



Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»



Кафедра физики элементарных частиц №40

Научная исследовательская работа студента на тему:

Изучение характеристик позиционно-чувствительного детектора на основе матрицы SiPM

Научный руководитель:

Дубинин Ф. А.

Студентка 1 курса:

Журкина А. О.

ИЯФит

г. Москва 2022

Введение

Позитронно-эмиссионная томография - эффективный и современный метод диагностики онкологических заболеваний. В современных ПЭТ-сканерах для регистрации аннигиляционных гамма-квантов от радиофармпрепарата, вводимого пациенту, используются тысячи сцинтилляционных элементов, от размера которых зависит пространственное разрешение и, в конечном итоге, четкость изображения изучаемого органа. Альтернативой большому количеству элементов ПЭТ является использование кристаллических пластин (monolithic detectors) с матрицами кремниевых фотоумножителей в качестве фотодетекторов.

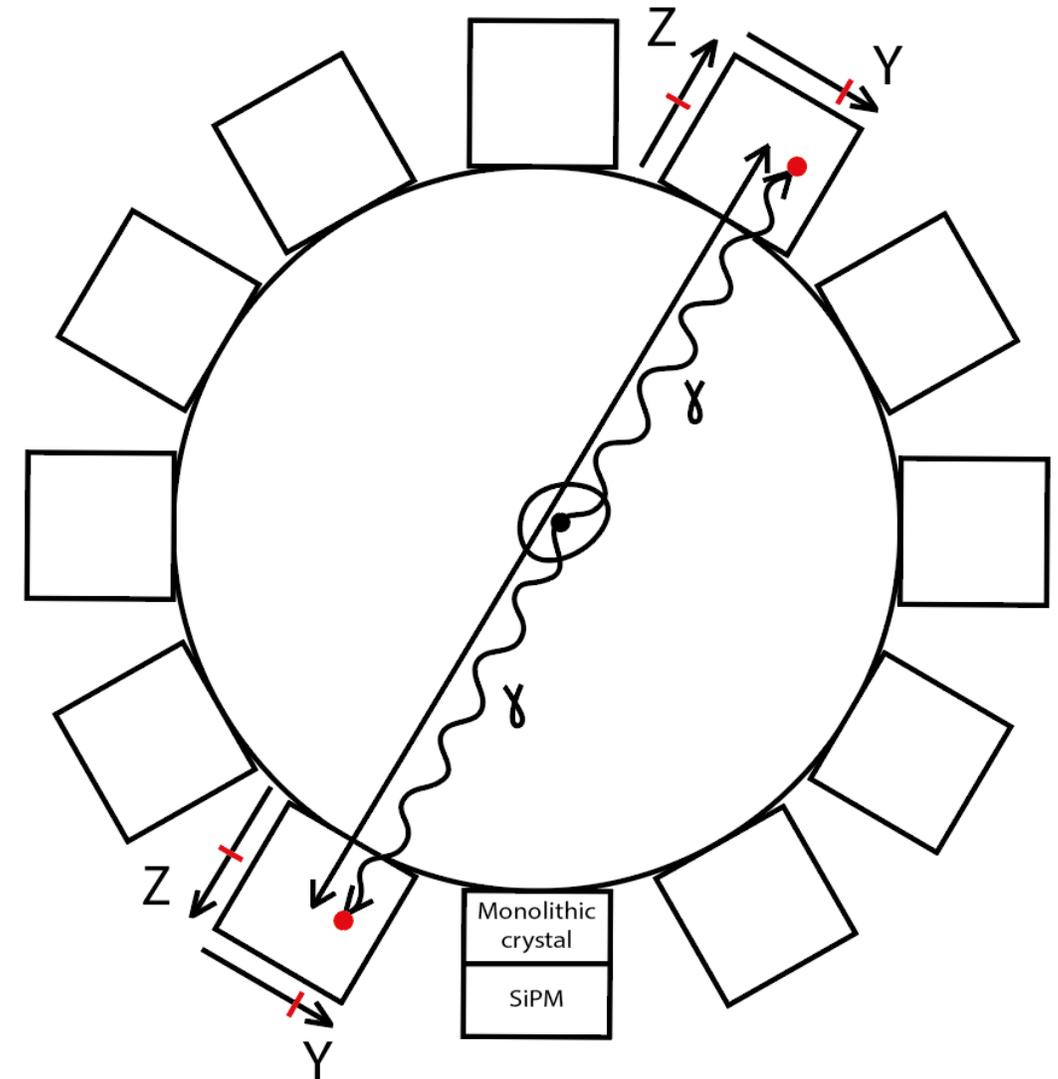


Рисунок 1 – Принципиальная схема ПЭТ

Цель

Разработать и охарактеризовать сцинтилляционный детектор на основе сцинтилляционного кристалла GAGG(Ce) и матрицы 4x4 кремниевых ФЭУ

Поставленные задачи

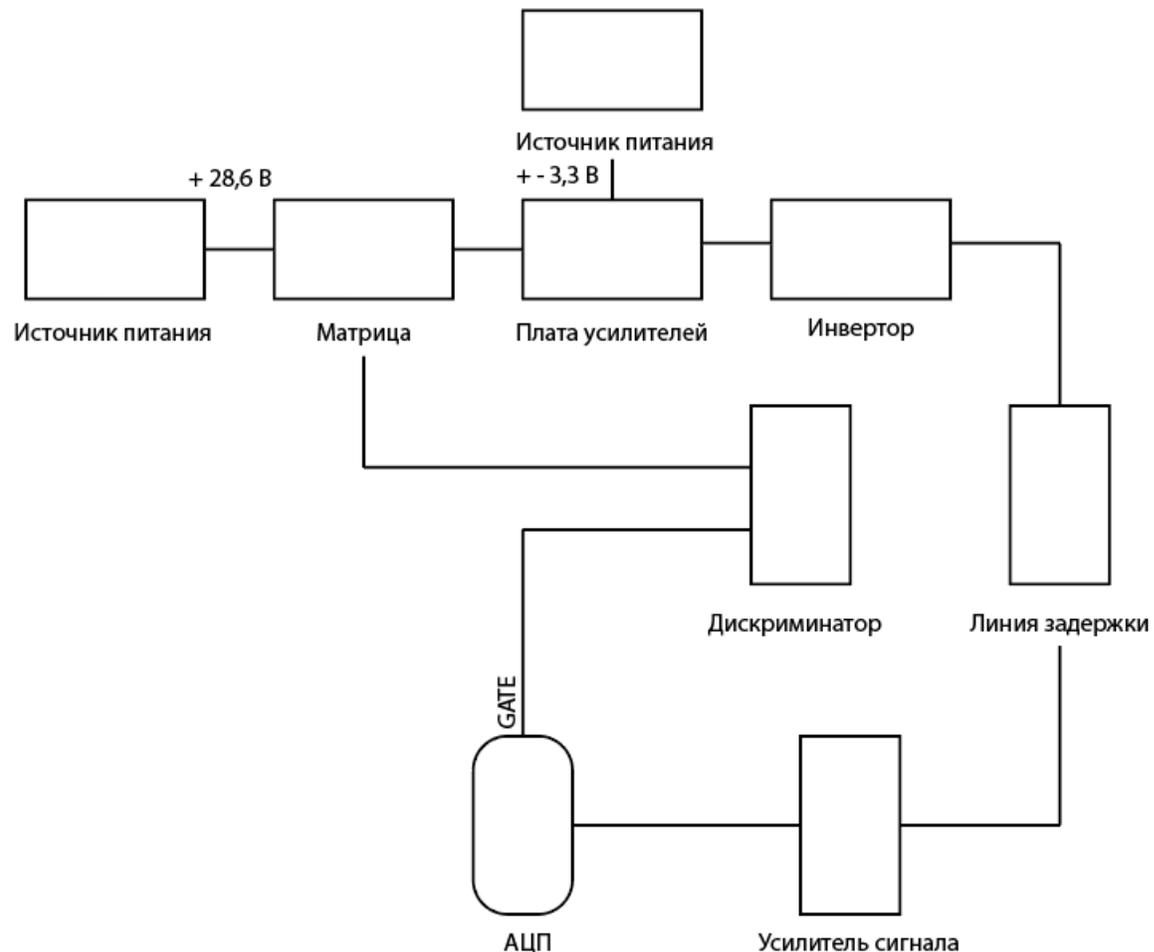
- Ознакомление с принципами работы электроники
- Изучение принципов работы и характеристик матрицы 4x4 кремниевых ФЭУ
- Проверка работоспособности необходимой аппаратуры посредством получения различных характерных спектров

