

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

УДК 539.12.01

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ  
**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧАСТИЦ В ПУЧКЕ  
ПРОТОННОГО СУПЕРСИНХРОТРОНА**

Научный руководитель

к.ф.-м.н.

Студент

\_\_\_\_\_ В. О. Тихомиров

\_\_\_\_\_ С. Д. Ильиных

Москва 2022

# Содержание

Перечень сокращений и обозначений	3
Введение	4
1 Параметры детекторов	4
2 Сравнение данных, полученных при помощи моделирования, с экспериментальными данными	5
Заключение	8

## Перечень сокращений и обозначений

В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения и обозначения:

**SPS** протонный суперсинхротрон

**ПИ** переходное излучение

**ДПРЛ** детектор предварительного развития ливня (preshower)

# Введение

Одной из ключевых задач в экспериментах по физике высоких энергий является идентификация частиц. В данный момент разрабатываются детекторы ПИ, в частности, на основе GaAs. Для усовершенствования детекторов ПИ и корректной интерпретации полученных результатов применяются вспомогательные детекторы: ДПРЛ и калориметр из свинцового стекла.

Ранее исследовался экспериментальный метод выделения частиц с помощью вспомогательных детекторов. Целью данной работы является моделирование эксперимента на SPS при помощи среды Geant4 (инструментарий для моделирования прохождения элементарных частиц через вещество с использованием методов Монте-Карло) и сравнение экспериментальных данных с смоделированными для дальнейшей интерпретации экспериментальных данных.

## 1 Параметры детекторов

В среде Geant4 описаны два детектора: ДПРЛ и калориметр из свинцового стекла. Пример смоделированного события приведен на рис. 1

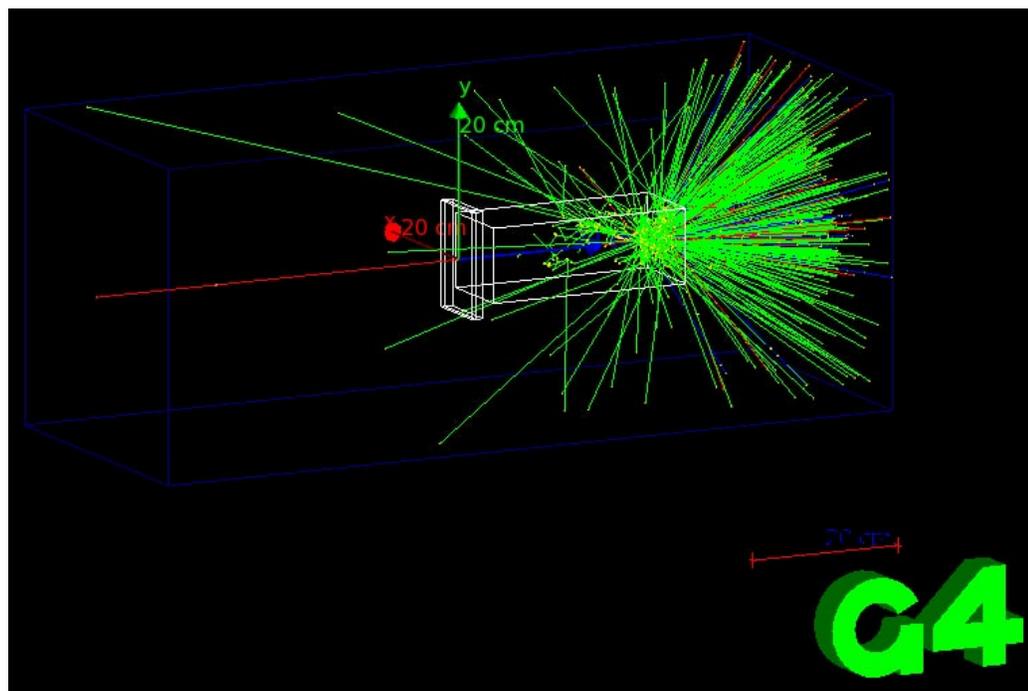


Рис. 1: Пример смоделированного события

ДПРЛ состоит из свинцовой пластины, толщиной 5 мм и сцинтиллятора из полистирола толщиной 10 мм. Калориметр состоит из свинцового стекла толщиной 265 мм. Более подробные характеристики детекторов приведены в таблице 1.

