Разработка быстрого алгоритма цифровой обработки сигнала с фотонного спектрометра PHOS эксперимента ALICE

• Научный Руководитель: Блау Д.С., Кандидат Ф.-М. наук

Студент: Бахтин Павел Андреевич

Цель работы: построение алгоритма быстрого фитирования гистограмм регистрации гамма-квантов на спектрометре PHOS, в эксперименте ALICE. Описание формы сигнала

- Согласно [1] в общем случае сигнал описывается рядом по системе полугауссовых функций, и с хорошим приближением можно считать сигнал имеющим вид:
- A*(T-T0)*(T-T0)*Exp(-bT);
- Гистограмма считается заполненной округлёнными вниз значениями функции в середине бина.

Формулировка задачи (полная)

- По гистограмме, восстановить функцию определённого вида.
- Время работы не больше 300 тактов процессора, Т3
- Точность определения амплитуды 0,2-0,5 отсчётов, ТЗ
- Шкала для амплитуд 1024 отсчёта, 1 отсчёт 5 Мэв
- Точность вычисления времени регистрации 0,005 отсчётов, 500 пикосекунд, 1 отсчёт = 100 наносекунд, Т3

Свойства функции фитирования

- Сама функция имеет 3 собственных параметра, на основании которых вычисляется: A*(T-T0)*(T-T0)*Exp(-bT);
- Важную роль играет время максимума сигнала Ттах.
- Формула, связывающая значение координаты вершины максвелловской функции и её экспоненциальный показатель: b = 2/(Tmax Tmin);
- Амплитуда сигнала же вычисляется как:
 Ampl = A*(Tmax-T0)*(Tmax-T0)*exp(-2*Tmax/(Tmax-Tmin));
- Tmax вернее, область, фитирование параболой гистограммы в которой позволяет вычислить этот параметр однозначно, вычисляется в один цикл. Для вычисления этого параметра используется одно вспомогательное фитирование параболой методом наименьших квадратов.

Предложенный алгоритм

- Тогда работа алгоритма представляется в виде двух частей: получение амплитуды и значения временной координаты максимума функции и затем поиск времени регистрации сигнала путём подбора такого значения, чтобы функционал суммы квадратов расстояний по всем содержательным бинам гистограммы был минимален.
- Первая задача сводится к подбору точек в окрестности вершины параболы. По умолчанию, они выбираются следующим образом точек слева от первой точки максимума, все точки максимума между первой и последней, и ещё 5 точек справа.

Ограничения предложенного алгоритма

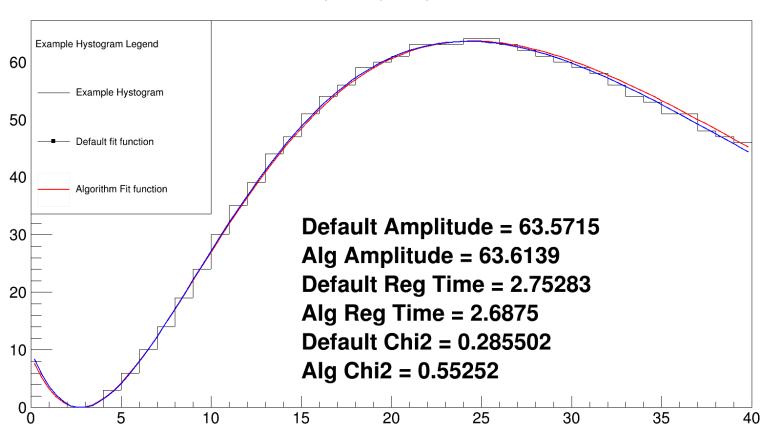
- Существуют гистограммы, форма которых очень плохо подходит для этого метода. Особенно плохо фитируются:
- 1. Гистограммы с переполнением
- 2. Гистограммы с выбросом перед вершиной
- Обе принципиально не поддаются коррекции в рамках этого алгоритма фитирования, необходим переход к другим методам.

