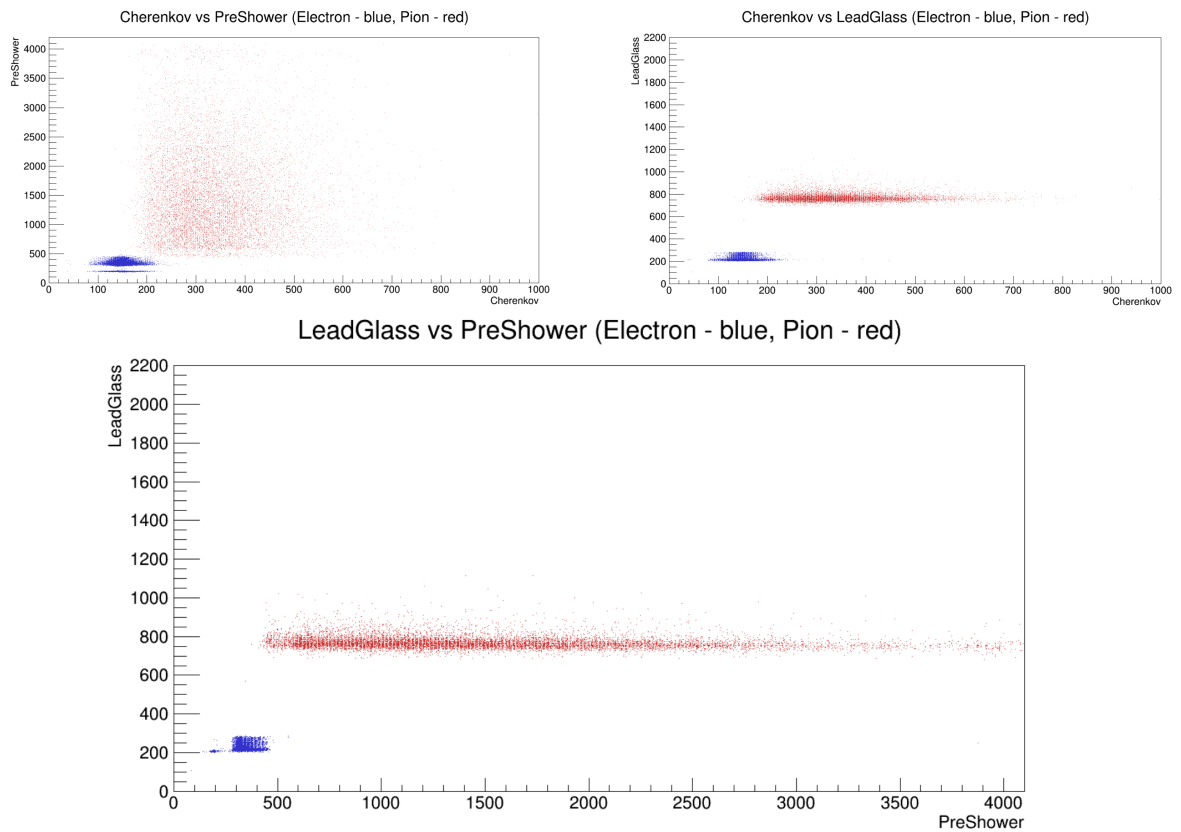
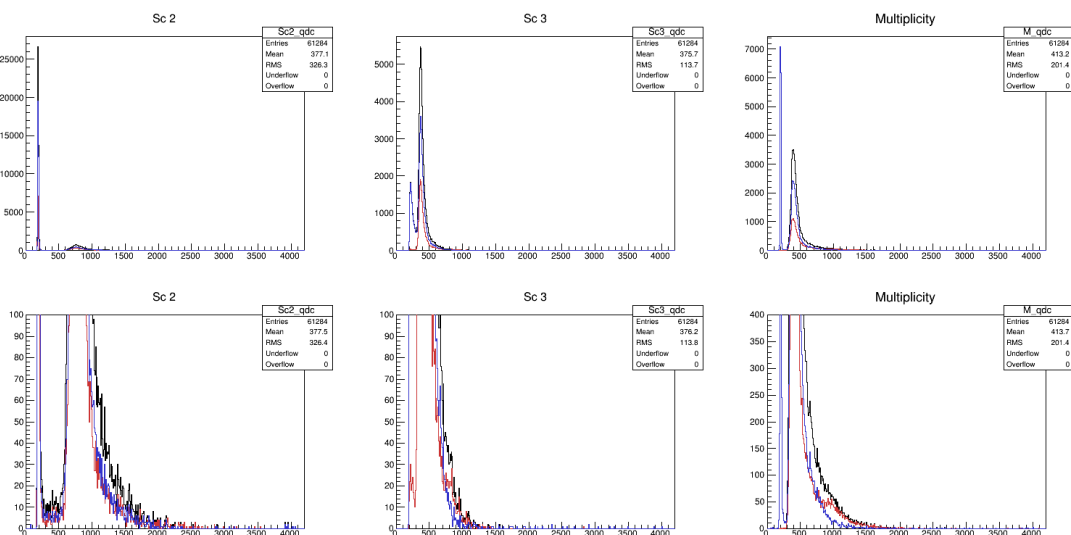
