

Автоматическая настройка параметров SiPM для сцинтилляционного гадоскопа с использованием атмосферных мюонов

И. С. Шерстяных

НИЯУ МИФИ

Москва, 2025

Научный руководитель: П. А. Семёнов, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник НИЦ КИ-ИФВЭ

- В эксперименте **SPASCHARM** гадоскоп используется как профилометр пучка.
- Отклик многоканального детектора должен быть **однородным и стабильным**.
- Для каждого SiPM важны два параметра:
 - напряжение смещения V_{bias} ;
 - порог дискриминации V_{thr} .
- Ручная настройка десятков/сотен каналов: **долго, ошибкоопасно**, плохо масштабируется.

Цель: разработать программно-аппаратный комплекс и методику **автоматической настройки** V_{bias} и V_{thr} для SiPM гаммоскопа, используя **атмосферные мюоны** как доступный стабильный источник.

Идея:

- автоматически сканировать параметры;
- измерять скорость счёта/совпадения;
- выбирать рабочую область по критерию **подавления шума** при сохранении **мюонного сигнала**.

Инструментарий (что сделали)

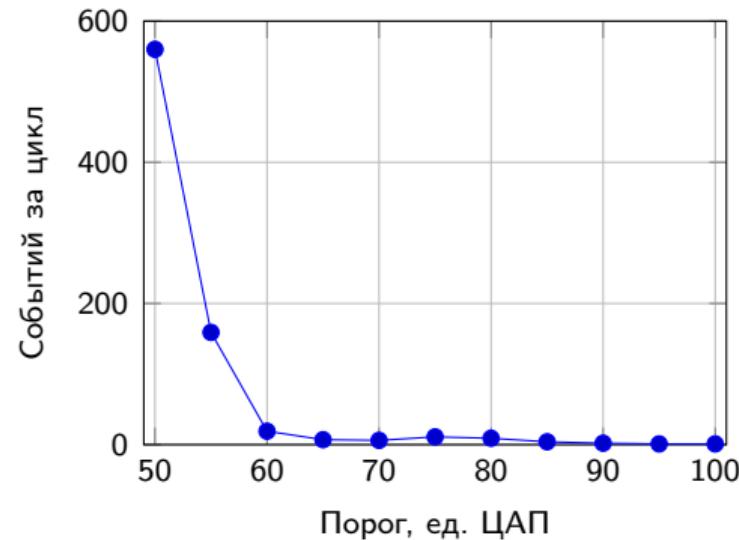
- ПО управления питанием гамма-спектрометра по Modbus RTU (Python).
- ПО чтения и первичного анализа данных (NumPy/pandas/Matplotlib).
- Подготовлены алгоритмы автономной настройки:
 - анализ формы зависимости $N(V_{bias})$;
 - использование **совпадений соседних каналов** для подавления случайных срабатываний;
 - установка V_{thr} по «плато» мюонных событий.

Выход: один скрипт запускает цикл «установка параметров → набор → обработка → решение».

Тест: скорость счёта vs порог дискриминации

Для тестового канала при фиксированном V_{bias}
измерена зависимость количества событий за цикл от
порога (ед. ЦАП):

V_{thr}	N (за цикл)
50	560
55	159
60	19
65	7
70	6
75	11
80	9
85	4
90	2
95	1
100	1



Интерпретация результата

- При низких порогах (50–55) скорость счёта высокая: **сигнал + шум**.
- При $V_{\text{thr}} \approx 60$ происходит **резкое падение** (примерно в 28 раз от пика) — переход в область эффективного подавления шумов.
- При порогах > 60 счёт **стабилизируется** на уровне $\sim 10\text{--}20$ событий/цикл: преобладают **мюонные события**.

Предварительный оптимум:

$$V_{\text{thr}}^{\text{opt}} = 60 \text{ ед. ЦАП},$$

при этом отношение сигнал/шум улучшается примерно в ~ 30 раз относительно 50 ед. ЦАП.

Как будет выглядеть полный автоматический цикл

- ① Проверка связи с оборудованием (Modbus RTU), стартовые параметры.
- ② Сканирование V_{bias} в выбранном диапазоне, на каждом шаге:
 - набор данных;
 - расчёт N и/или совпадений соседних каналов.
- ③ Выбор рабочей области V_{bias} по форме $N(V_{bias})$ (плато/стабилизация).
- ④ Настройка порога V_{thr} на «мюонном плато» (как показано выше).
- ⑤ Сохранение параметров + протокол измерений (для воспроизводимости).

- Создан инструментарий для **автоматического управления** параметрами гамма-спектрометра и анализа данных.
- Экспериментально показано, что атмосферные мюоны подходят для настройки SiPM: получена характерная зависимость $N(V_{thr})$ и выделена рабочая область.
- Предварительно определён оптимальный порог:

$$V_{thr}^{\text{opt}} \approx 60 \text{ ед. ЦАП.}$$

- Подготовлен план масштабирования на все группы каналов гамма-спектрометра.

Спасибо! Вопросы?

Резерв: пример операции записи по Modbus (фрагмент)

```
from pymodbus.client.serial import ModbusSerialClient

client = ModbusSerialClient(method='rtu', port='/dev/ttyUSB0',
                             baudrate=9600, bytesize=8,
                             parity='N', stopbits=1, timeout=1)
client.connect()
response = client.write_register(address=REGISTER, value=VALUE, slave=DEVICE)
client.close()
```