Метод исследования качества работы алгоритма

- Для исследования качества работы использовались несколько наборов данных:
- 700 гистограмм с эксперимента (Выборка 2)
- 5000 генерированных гистограмм функции нужного вида с моделированными случайными отклонениями (Выборка 1)

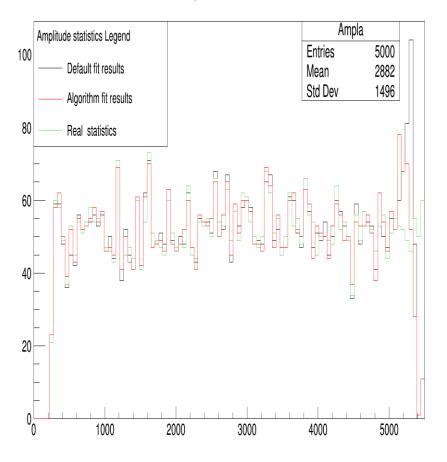
Пример работы

Example Hystogram 207

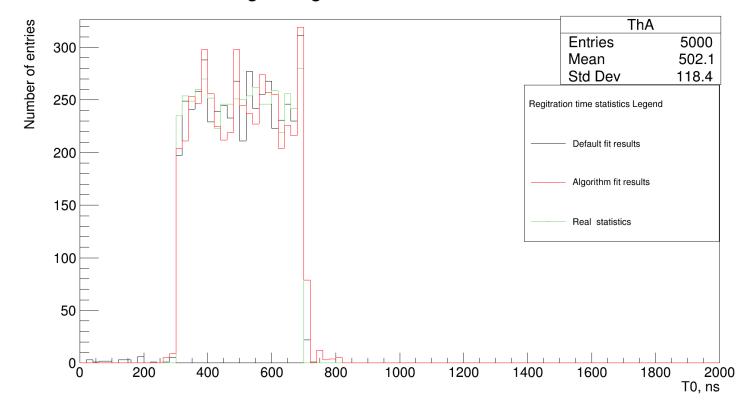


Выборка 1: статистика параметров

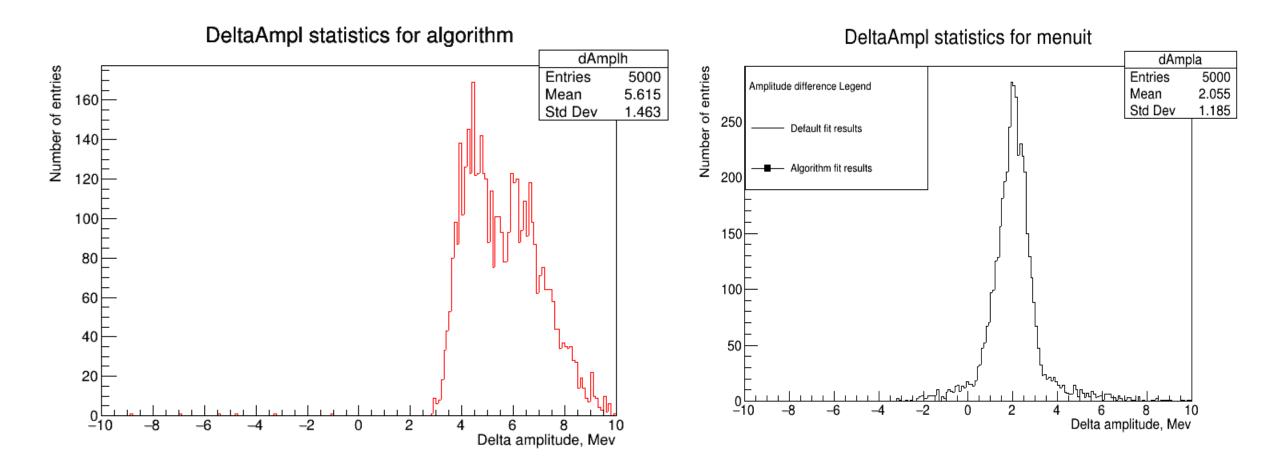




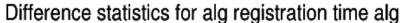
Signal registration time statistics auto