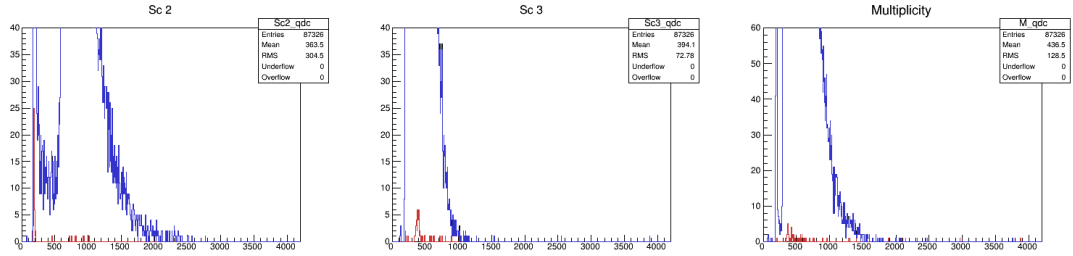
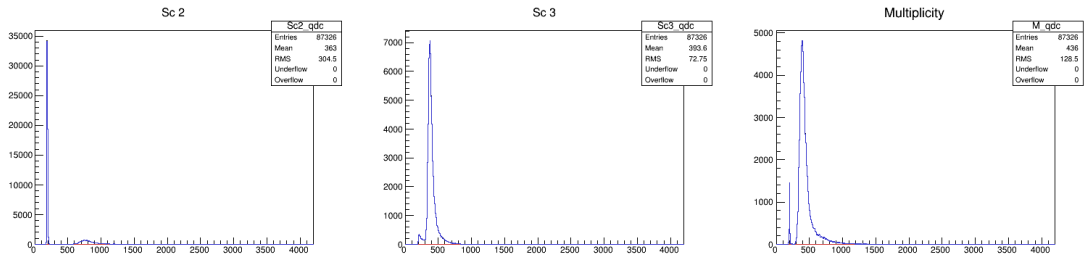