Экспериментальная установка

Экспериментальная установка состоит из следующих элементов:

1. Источник питания
2. Матрица 4x4 кремниевых ФЭУ(SensL's SPMArray4)
3. Считывающая плата на 16 каналов
4. Монолитный сцинтилляционный кристалл GAGG(Ce)
5. Дискриминатор
6. Инвертор
7. Линия задержки
8. Усилитель сигнала
9. Аналого-цифровой преобразователь
10. Зарядово-цифровой преобразователь

Схема установки



Экспериментальная установка

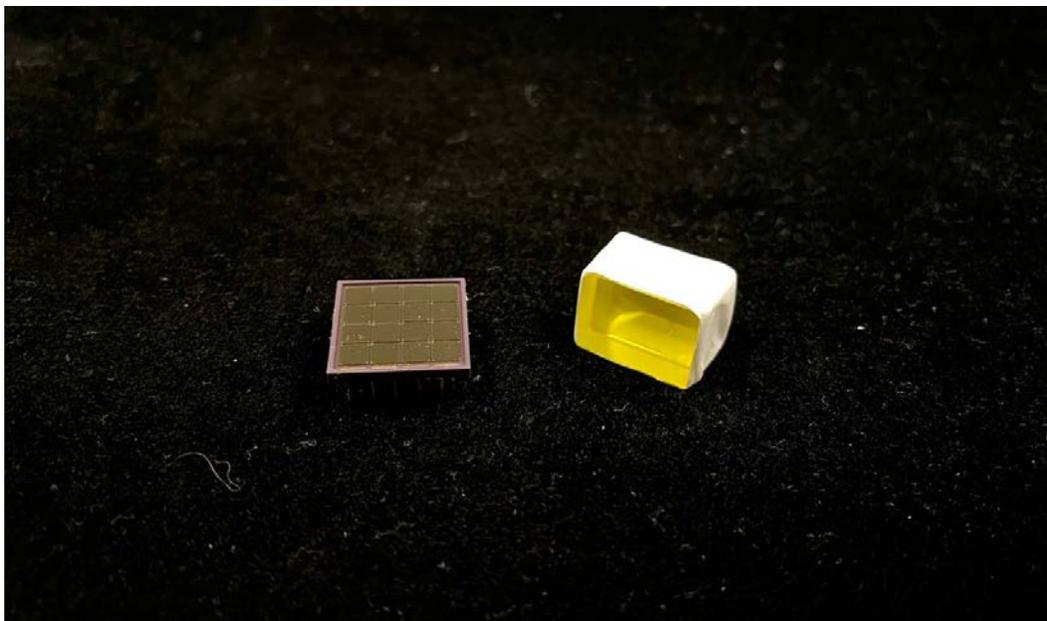


Рисунок 2 – Матрица SensL's SPMArray4 и монолитный сцинтилляционный кристалл GAGG(Ce)