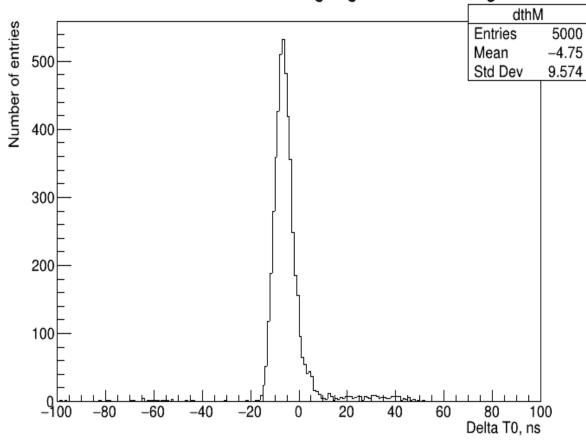


Выборка 1: разность определения параметров разными методами

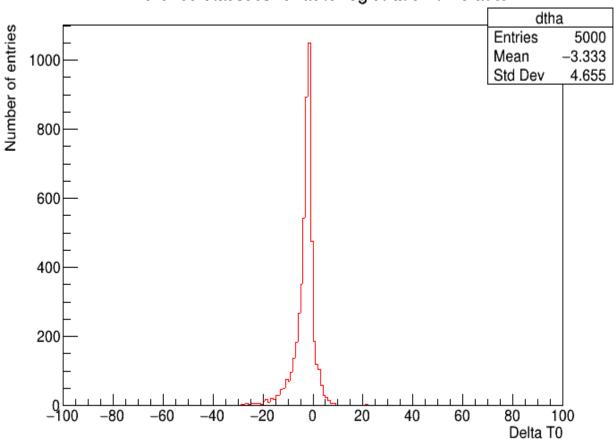


Выборка 1: разность определения параметров разными методами

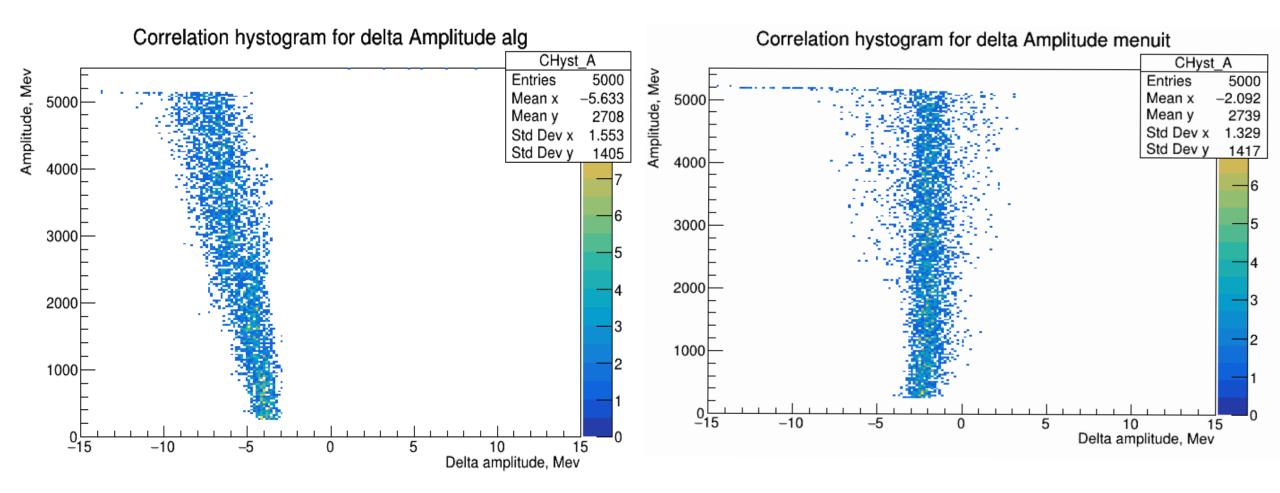