Рис. 3 — 2D-гистограммы зависимости амплитуды одного детектора от амплитуды другого при срабатывании триггера на электрон либо пион

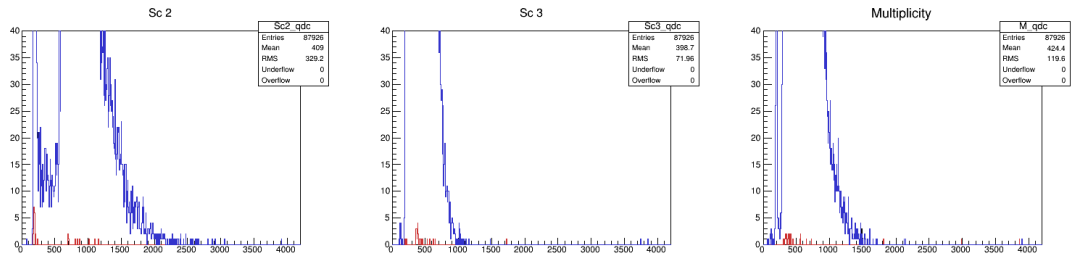
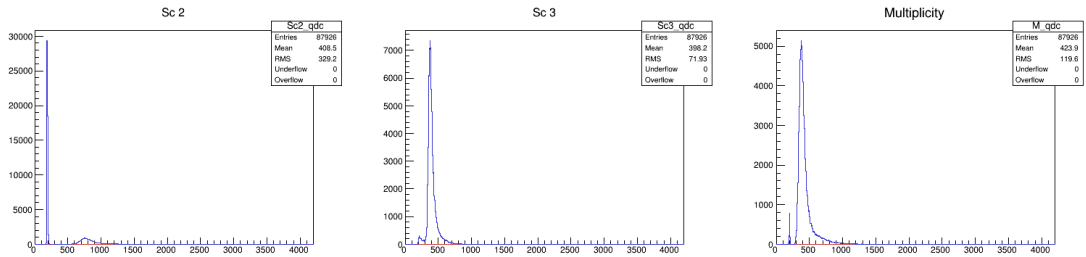
Далее были построены спектры из ветвей дерева Sc2 qdc, Sc3 qdc и M qdc для уточнения информации о включении счетчика множественности в триггерную систему в момент измерений



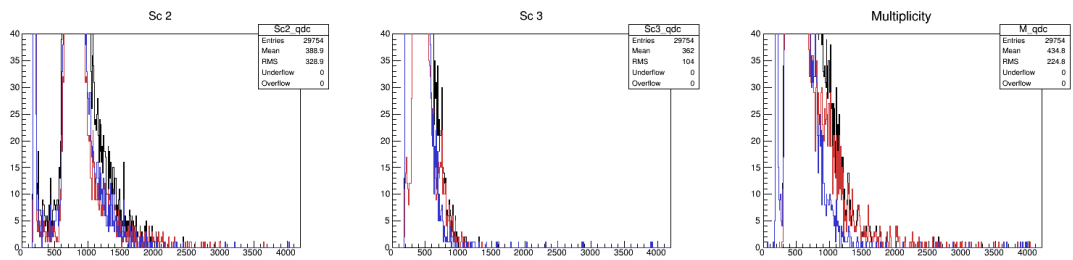
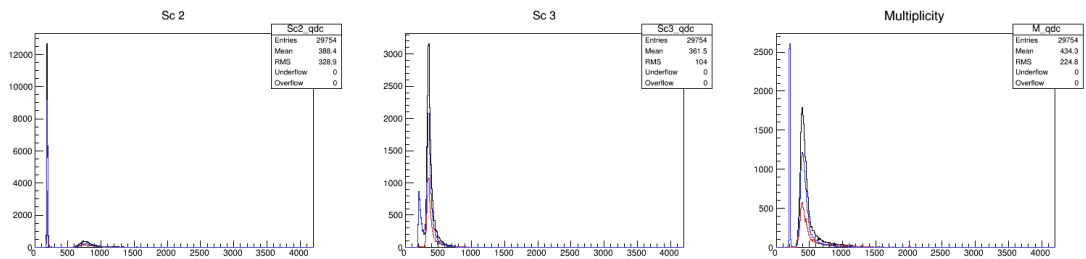
(251-255)



(257-263)