	Состав материала	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Размеры в поперечном сечении, мм	Толщина в направлении движения частицы, мм
Пластина	Pb	11.35	85 × 135	5
Сцинтиллятор	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	1.032	85 × 135	10
Калориметр	Свинцовое стекло: SiO <sub>2</sub> - 23.9% PbO - 74.8% K <sub>2</sub> O - 0.65% Na <sub>2</sub> O - 0.65%	5.51	105 × 95	265

Таблица 1: Параметры детекторов, описанных в данной работе

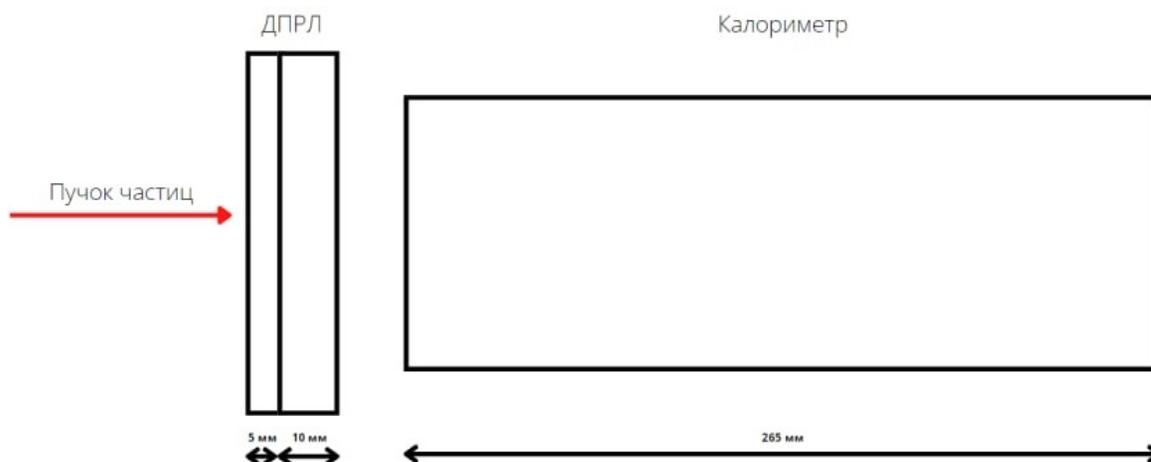


Рис. 2: Геометрические размеры детекторов в направлении движения частиц

## 2 Сравнение данных, полученных при помощи моделирования, с экспериментальными данными

В ходе работы получено два набора частиц: 10000 электронов, и отдельно 10000  $\pi$ -мезонов. На рис. 4 - 7 показаны распределения энергии электронов и  $\pi$ -мезонов, выделившейся в калориметре и ДПРЛ.

Для сравнения гистограмм, полученных с помощью моделирования эксперимента, взяты данные из реального эксперимента, проводимого в 2021 году (рис. 3).

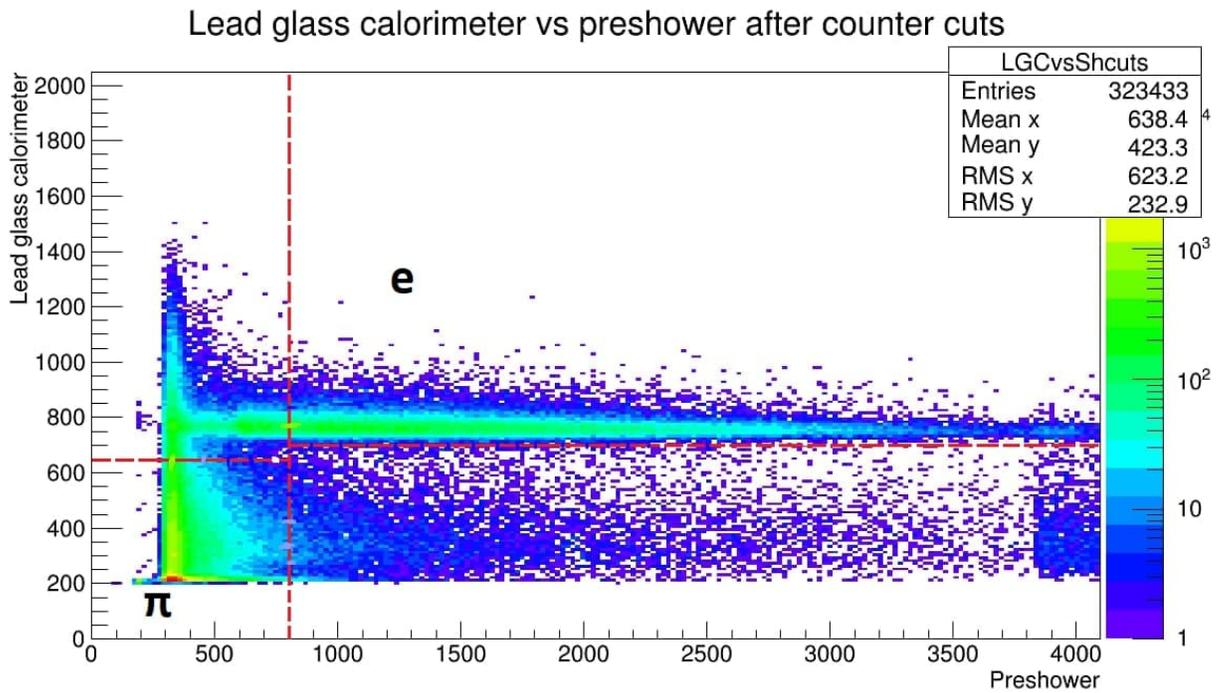


Рис. 3: Экспериментальное двумерное распределение энергии частиц, выделившейся в ДПРЛ (по оси X) и калориметре (по оси Y)