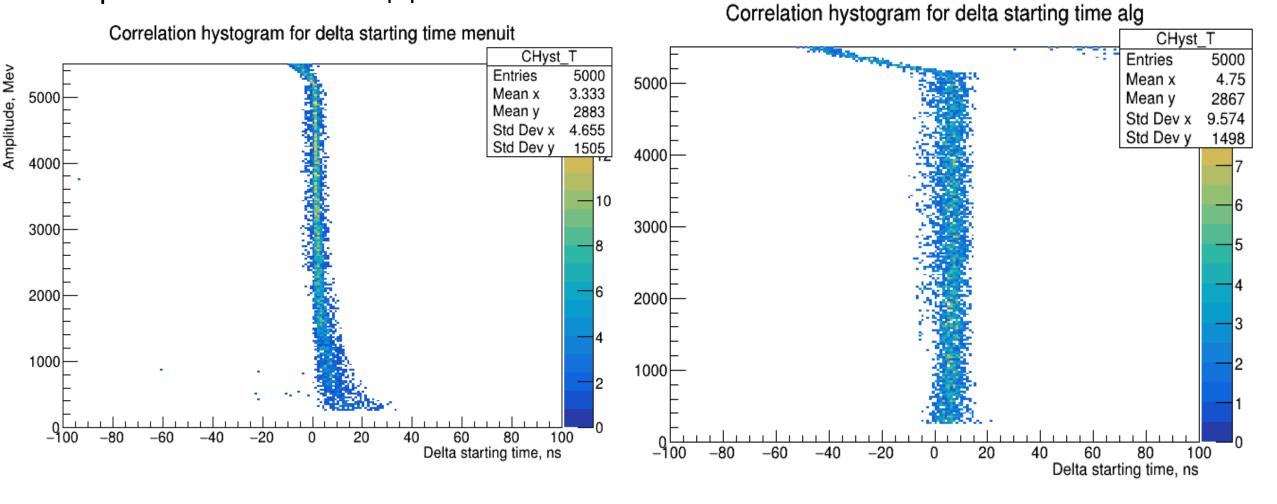
Difference statistics for auto registration time auto



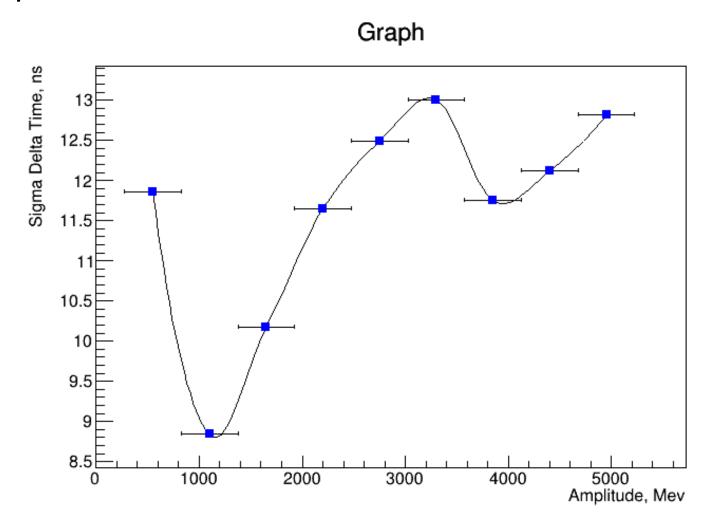
Выборка 1: гистограммы корреляции разности амплитуд с амплитудой разными методами