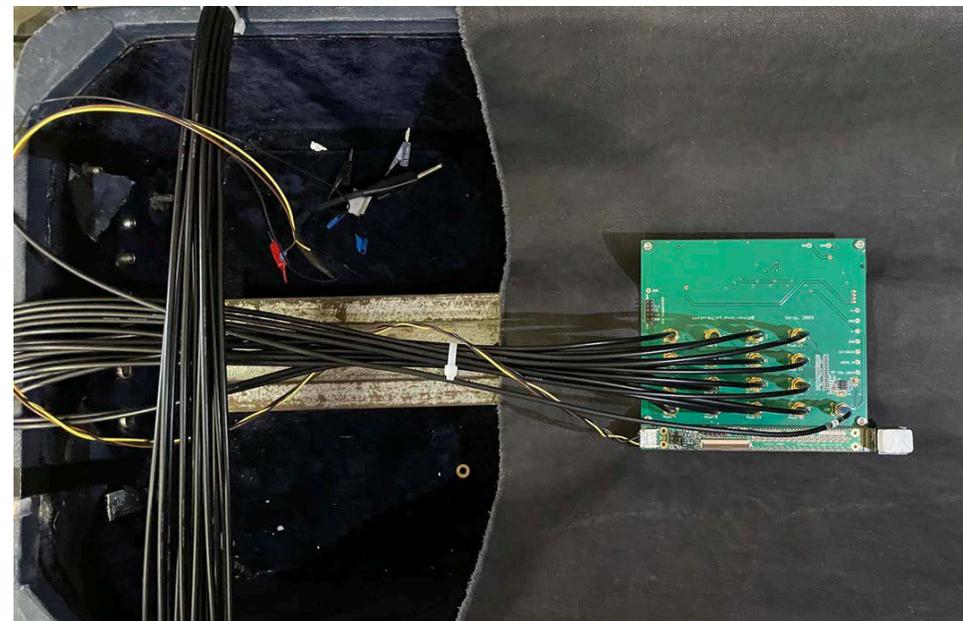


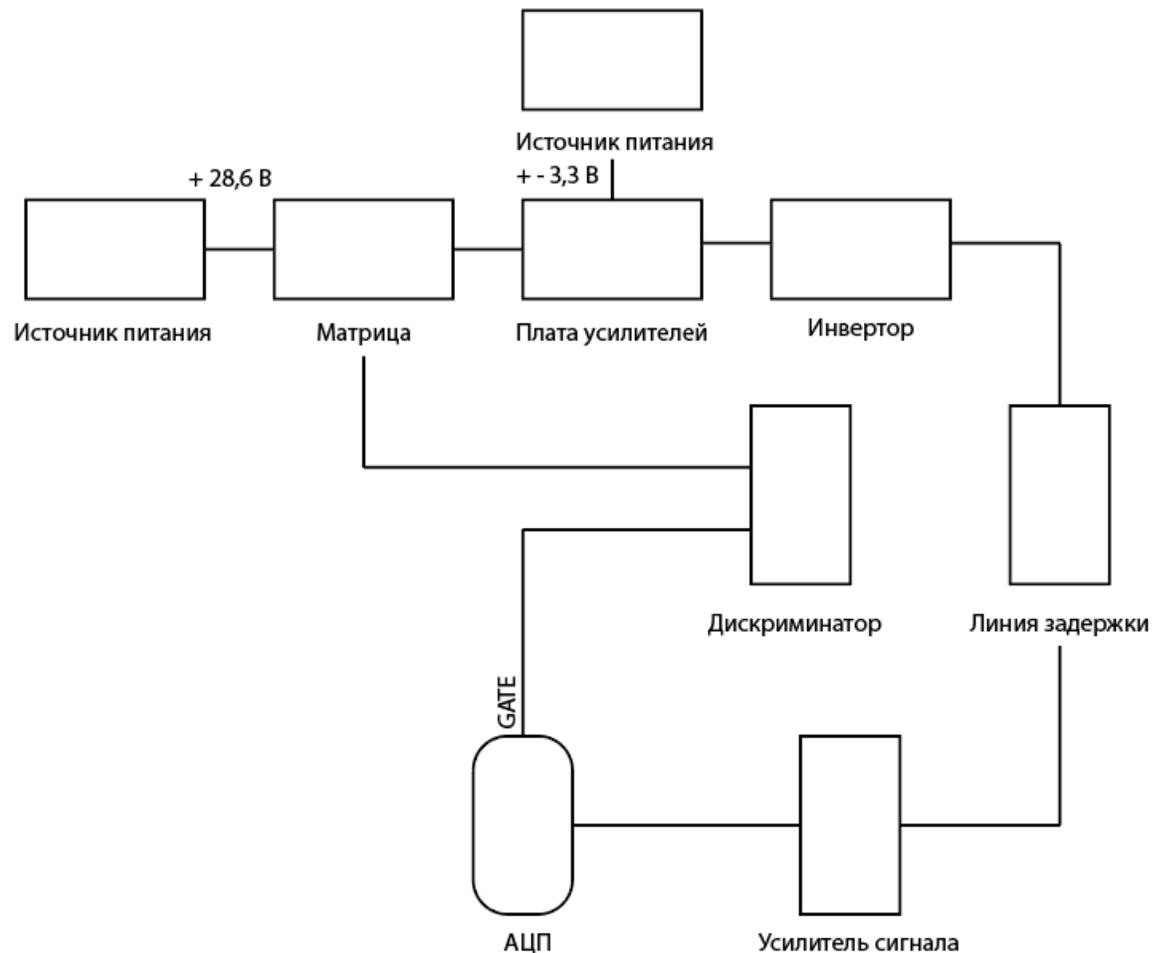
Рисунок 3 – Считывающая плата с установленной матрицей и сцинтилляционным

Экспериментальная установка

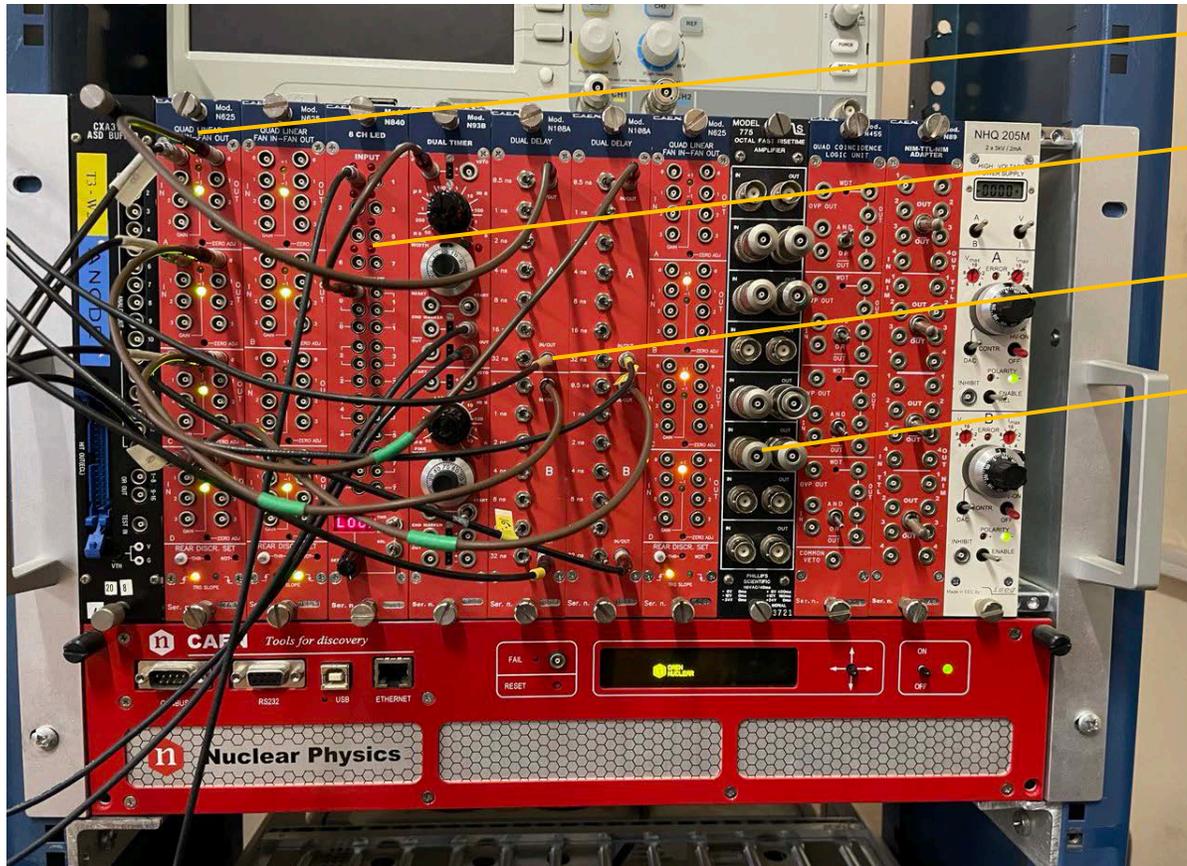
Экспериментальная установка состоит из следующих элементов:

1. Источник питания
2. Матрица 4x4 кремниевых ФЭУ(SensL's SPMArray4)
3. Считывающая плата на 16 каналов
4. Монолитный сцинтилляционный кристалл GAGG(Ce)
5. Дискриминатор
6. Инвертор
7. Линия задержки
8. Усилитель сигнала
9. Аналого-цифровой преобразователь
10. Зарядово-цифровой преобразователь