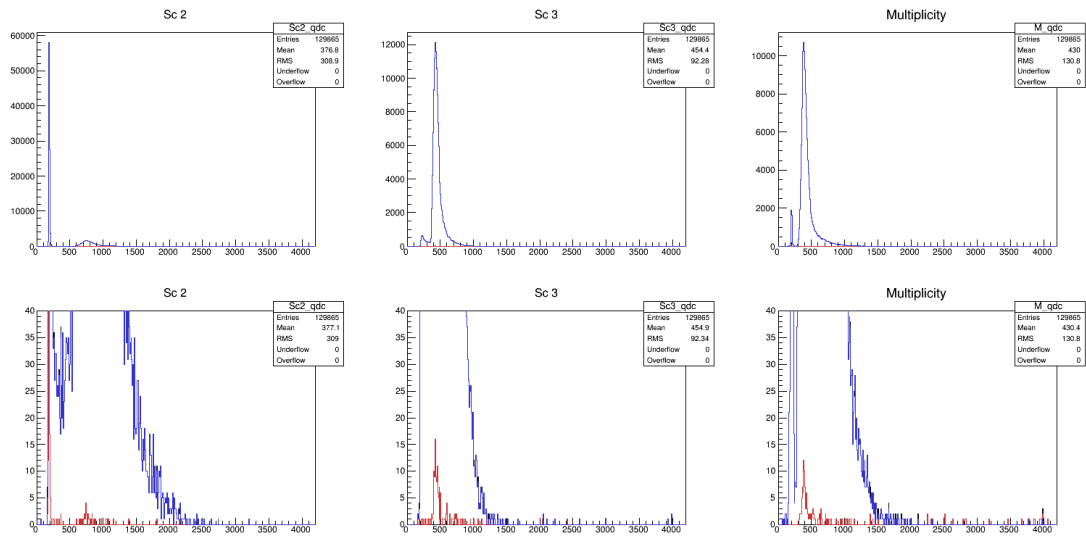


(267-271)



(280-284)

В пучках мюонов триггерная система определяла мюон как пион, поэтому основная статистика на гистограмма для этих сеансов показана синим цветом



(324-328)

Рис. 4 — Амплитудные спектры счетчика множественности (251-255 runs- $\pi/e20\text{GeV}$, 257-263 runs - $\mu180\text{GeV}$, 267-271 runs - $\mu120\text{GeV}$, 280-284 runs - $e20\text{GeV}$, 324-328 runs - $\mu290\text{GeV}$)

3 Выводы

В результате работы были получены следующие данные:

- Для черенковского детектора сигнал от электрона лежит в области 160 — 740, от пиона в области 50 — 260.
- Для Ливневого детектора сигнал от электрона лежит в области 500 — 4100, от пиона в области 150 — 450.
- Для калориметра из свинцового стекла сигнал от электрона лежит в области 700 — 1100, от пиона в области 200 — 350.

Полученные данные говорят о том, что черенковский детектор во время сеанса измерений 2018 года работал плохо, так как есть небольшие участки, где частица фиксируется и как электрон, и как пион, что наглядно видно из двумерных гистограмм, у двух других детекторов такое не наблюдается.

А по амплитудным спектрам счетчика множественности можно сделать вывод о том, что в момент снятия измерений он не был включен в триггер, так как не выполняется аппаратное ограничение в 800 по шкале QDC, которое было указано в лабораторном журнале измерений (т.е. при 800 и более по шкале QDC спектр должен спадать в 0, не должно ничего фиксироваться). Это привело к тому, что в финальный анализ могли попасть события с двумя и более пучковыми частицами, одновременно пролетающими через экспериментальную установку. А это в свою очередь давало искажение результатов по изучению переходного излучения от одиночной заряженной частицы, которое проводилось в этом эксперименте.

На основании этой полученной информации о работе счетчика множественности научной группой было принято решение о применении в финальном анализе дополнительных критериев отбора событий, направленных на отсеивание событий с двойными частицами, а также о проведении нового анализа всей статистики 2018 года с учетом этих дополнительных критериев отбора.

Список литературы

- [1] Michael Albrow. A Very Forward Hadron Spectrometer for the LHC and Cosmic Ray Physics. *PoS*, EDSU2018:048, 2018.
- [2] N Belyaev, M L Cherry, S A Doronin, K Filippov, P Fusco, F Gargano, S Kononov, F Loparco, M N Mazziotta, A Mufazalova, S Nechaeva, D Ponomarenko, C Rembser, A Romaniouk, A A Savchenko, E Shulga, S Smirnov, Yu Smirnov, P Spinelli, L Sultanaliyeva, P Teterin, V Tikhomirov, K Vorobev, and K Zhukov. A concept of the transition radiation detector for a hadron separation in a forward direction of the LHC experiments. *Journal of Physics: Conference Series*, 1690(1):012043, dec 2020.
- [3] J. Alozy et al. Registration of the transition radiation with GaAs detector: Data/MC comparison. *J. Phys. Conf. Ser.*, 1690(1):012041, 2020.