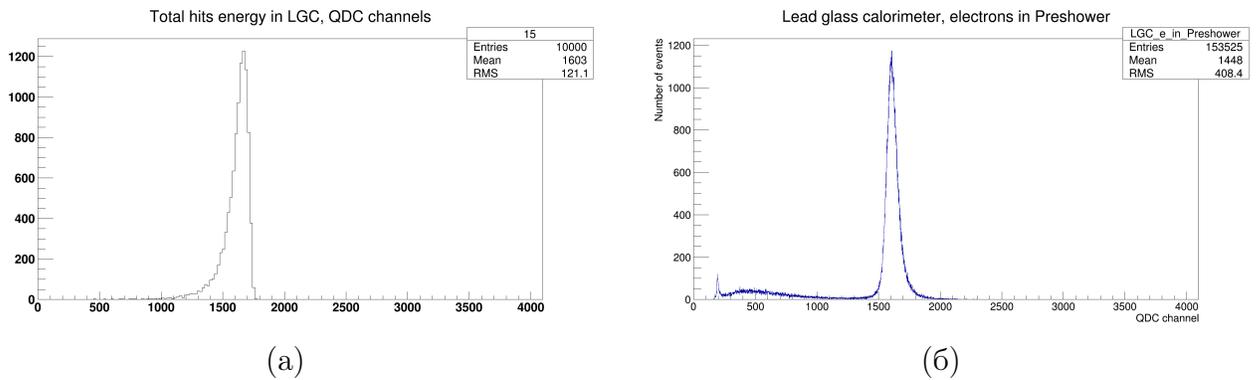
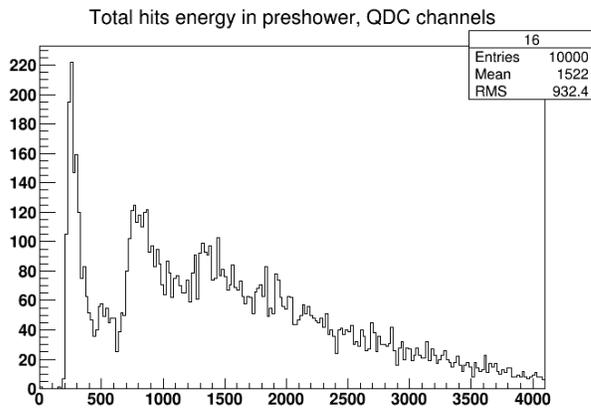
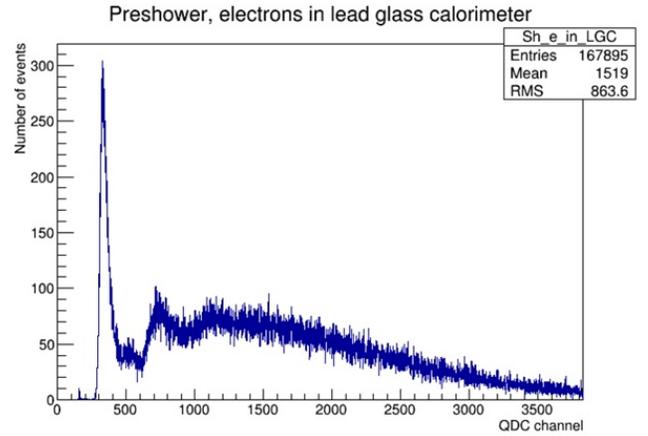


Рис. 4: Распределение энергии электронов, выделившейся в калориметре в моделировании (а) и эксперименте (б)

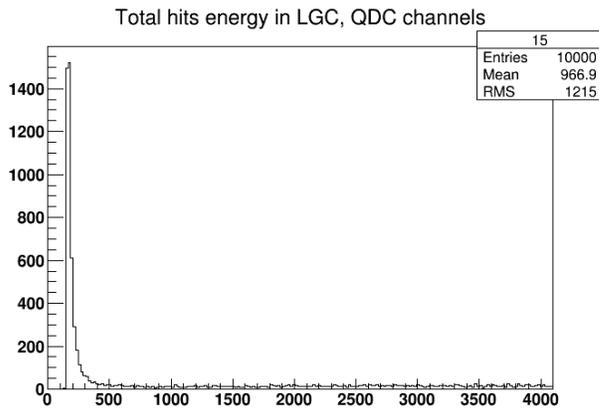


(a)

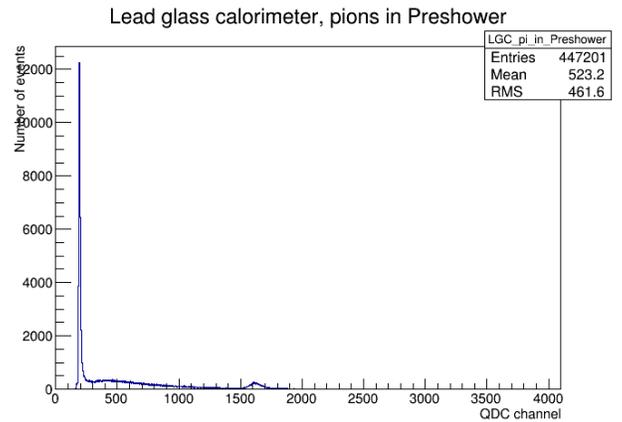


(б)

Рис. 5: Распределение энергии электронов, выделившейся в ДПРЛ в моделировании (а) и эксперименте (б)

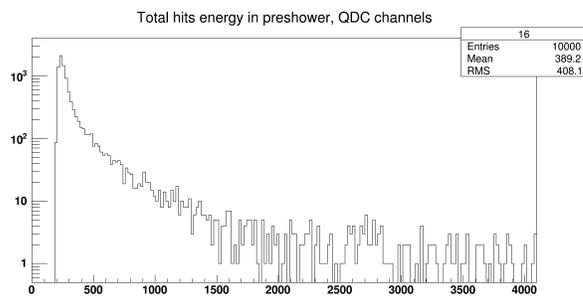


(a)

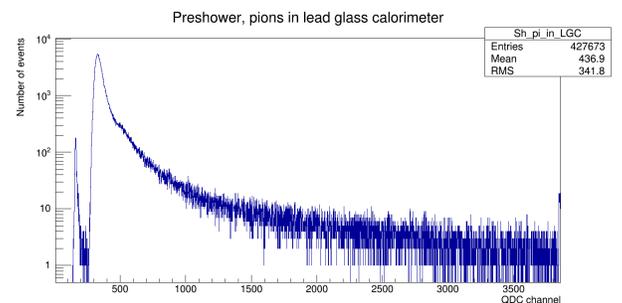


(б)

Рис. 6: Распределение энергии  $\pi$ -мезонов, выделившейся в калориметре в моделировании (а) и эксперименте (б)



(a)



(б)

Рис. 7: Распределение энергии  $\pi$ -мезонов, выделившейся в ДПРЛ в моделировании (а) и эксперименте (б)

На рис. 4 - 7 (б) показаны гистограммы, полученные с помощью обработки экспериментальных данных. Эти гистограммы были получены путем отбора событий по предполагаемым порогам энергий (см. рис. 3), и в этих событиях присутствует энергия фоновых частиц, в то время как метод моделирования эксперимента позволяет получить распределения энергии однородного сорта частиц.

## Заключение

Целью работы было проведение моделирования эксперимента и сравнение смоделированных данных с экспериментальными. Для этого была поставлена и решена следующая задача: реальные детекторы детектируют излучение фотоумножителями, приведенное в каналах QDC, в то время как в моделировании получается суммарное энерговыделение электромагнитного ливня каждой частицы. Таким образом было необходимо подобрать коэффициенты, с помощью которых энергия (в ГэВ для электронов и в МэВ для  $\pi$ -мезонов) конвертируется в каналы QDC. В данной работе предполагается линейная зависимость энергии от каналов QDC, и в первом приближении это предположение верно, что видно из сравнения экспериментальных и смоделированных распределений. Однако при более детальном рассмотрении этого вопроса оказывается, что линейное приближение недостаточно точное. Возможной причиной нелинейности этой зависимости является тот факт, что фотоумножители в реальных детекторах регистрируют сигнал от черенковского излучения, который нелинейно зависит от энергопотерь, получаемых методом моделирования.

## Список литературы

- [1] B. Dolgoshein. Transition radiation detectors. Nucl. Instrum. Meth. A, 326:434–469, 1993.
- [2] J. Alozy et al. Studies of the spectral and angular distributions of transition radiation using a silicon pixel sensor on a Timepix3 chip. Nucl. Instrum. Meth. A, 961:163681, 2020.
- [3] F. Dachs et al. Transition radiation measurements with a Si and a GaAs pixel sensor on a Timepix3 chip. Nucl. Instrum. Meth. A, 958:162037, 2020.