Схема установки



Экспериментальная установка



Инвертор

Дискриминатор

Линия задержки

Усилитель

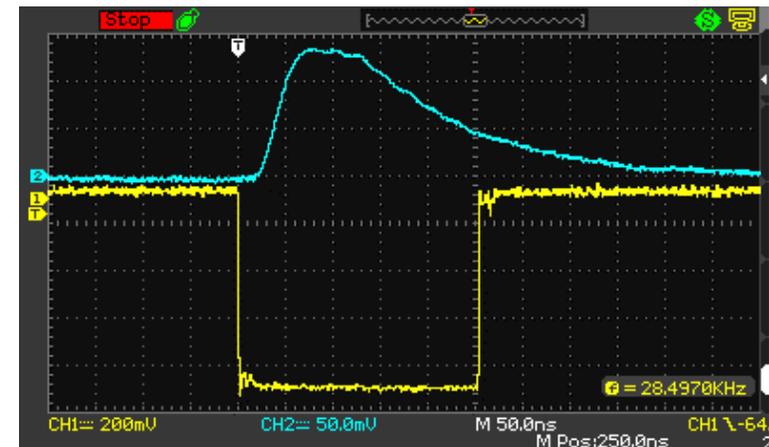


Рисунок 5 – Крейт NIM с установленными необходимыми для работы модулями

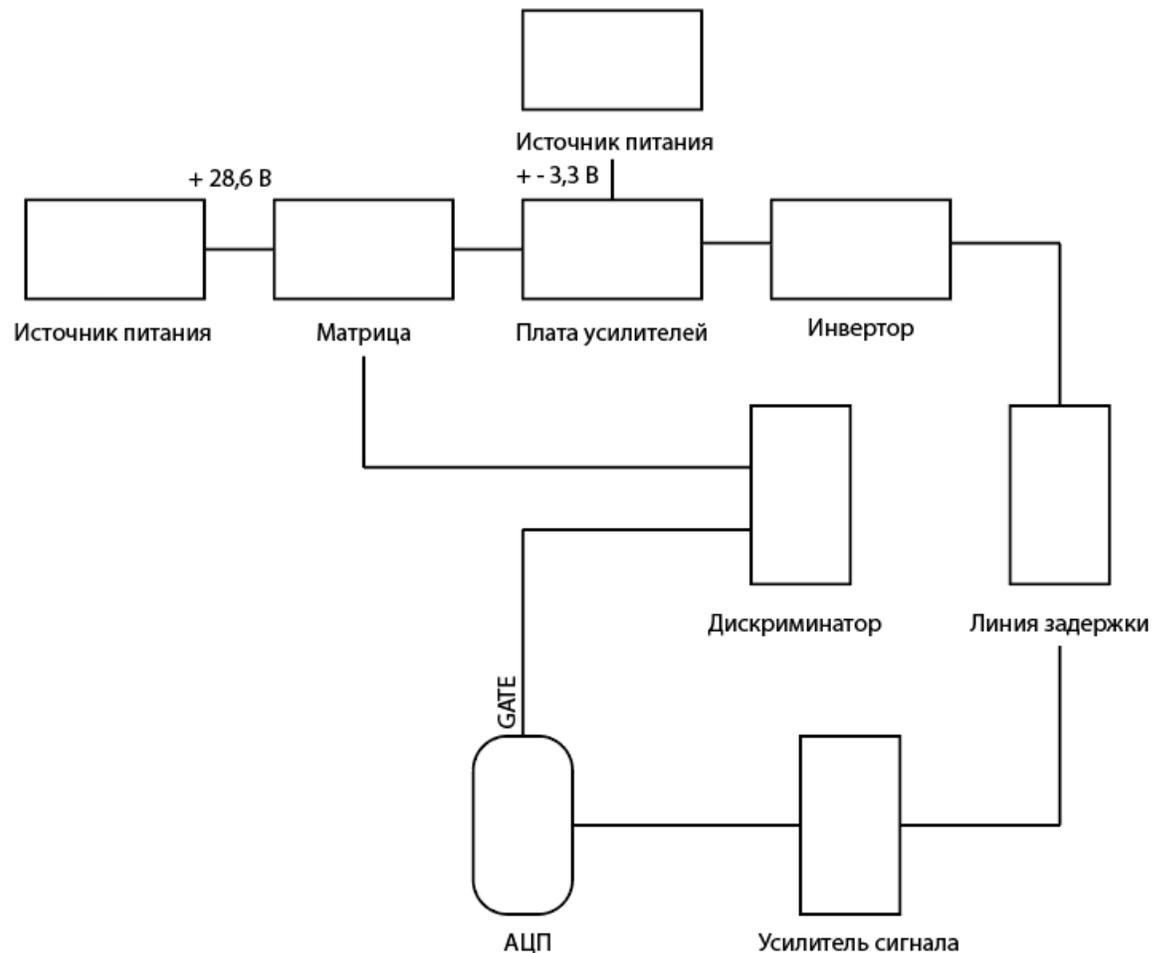
Рисунок 6 – Положение сигнала с одиночного канала(голубой) относительно сигнала с суммарного канала(желтый)

Экспериментальная установка

Экспериментальная установка состоит из следующих элементов:

1. Источник питания
2. Матрица 4x4 кремниевых ФЭУ(SensL's SPMArray4)
3. Считывающая плата на 16 каналов
4. Монолитный сцинтилляционный кристалл GAGG(Ce)
5. Дискриминатор
6. Инвертор
7. Линия задержки
8. Усилитель сигнала
9. Аналого-цифровой преобразователь
10. Зарядово-цифровой преобразователь

Схема установки



Экспериментальная установка



Зарядово – цифровой преобразователь

Аналого – цифровой преобразователь

Рисунок 4 - Крейт VME с установленными модулями ADC(АЦП) и QDC(ЗЦП)

Проведенная работа

- Получены осциллограммы для одного из каналов и суммарного канала матрицы
- Набраны и построены спектры и пьедесталы с одного из каналов и суммарного канала матрицы
- Рассчитано относительное разрешение матрицы с учетом пьедестала
- Проверена работа АЦП
- Сняты спектры с одного из каналов и суммарного канала матрицы
- Проверена работа ЗЦП
- Сняты зарядовые спектры с одного из каналов и суммарного канала матрицы