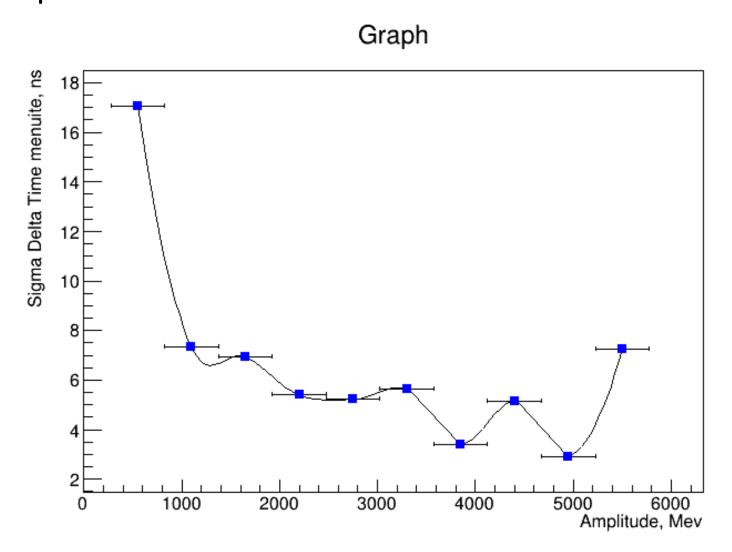
Выборка 1: гистограммы корреляции разности времени регистрации сигнала с амплитудой разными методами



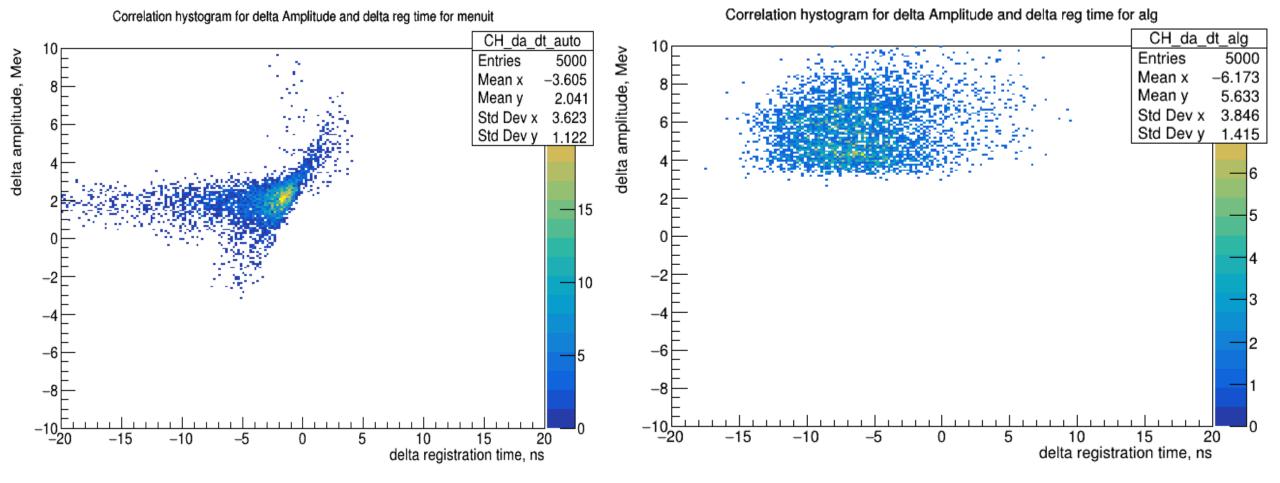
Зависимость временного разрешения от амплитуды сигнала для построенного алгоритма на выборке 1