Представление результатов

Схема установки

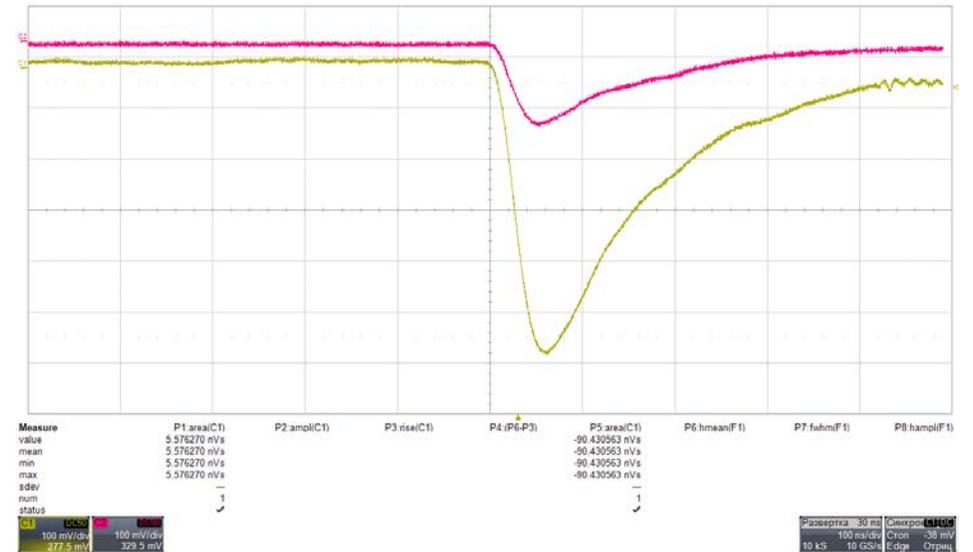
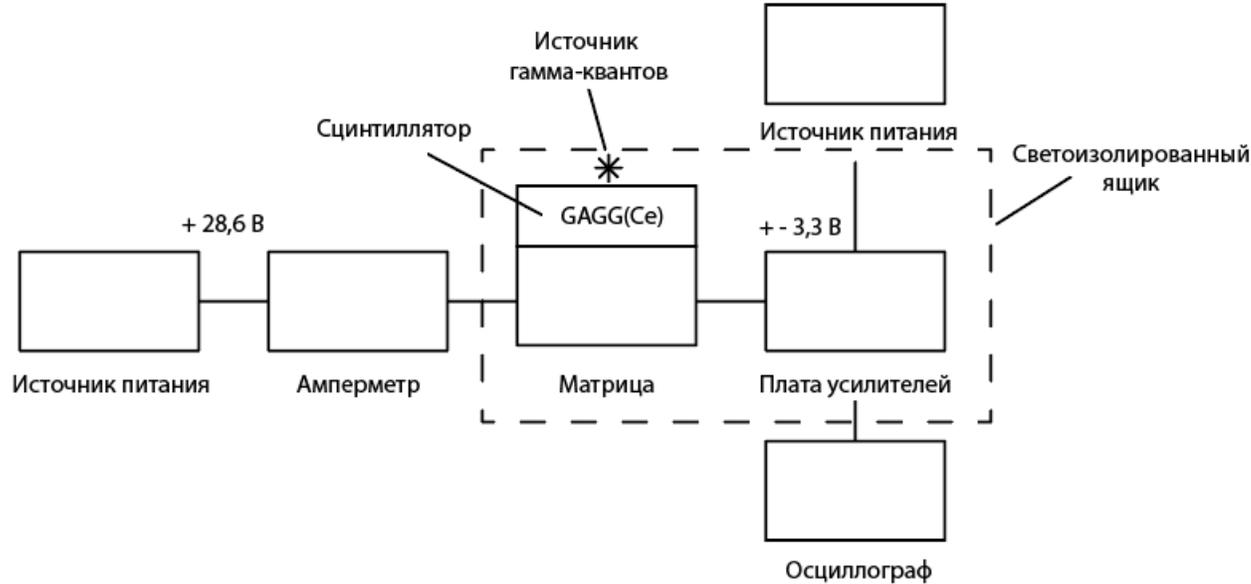


Рисунок 8 - Осциллограмма одного из каналов матрицы(розовый) и суммарного(желтый) канала матрицы

Представление результатов

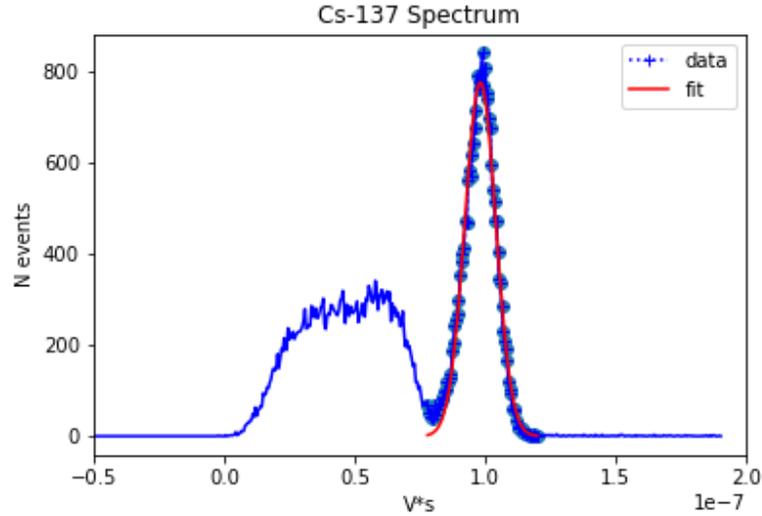


Рисунок 9 – Спектр Цезия-137 снятый с 6 канала матрицы

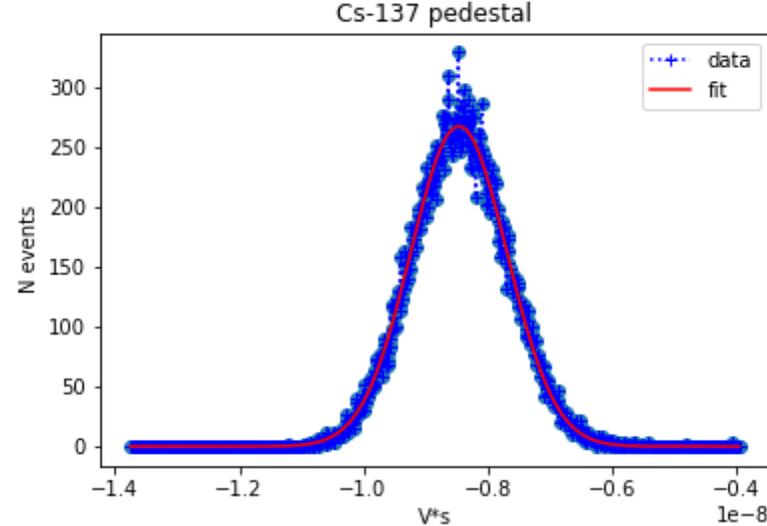


Рисунок 10 – Пьедестал снятый с 6 канала матрицы

Рассчитанное относительное разрешение:

$$\delta \approx 14\%$$

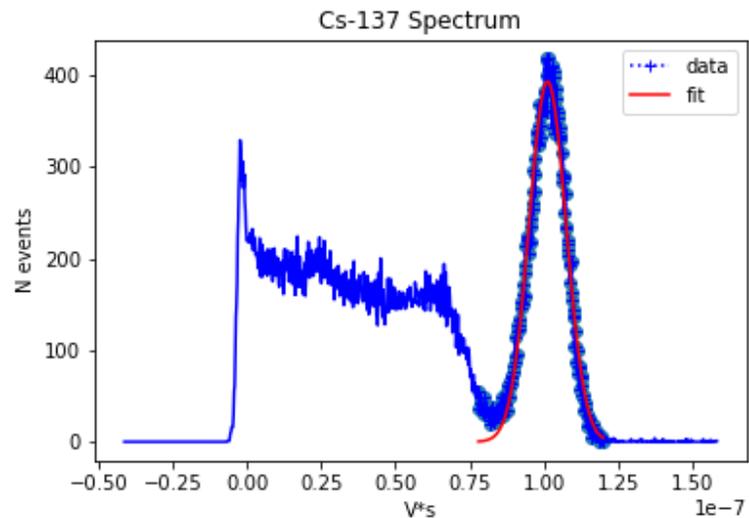


Рисунок 11 – Спектр Цезия-137 снятый с суммарного канала матрицы

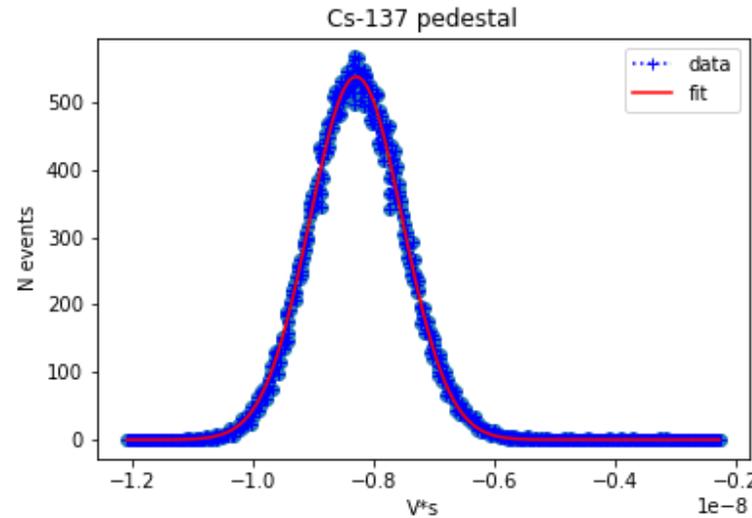


Рисунок 12 – Пьедестал снятый с суммарного канала матрицы

Собственное разрешение:

$$\delta = 6\% (662 \text{ кэВ})$$

Представление результатов

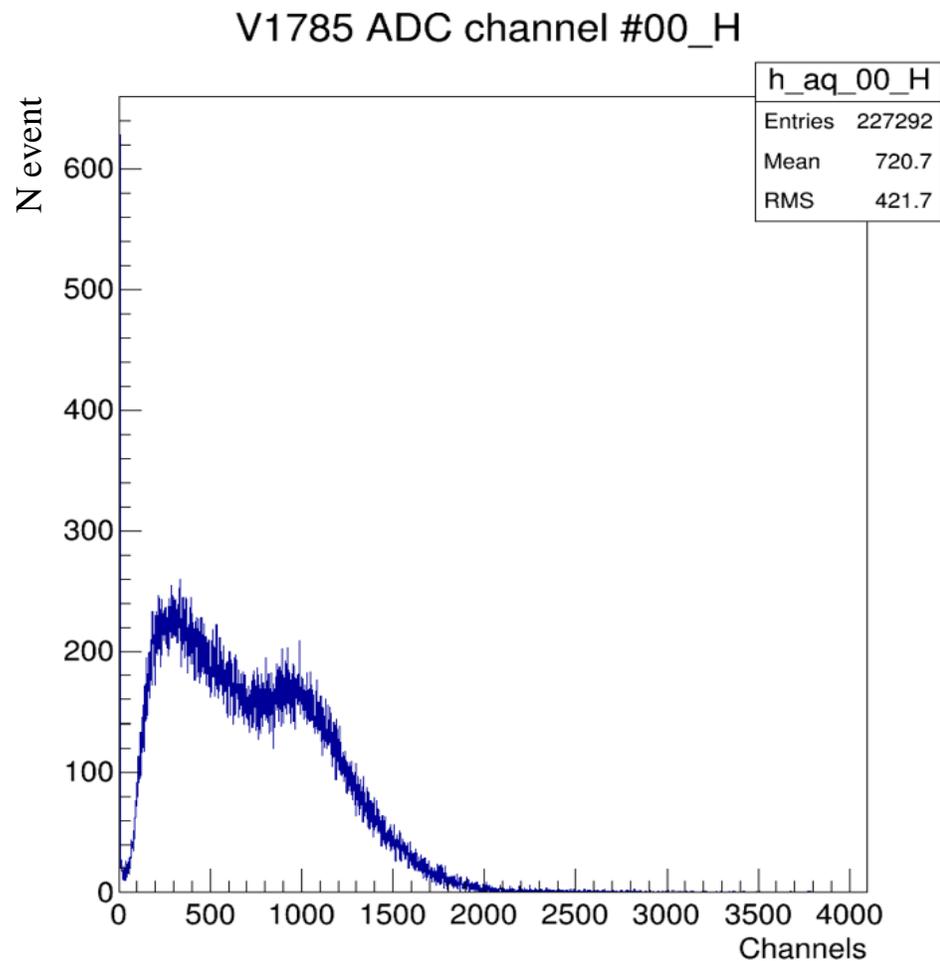


Рисунок 13 – Амплитудный спектр Цезия-137 снятый с 0 канала матрицы

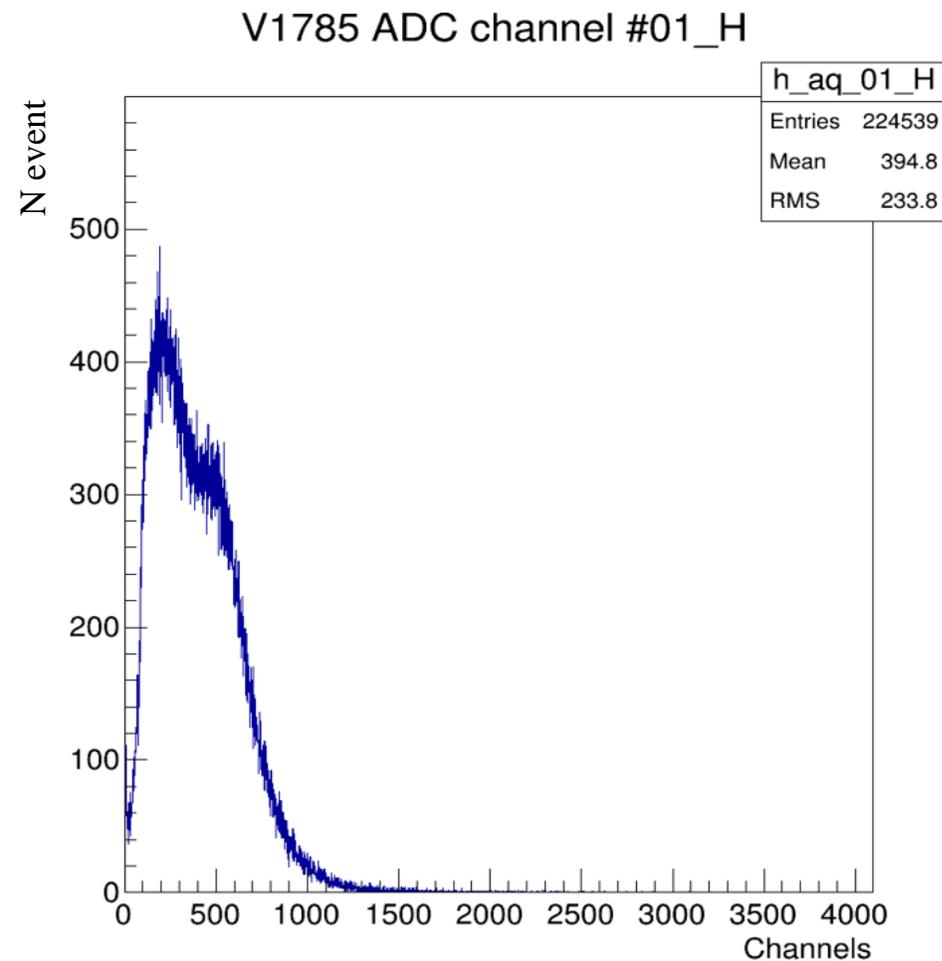


Рисунок 14 – Амплитудный спектр Цезия-137 снятый с 1 канала матрицы

Представление результатов

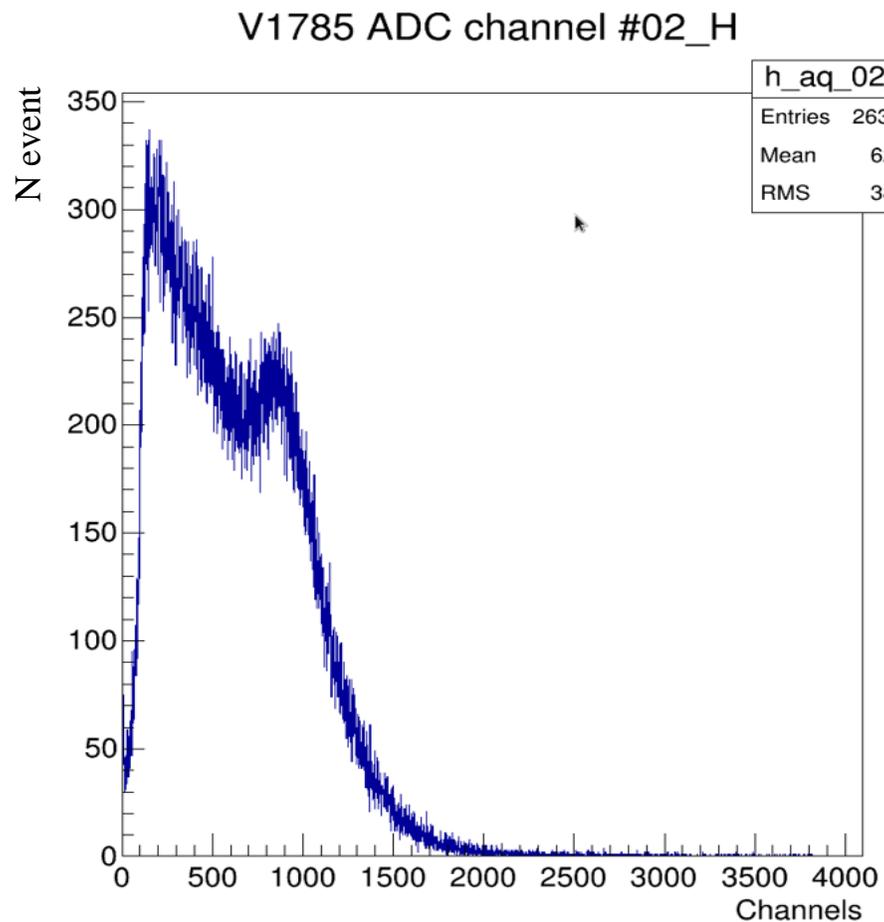


Рисунок 15 – Амплитудный спектр Цезия-137 снятый с 2 канала матрицы

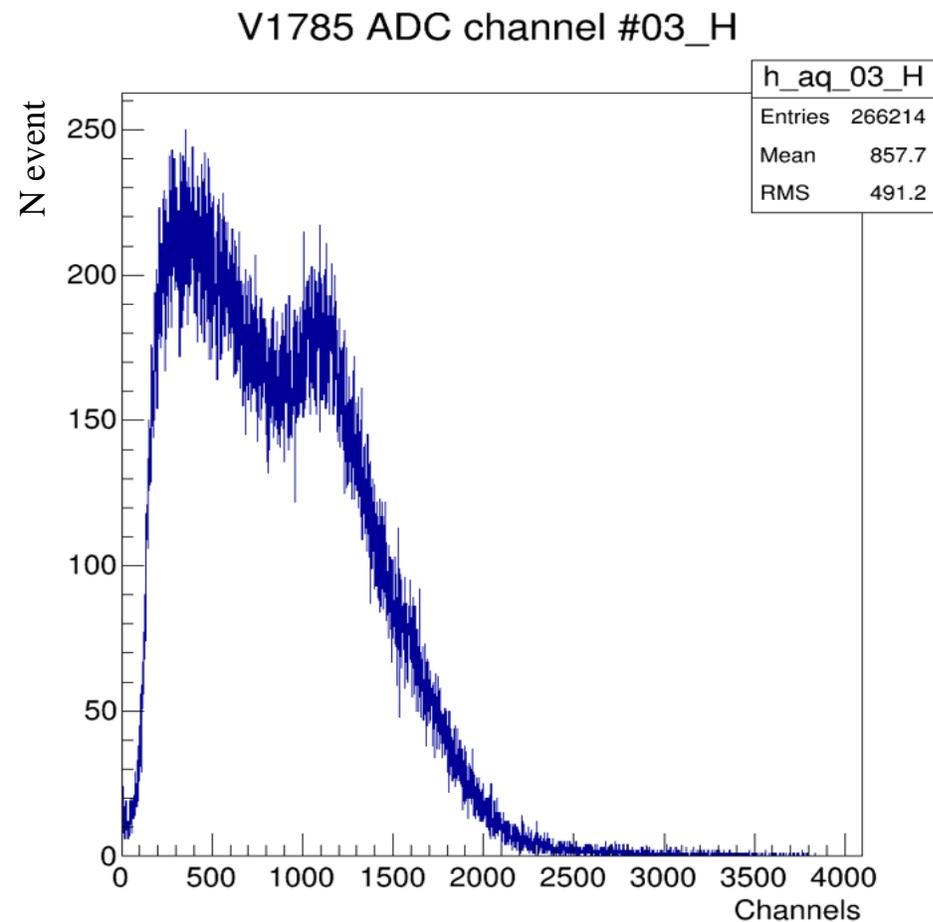


Рисунок 16 – Амплитудный спектр Цезия-137 снятый с 3 канала матрицы

Представление результатов

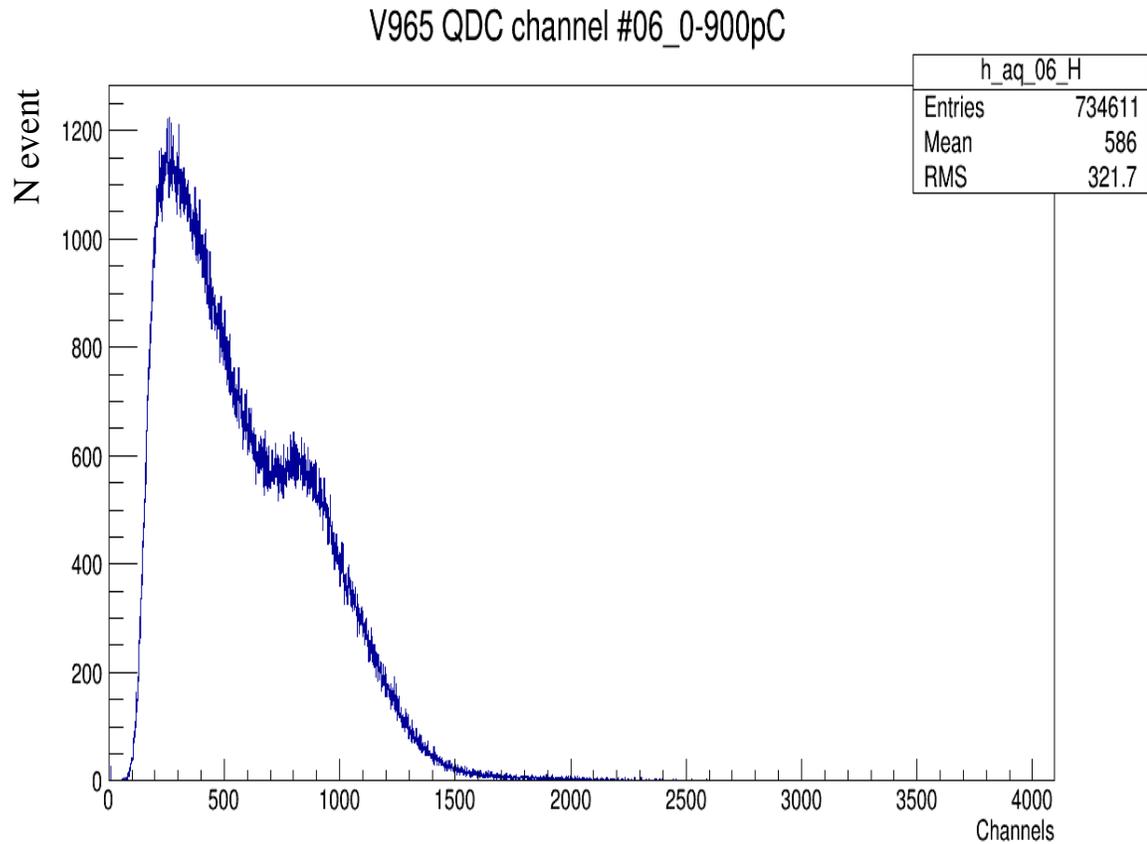


Рисунок 17 – Зарядовый спектр Цезия-137 снятый с 6 канала матрицы

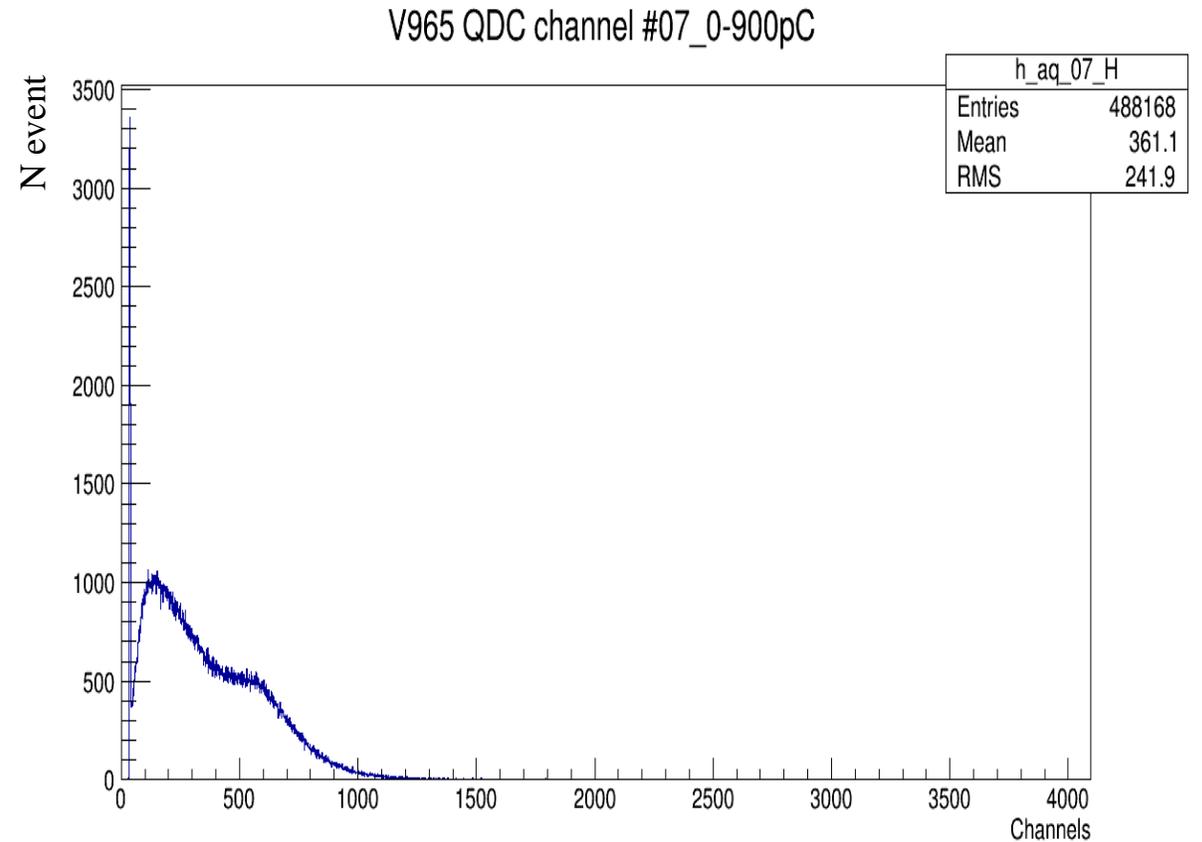


Рисунок 18 – Зарядовый спектр Цезия-137 снятый с 7 канала матрицы

Заключение

- Запущена матрица SensL's SPMArray4 : сняты осциллограммы и спектры для одного из каналов и суммарного канала матрицы;
- Рассчитано относительное разрешение матрицы:

$$\delta \approx 14\%$$

- Собрана установка для работы с 16 каналами матрицы одновременно: полученные на АЦП и ЗЦП спектры идентичны, что подтверждает возможность работы в выбранном режиме

Спасибо за внимание!