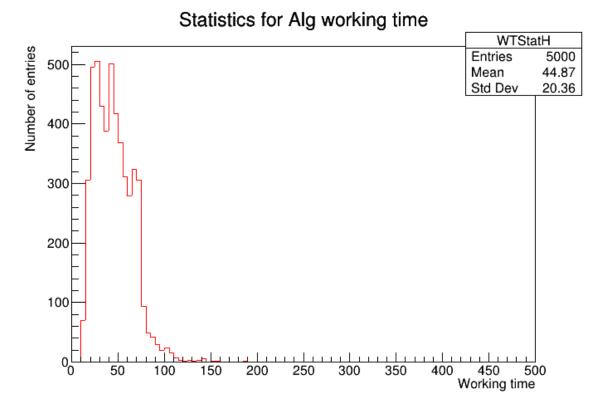
Зависимость временного разрешения от амплитуды сигнала для встроенного алгоритма на выборке 1

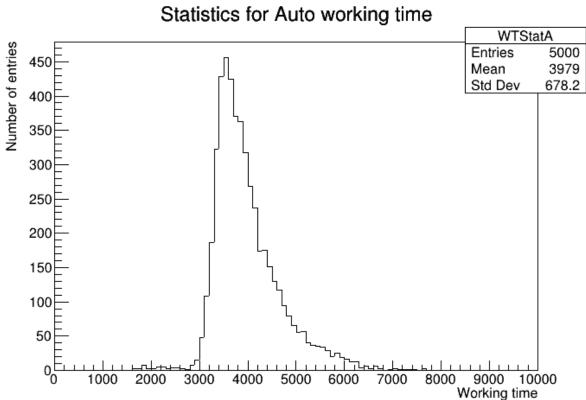


Выборка 1: корреляция ошибок определения параметров



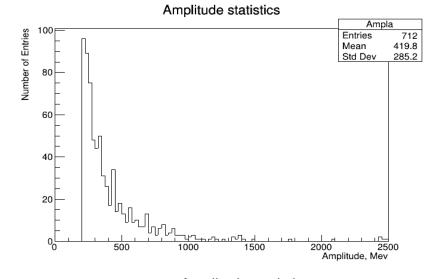
Время работы алгоритма – выборка 1

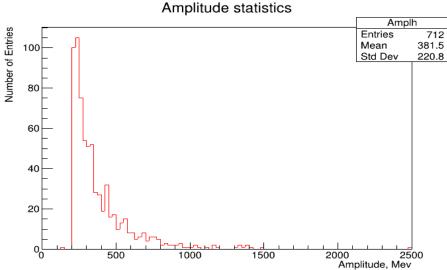


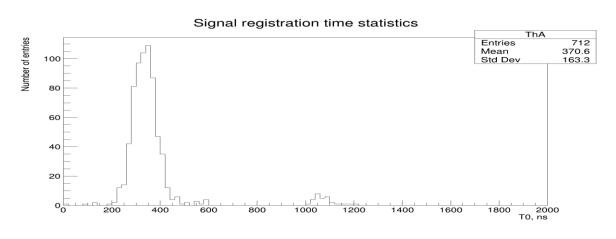


Статистика независимых параметров 1 — выборка 2

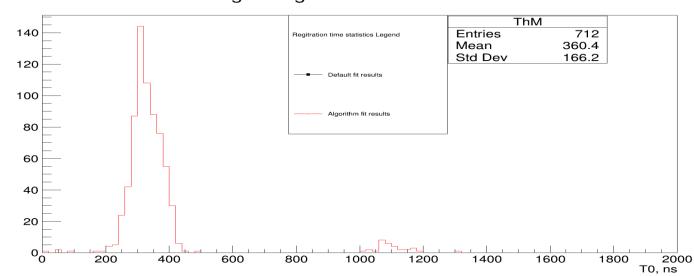
Number of entries



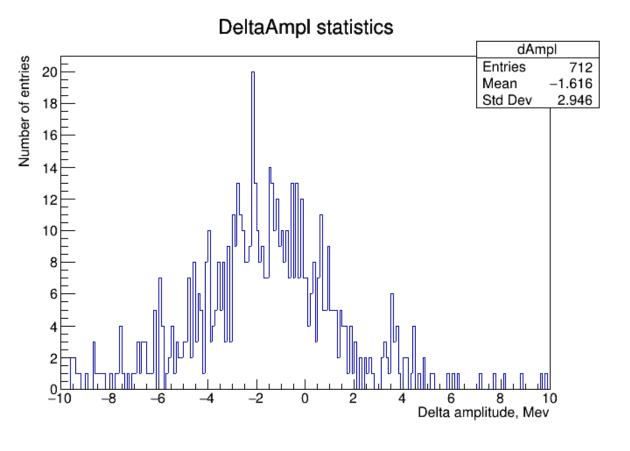




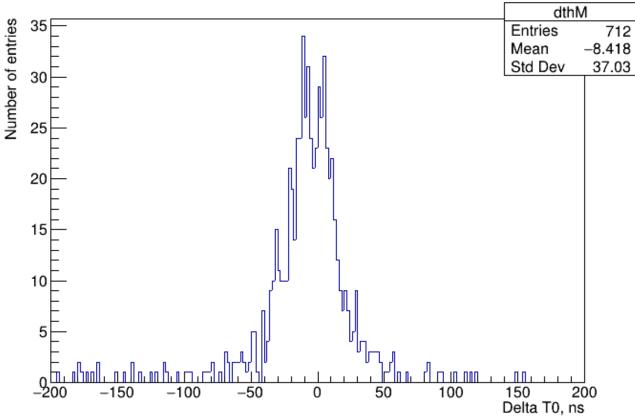




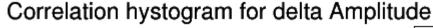
Статистика разностей параметров 2 – выборка 2

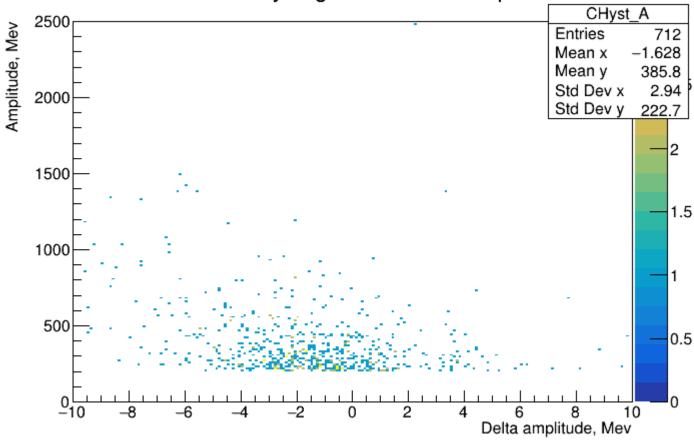


Difference statistics for registration time

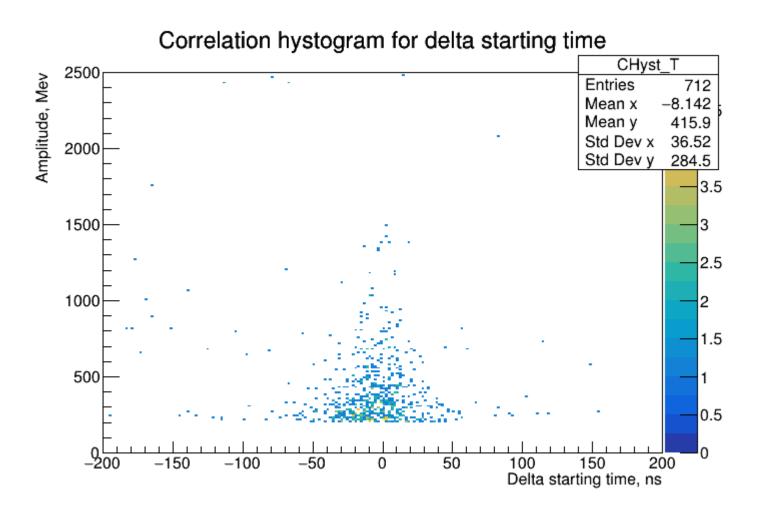


Корреляции разностей амплитуды — от амплитуды, выборка 2

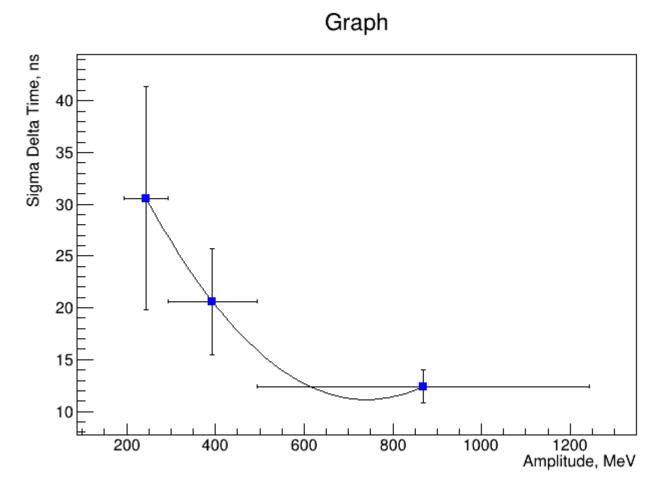




Корреляция амплитуды и разности времён регистрации, выборка 2

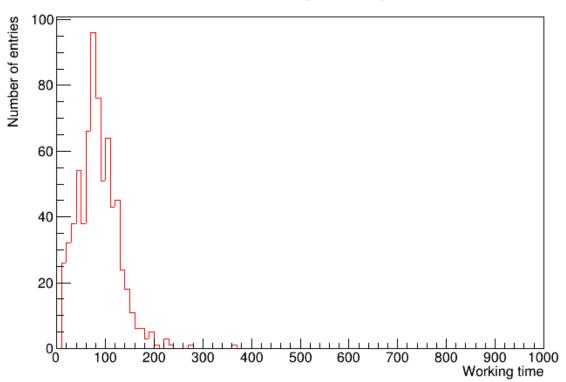


Разрешение времени регистрации сигнала в зависимости от амплитуды его регистрации — выборка 2

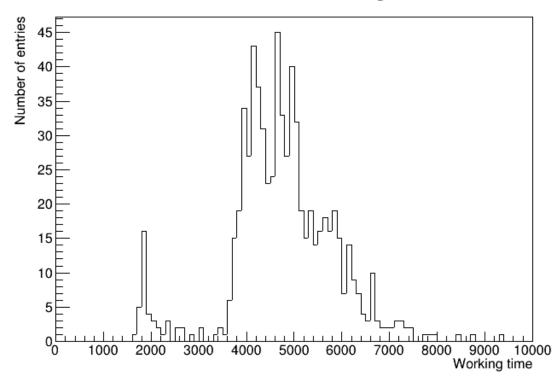


Скорость работы построенного алгоритма – выборка 2





Statistics for Auto working time



Выводы и итоги

Результат: построен более быстрый метод фитирования, позволяющий на порядок (25 раз) увеличить скорость работы. Ошибка обоих методов для сгенерированного сигнала одного порядка, на один порядок больше желаемой ошибки амплитуды (единицы МЭВ). Порядок ошибки вычисления времени регистрации сигнала — единицы наносекунд (3 нс). Ошибки определения параметров - не скоррелированы, присутствует линейная зависимость отклонения амплитуды от амплитуды - т. е. Относительное отклонение постоянно. Требуется создание альтернативного алгоритма для переполненных гистограмм, совершенствование генерации гистограмм путем добавления создания паразитных функций дополнительно к шуму.

Спасибо за внимание!

• Используемые ссылки: