

Построение алгоритма быстрого фитирования
гистограмм, близких
к максвелловским функциям

Научный Руководитель: Блау Д.С., Кандидат Ф.-М. наук
Студент: Бахтин Павел Андреевич

Введение

- Эксперимент ALICE: ускорение и столкновение тяжёлых заряженных частиц (P-P, Pb-Pb, P-Pb).
- Для того, чтобы получить информацию о столкновении – регистрация детекторами частиц. В том числе, фотонов, с помощью PHOS – фотонного спектрометра, на основе PbWO₄
- Электромагнитный ливень (Каскадный процесс). Ливень – теряет энергию и высвечивается.
- Свет – в электрический сигнал, предусилитель, формирователь.
- Один такт работы АЦП – 100 наносекунд, сигнал состоит из 40 сэмплов.
- 10 битов – размер значения амплитуды. Два режима работы – Low Gain, до 80 ГэВ, и High Gain, до 5 ГэВ.

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

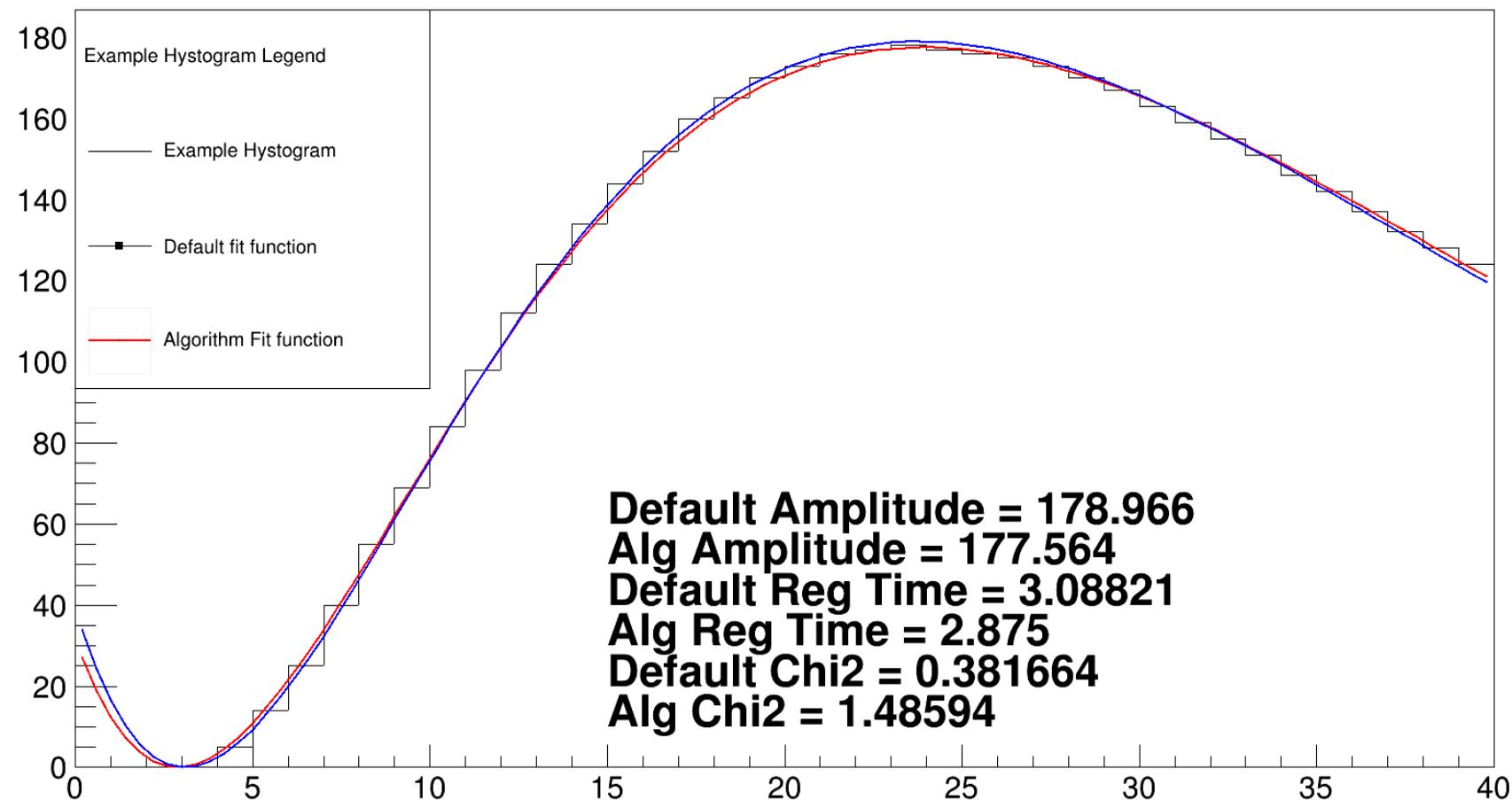
- В общем случае, сигнал описывается следующим образом:
- $U(t) = A\phi(t-t_0)$; Где A – амплитуда сигнала, t_0 – время регистрации, $\phi(t)$ – функция формы сигнала.
- Для электроники, используемой на PHOS:
- $\phi(t) = (ek/n)^n * ((t/T)^n) * \exp^{(-kt/T)}$; $n=k=2$, $T=1,17$ ns;
- Искомые параметры – A , t_0 . Остальные – задают форму.
- Идея: повысить точность, оставляя свободным один параметр формы – для определения его, использовать все данные гистограммы.
- Требуемая скорость работы: 300 тактов
- Требуемая точность определения времени: 1 нс
- Требуемая точность определения амплитуды: 2.5 МэВ

Предложенное решение

- Для определения двух параметров – стандартный метод, фитирование вершины параболой.
- Для определения третьего параметра: итерационный метод, дающий разрешить систему уравнений, задающую параметры.
- Сравнение качества работы алгоритмов: выборка 1, генерированные гистограммы – с округлением.
- Сравнение применимости и скорости работы алгоритмов: выборка 2, гистограммы из эксперимента.

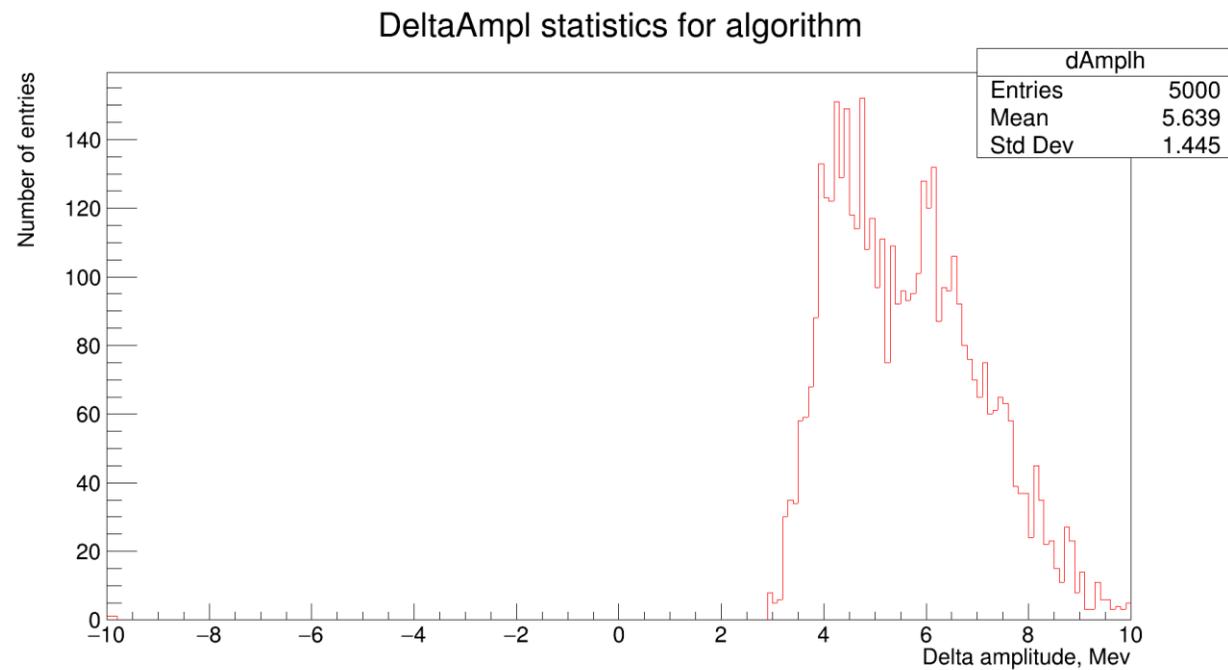
Пример работы (Столкновение Pb-Pb)

Example Hystogram 505

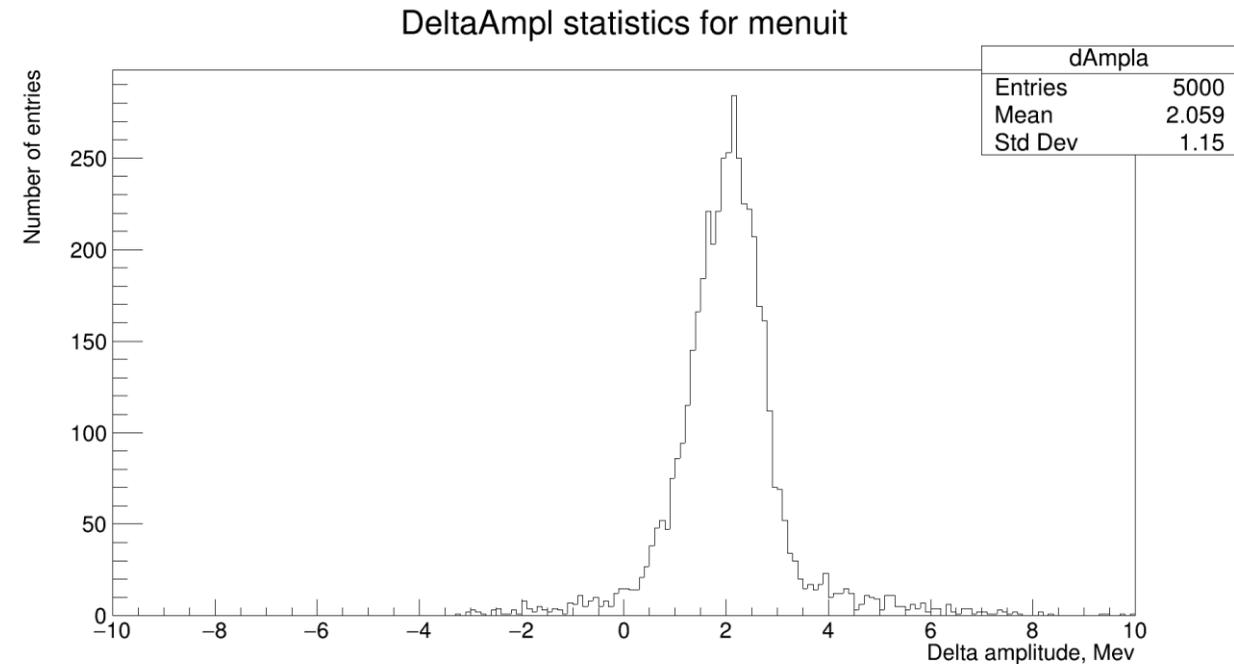


- Синим цветом – функция, восстановленная фитированием встроенным в ROOT алгоритмом `minuit`
- Красным цветом – функция, восстановленная фитированием построенным алгоритмом

Исследование качества: выборка 1. Разность амплитуд.



**Распределение разности амплитуд,
определённых алгоритмом и заданных**

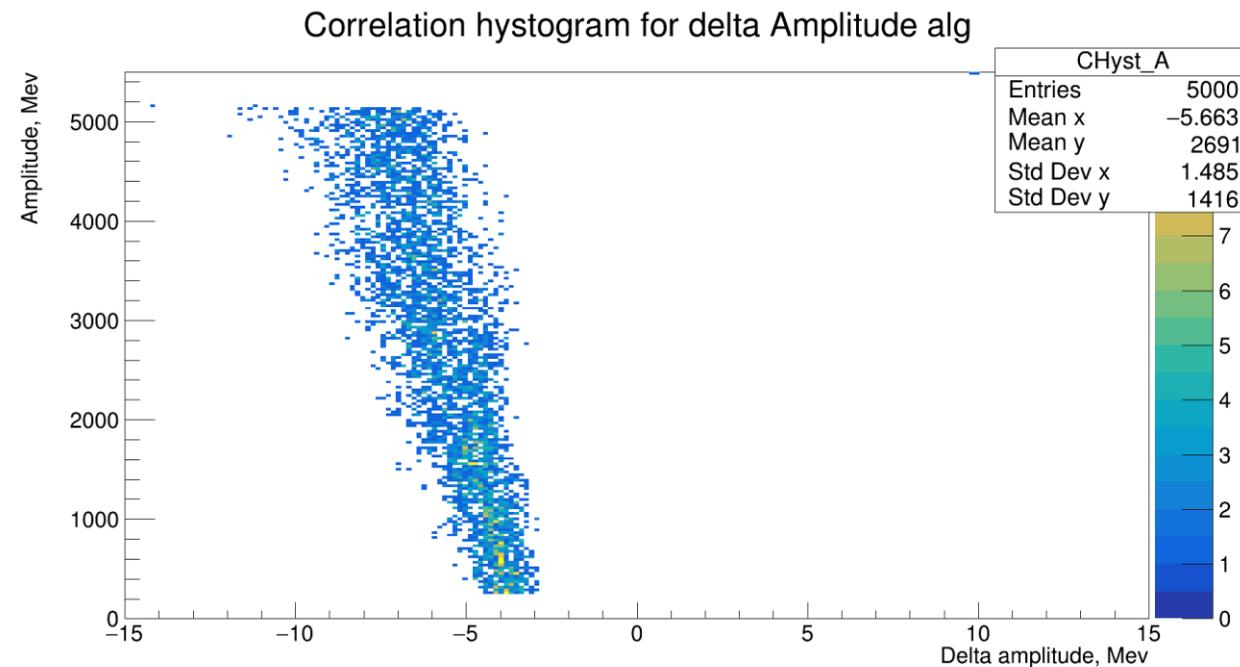


**Распределение амплитуд, определённых
menuit, и заданных**

Наблюдается сдвиг по амплитуде у
обоих методов

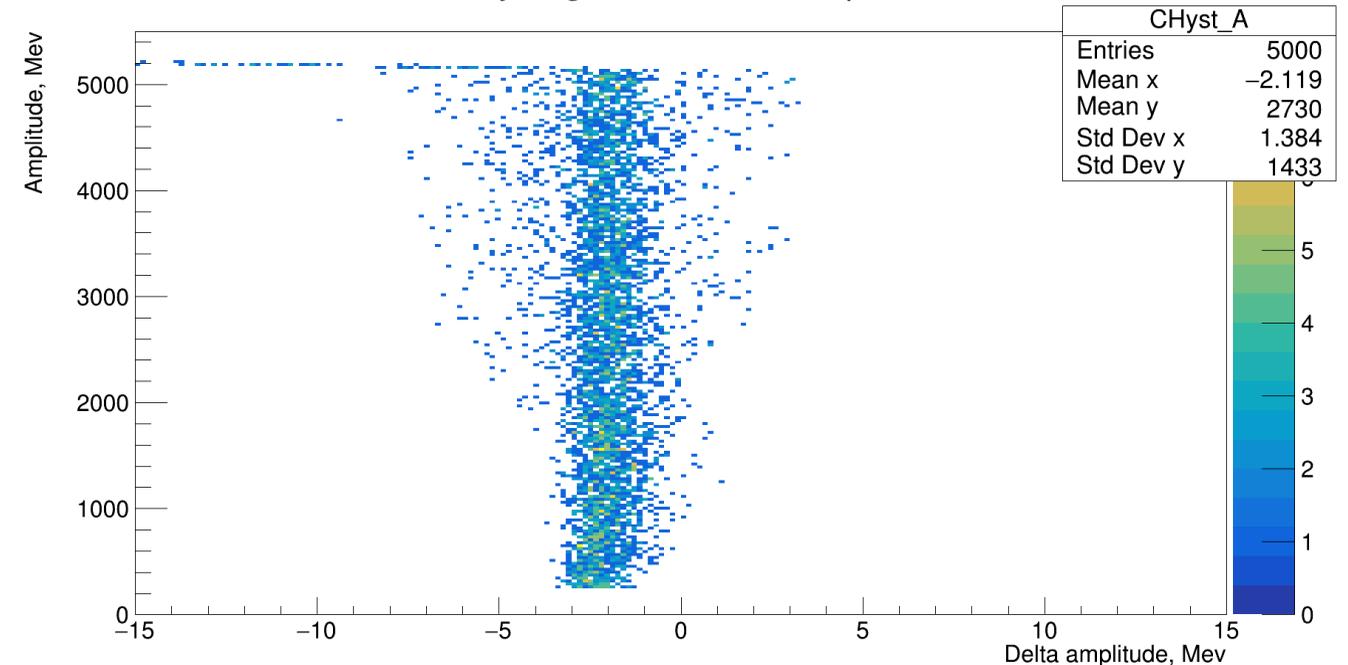
Исследование качества: выборка 1.

Распределение: распределение по разности амплитуд и амплитуде



Распределение результатов фитирования алгоритмом по ошибке определения амплитуды и амплитуде

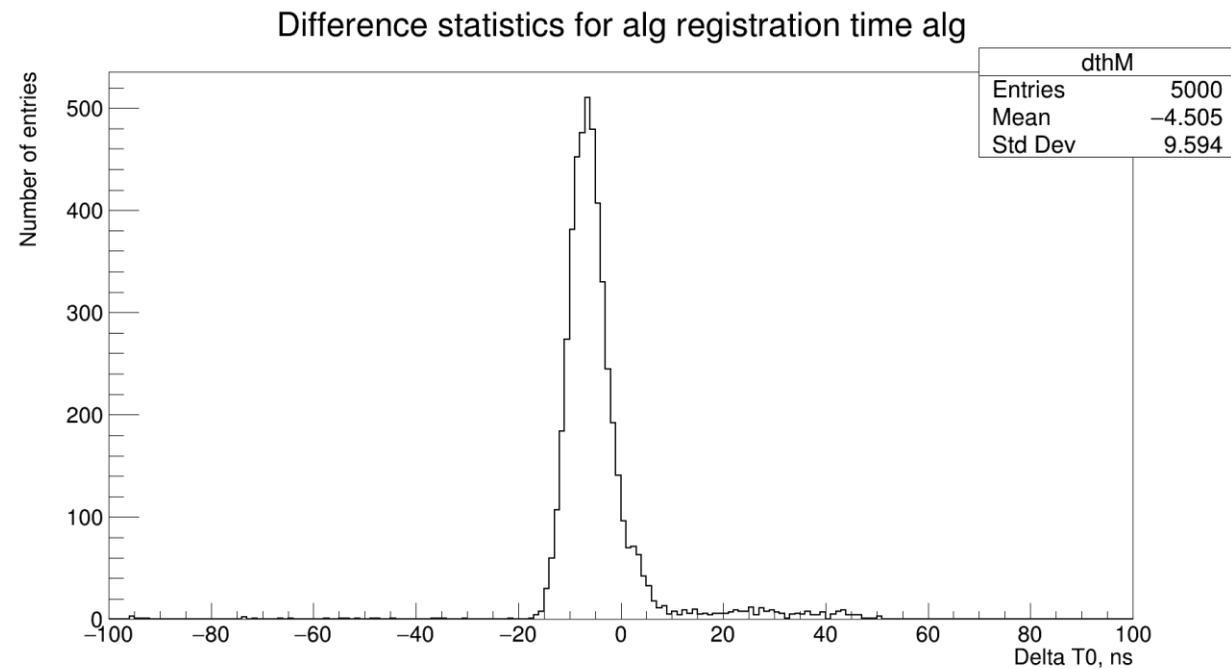
Correlation histogram for delta Amplitude menuit



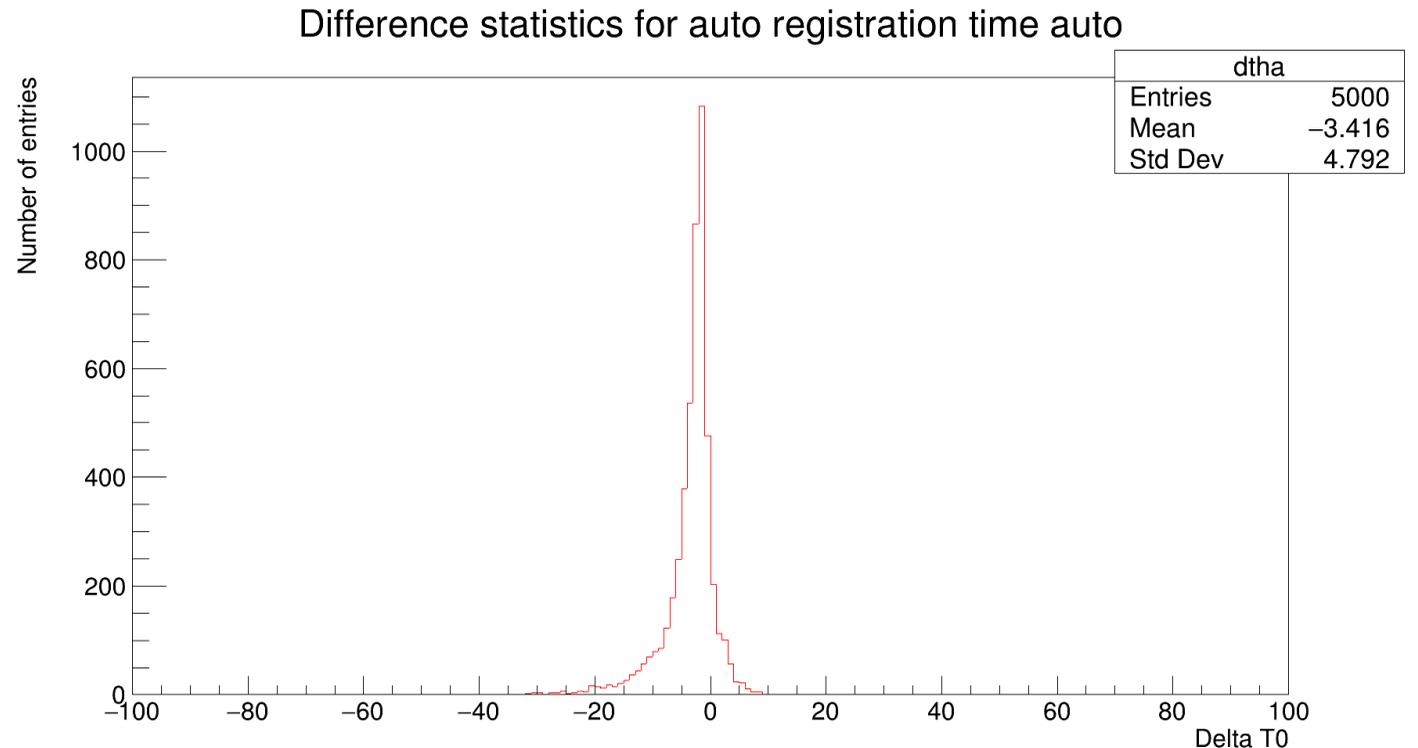
Распределение результатов фитирования menuit по ошибке определения амплитуд и амплитуд

- Разный характер зависимостей смещения значения амплитуды от амплитуды

Исследование качества: выборка 1. Разность времён регистрации



Распределение разности определения времени регистрации с заданными временами регистрации сигнала для алгоритма

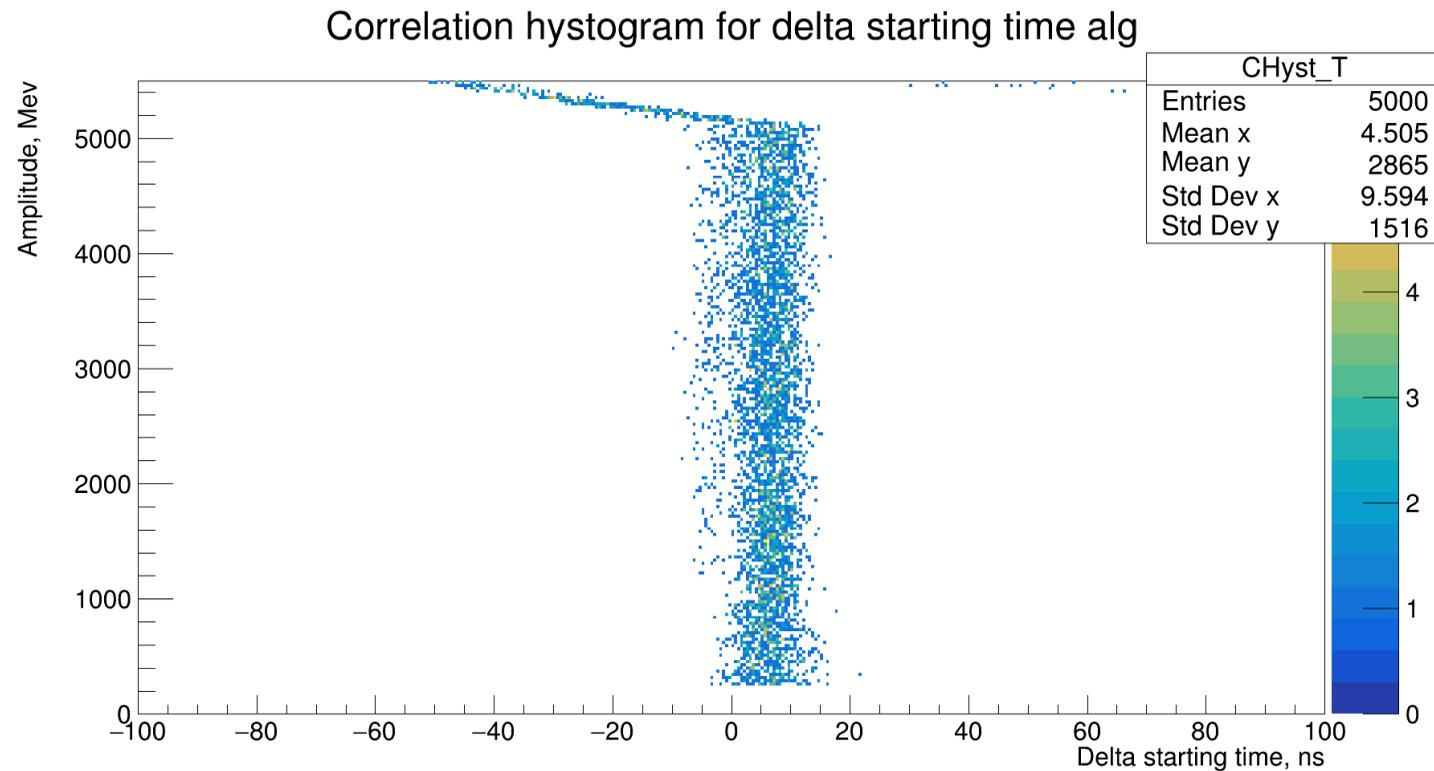


Распределение разности определения времени регистрации с заданными временами регистрации сигнала для minuit

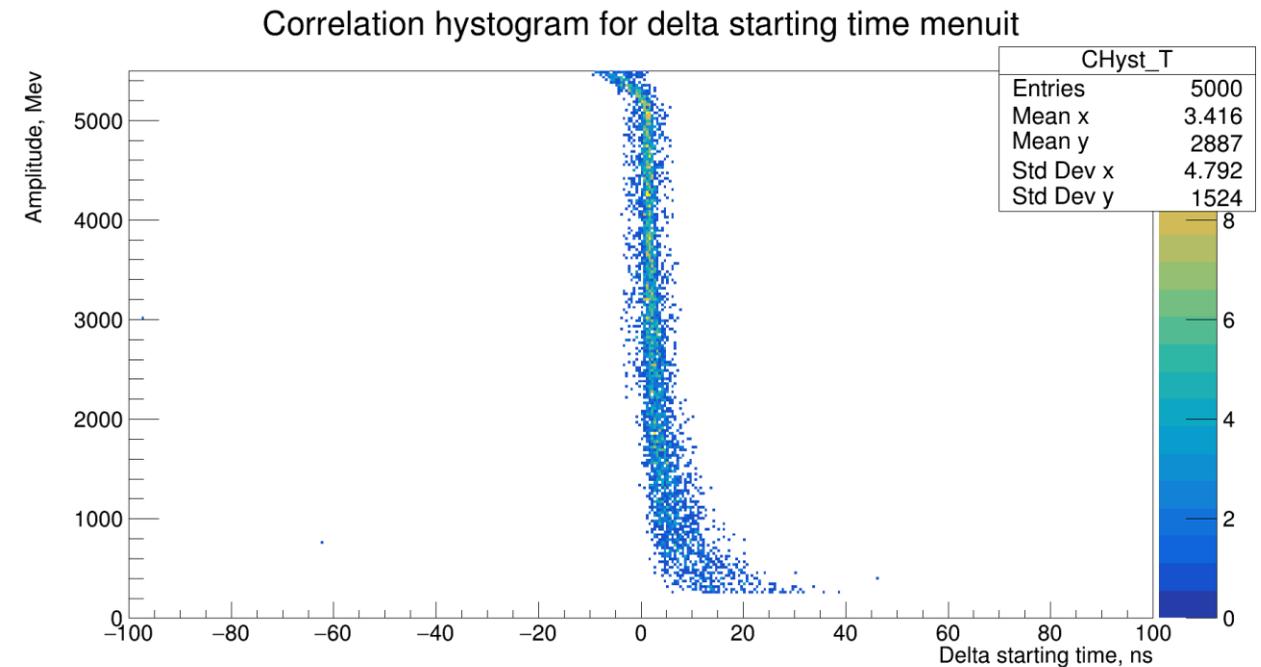
- Наблюдается смещение определения времени регистрации.

Исследование качества: выборка 1.

Распределение: распределение по разности времён регистрации и амплитуде



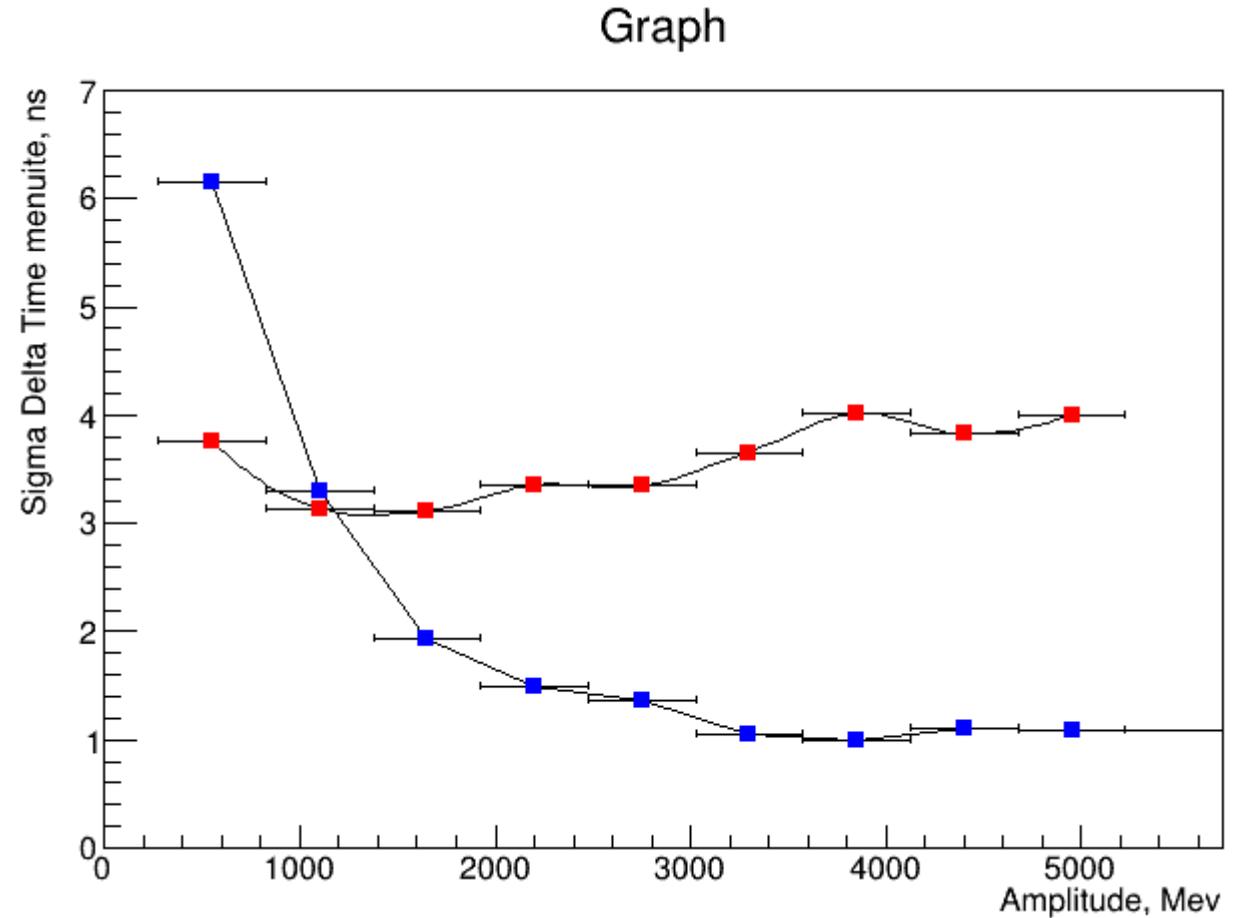
Распределение результатов фитирования алгоритмом по ошибке определения времени и амплитуде



Распределение результатов фитирования menuit по ошибке определения времени и амплитуде

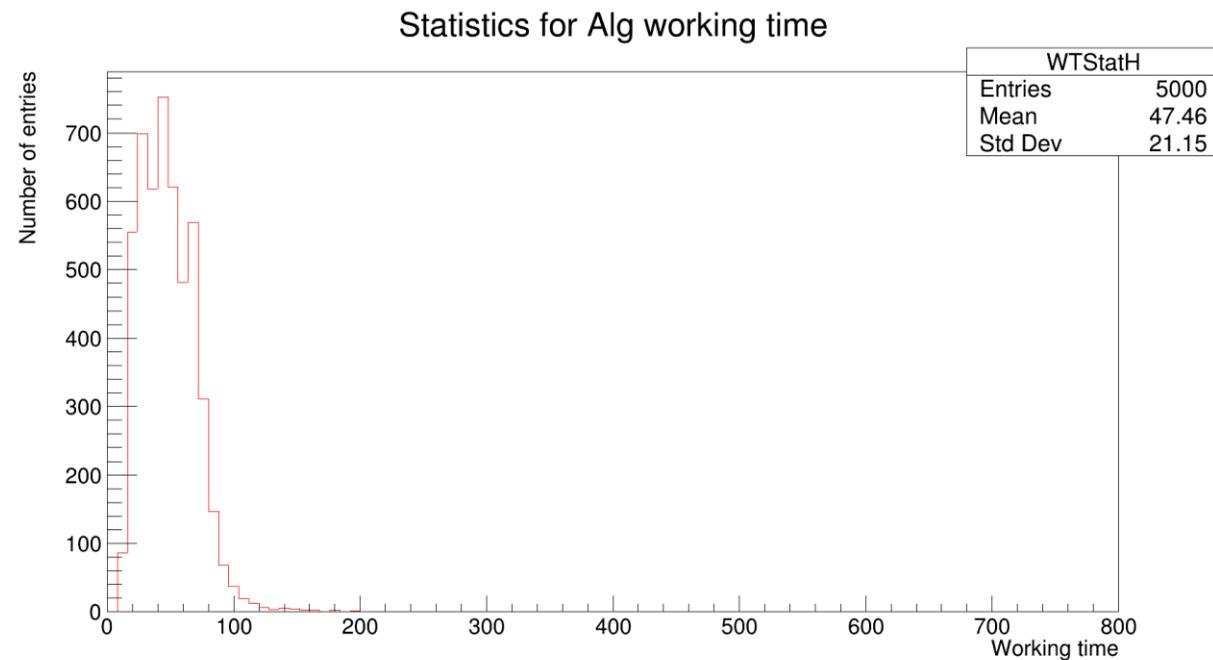
- Видно наличие характерной зависимости для menuit в области малых амплитуд.

Исследование качества:
выборка 1.
Временное разрешение
Определено значение
разрешения для обоих
алгоритмов. Получены
характеры зависимостей для
алгоритма и minuit.

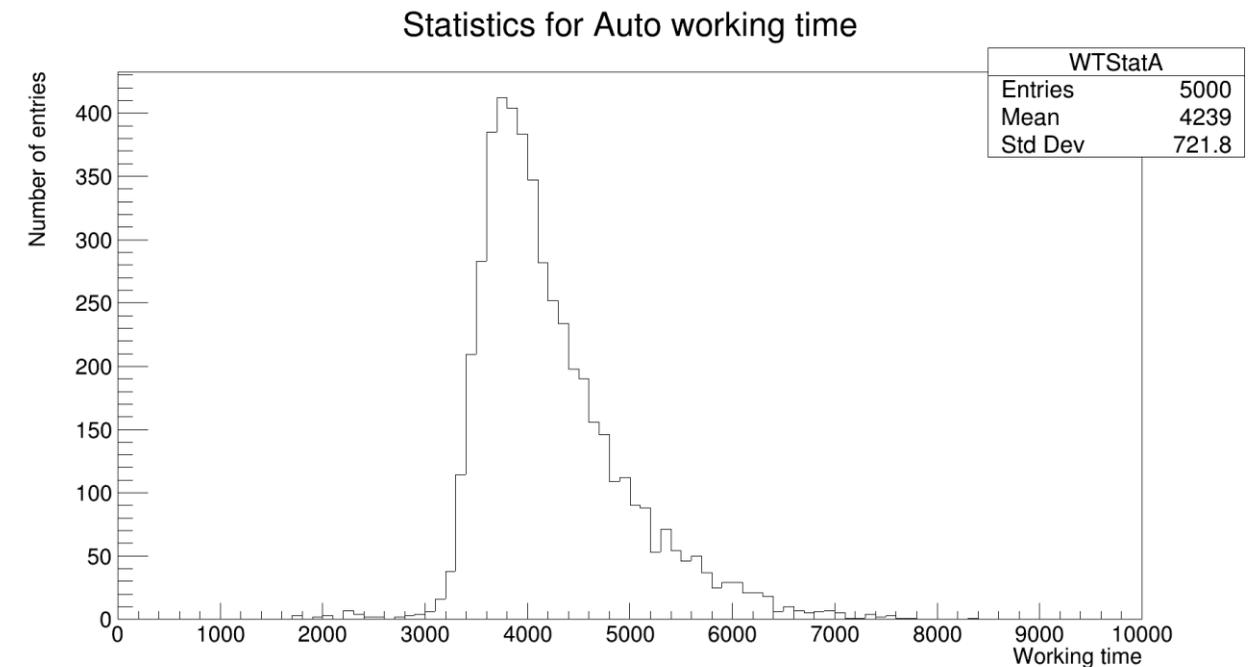


**Зависимость временного
разрешения от амплитуды**

Исследование скорости: выборка 1.



Распределение по времени работы алгоритма

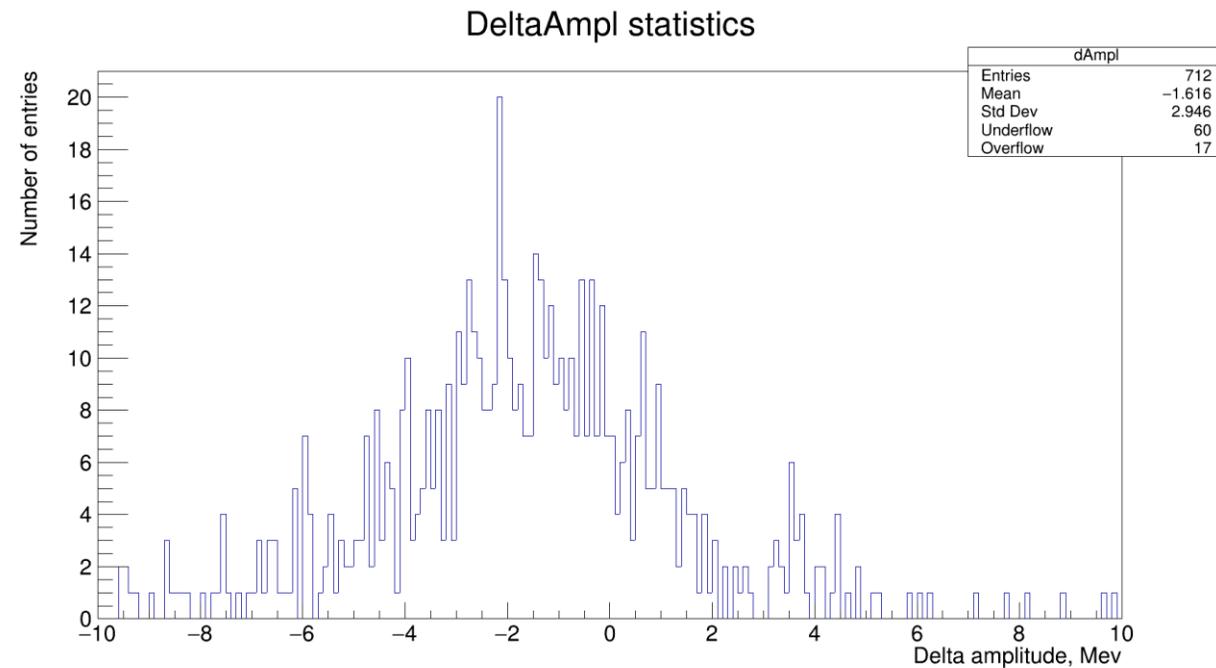


Распределение по времени работы в тактах процессора - minuit

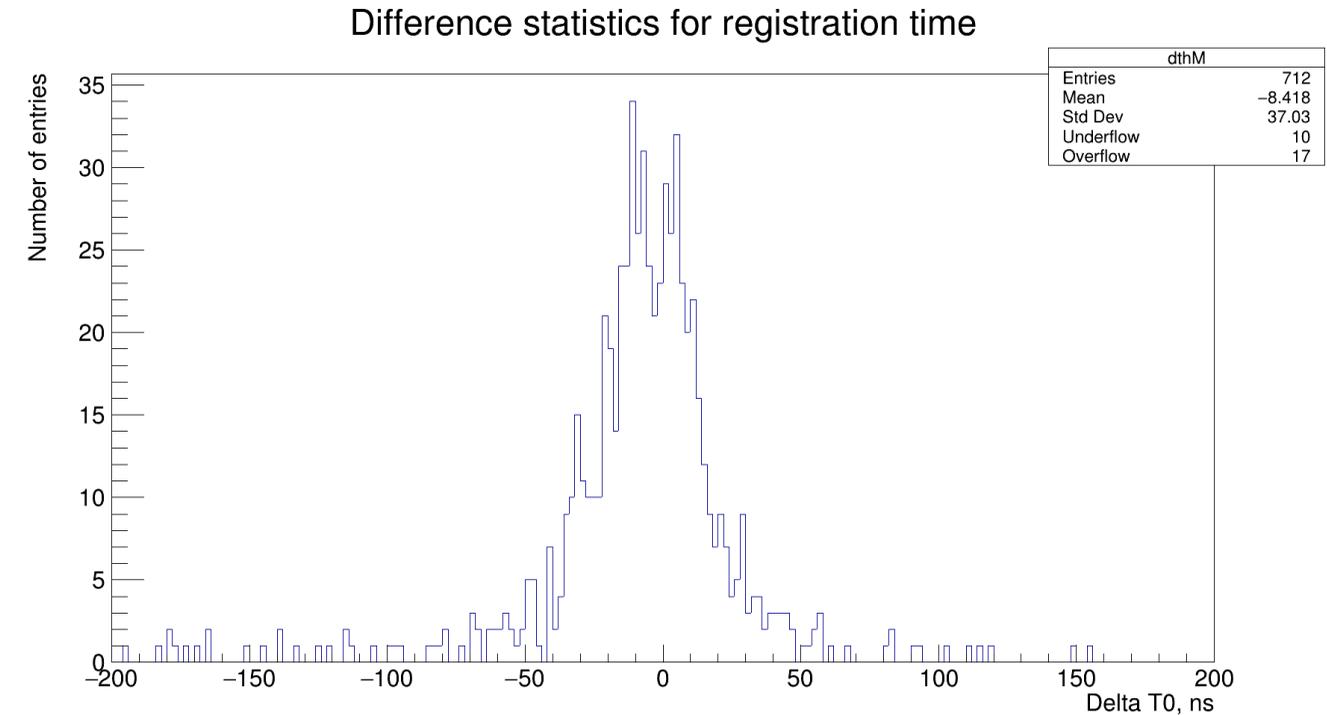
- Полученная скорость соответствует текущему требованию в 300 тактов процессора

Исследование качества: выборка 2.

Распределение разностей определения параметров



Распределение разности определения амплитуды двумя методами

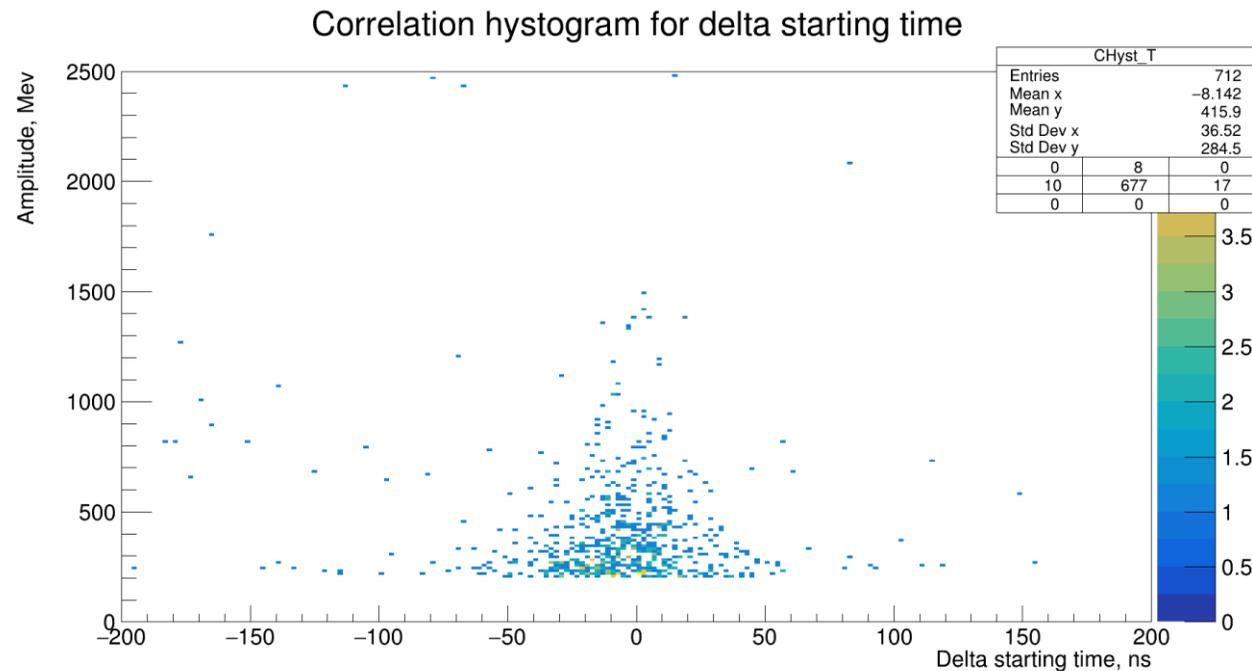


Распределение разности определения времени регистрации двумя методами

- Наблюдается существенное расхождение в значениях, определяемых при помощи двух методов

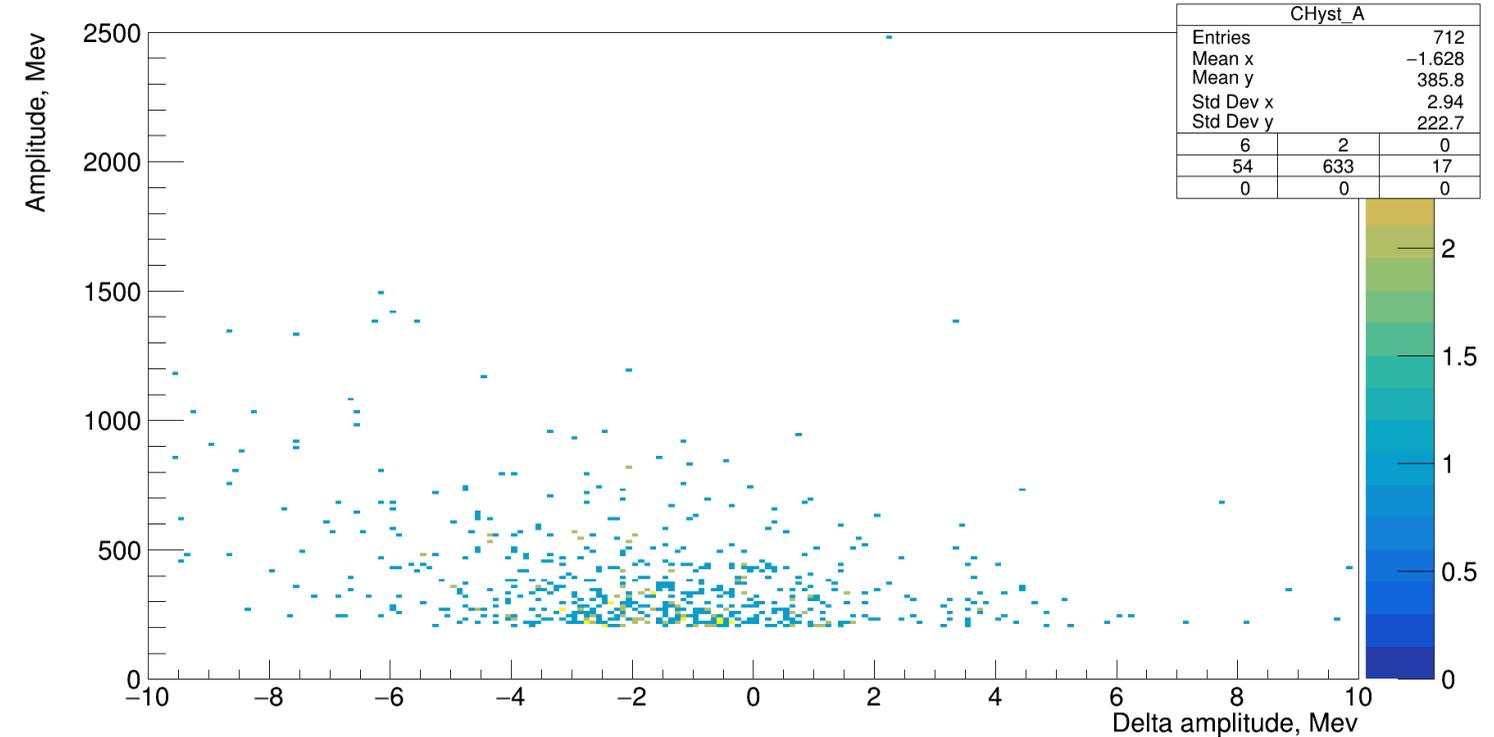
Исследование качества: выборка 2.

Зависимость разностей определения параметров от амплитуд



Распределение результатов фитирования по разности определения времени регистрации разными методами и амплитуде, определённой `minuit`

Correlation histogram for delta Amplitude

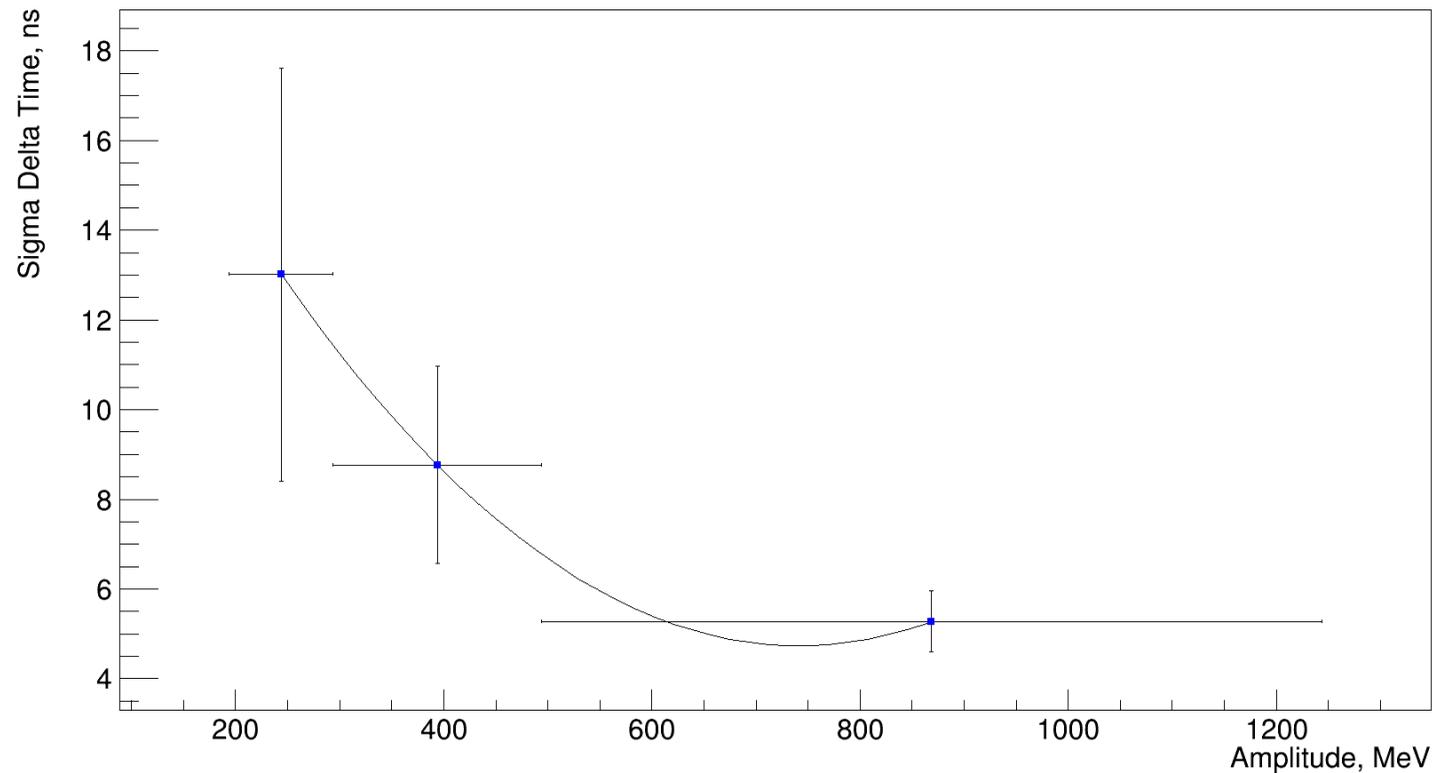


Распределение результатов фитирования по разности определения амплитуды разными методами и амплитуде, определённой `minuit`

- Полученные распределения позволяют построить график зависимости временного разрешения от амплитуды

Исследование качества: выборка 2. Получившееся относительное разрешение алгоритмов при такой параметризации

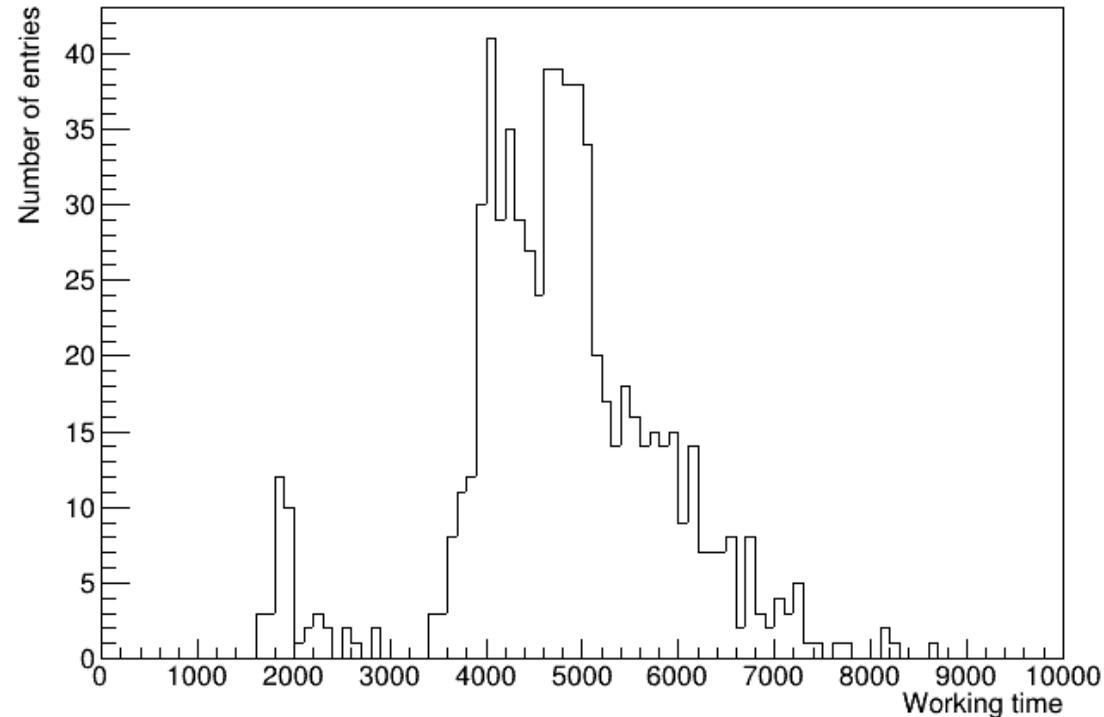
Graph



- **График зависимости временного разрешения от амплитуды**

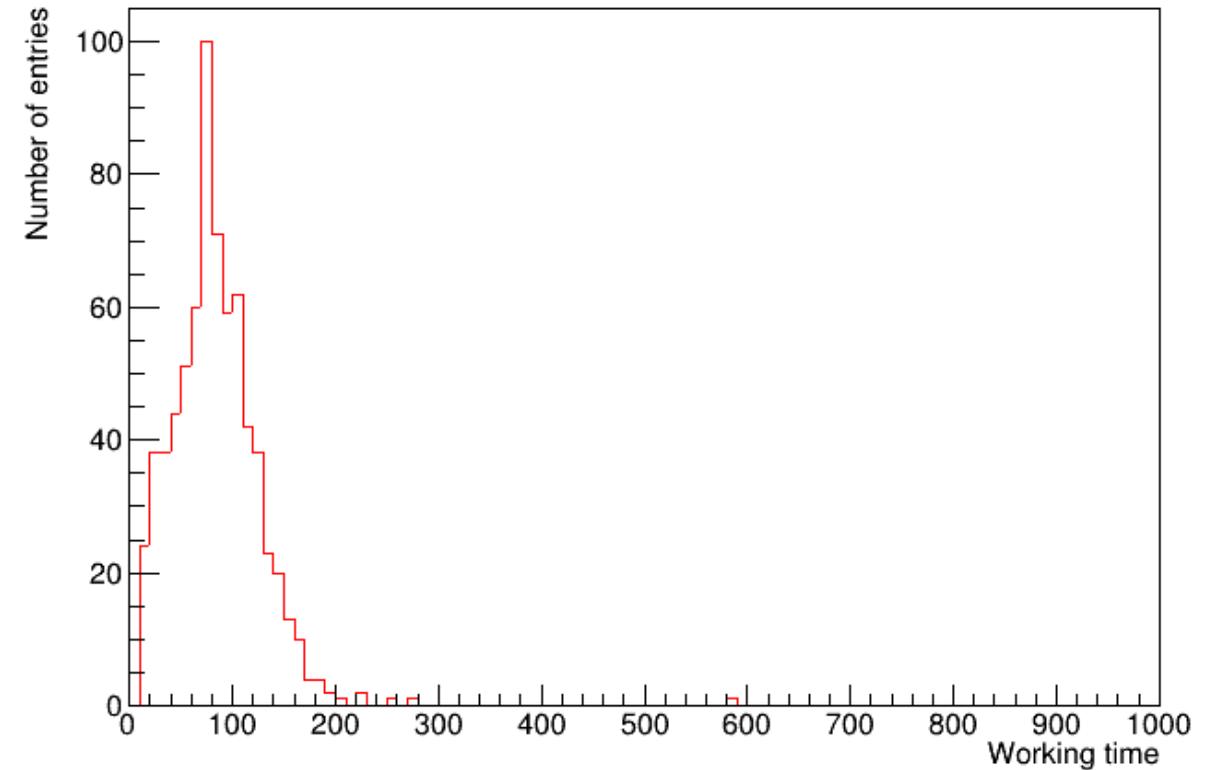
Исследование скорости: выборка 2.

Statistics for Auto working time



**Распределение по времени работы
munit**

Statistics for Alg working time



**Распределение по времени работы
построенного алгоритма**

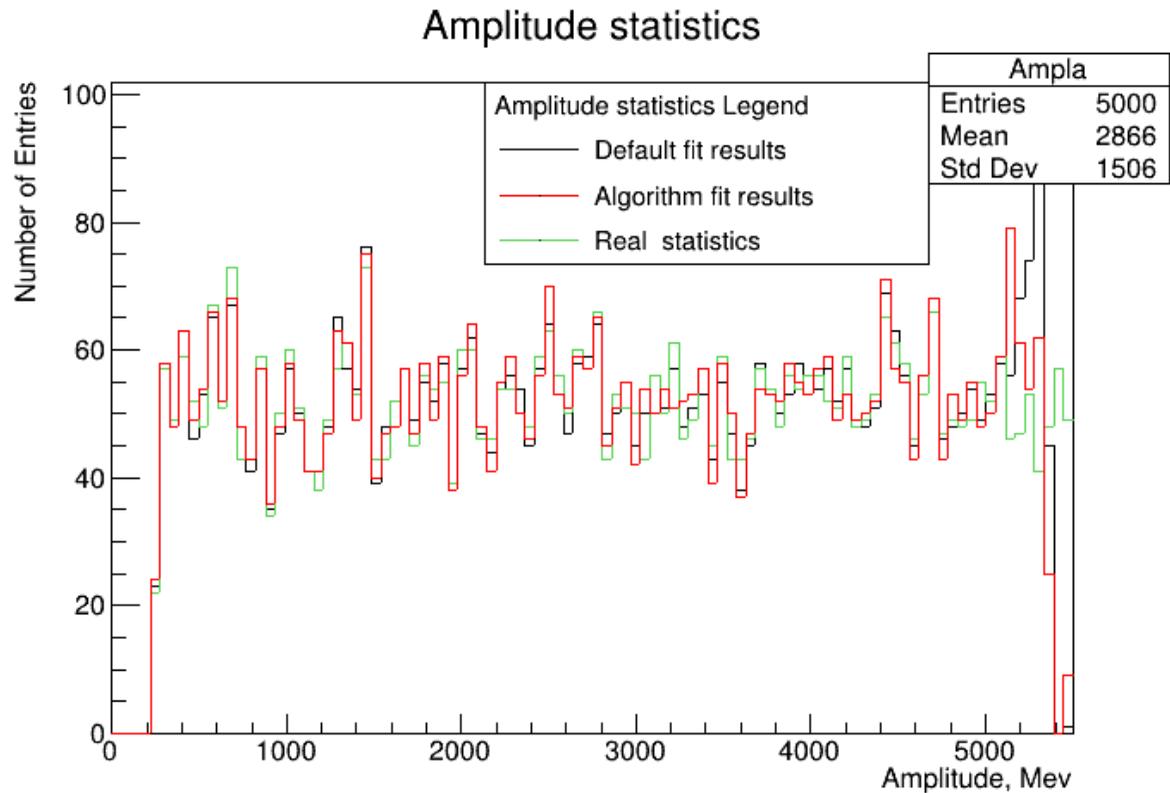
- Скорость работы для гистограмм эксперимента

Заключение:

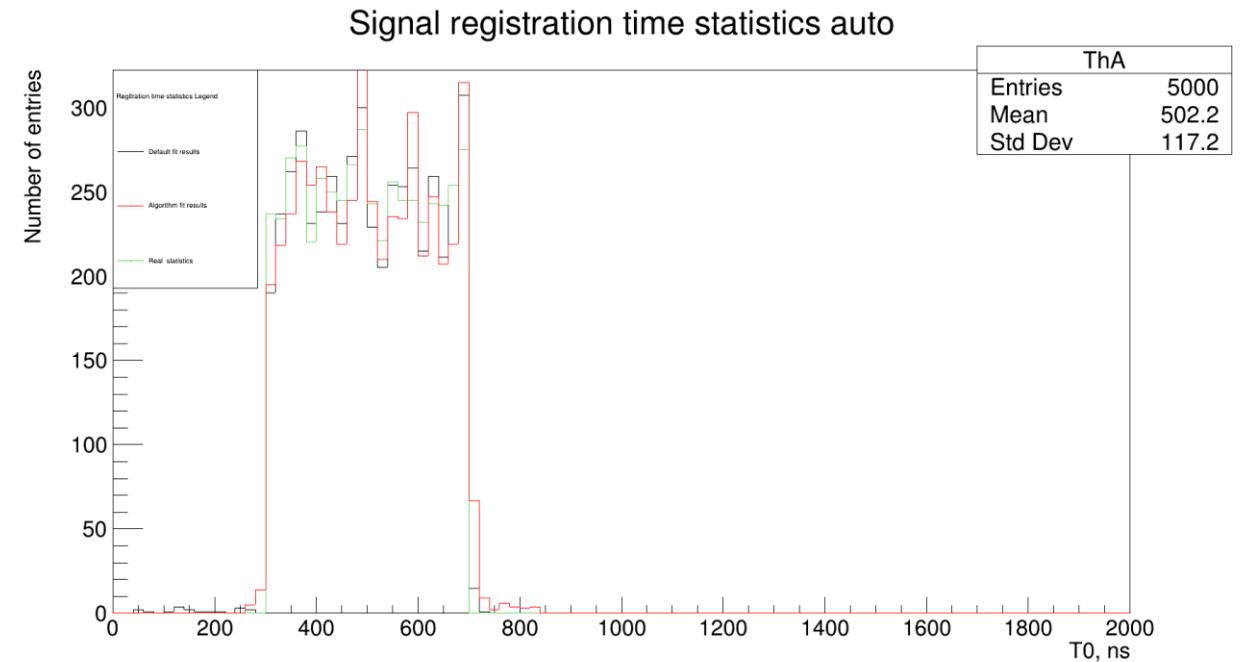
- Построен работающий алгоритм фитирования.
- Проведено сравнение скорости и качества фитирования с встроенным в программный пакет ROOT алгоритмом `minuit`.
- Получены значения распределения ошибок определения амплитуд.
- Построено временное разрешение для обоих методов.
- Построенный алгоритм фитирует экспериментальные гистограммы в течение 200 тактов процессора.

Бэкап (справочный материал)

Исследование качества: выборка 1. Распределения параметров.



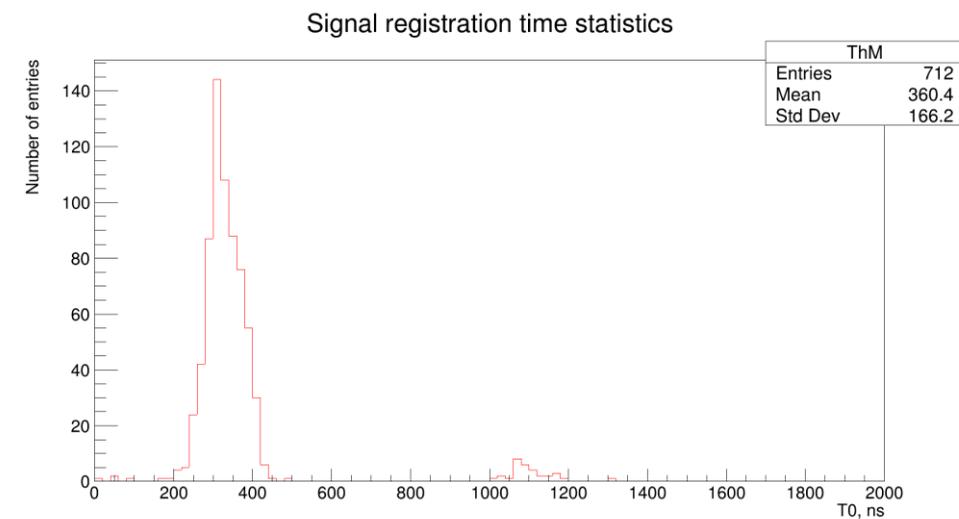
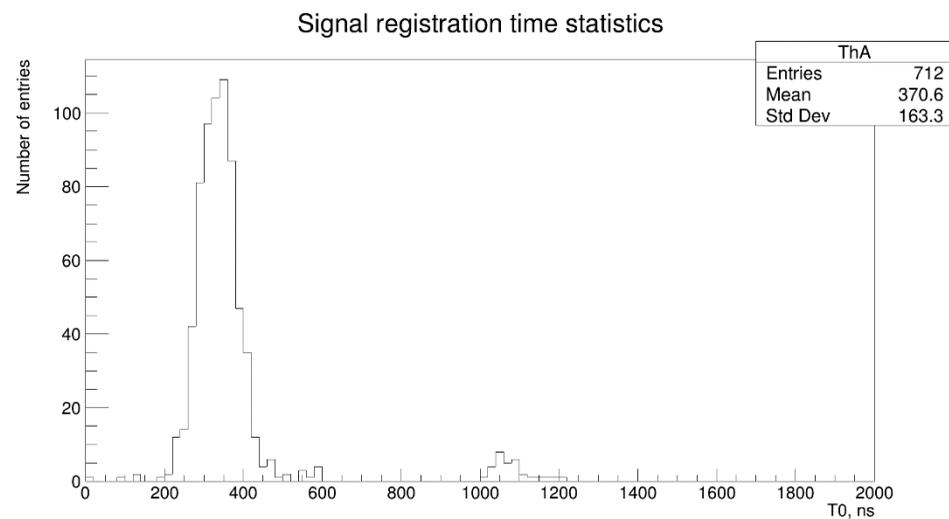
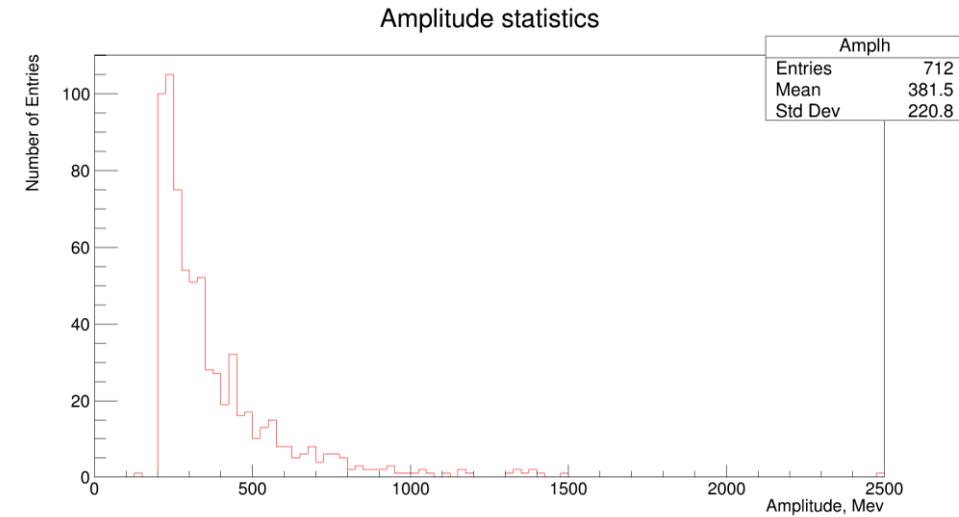
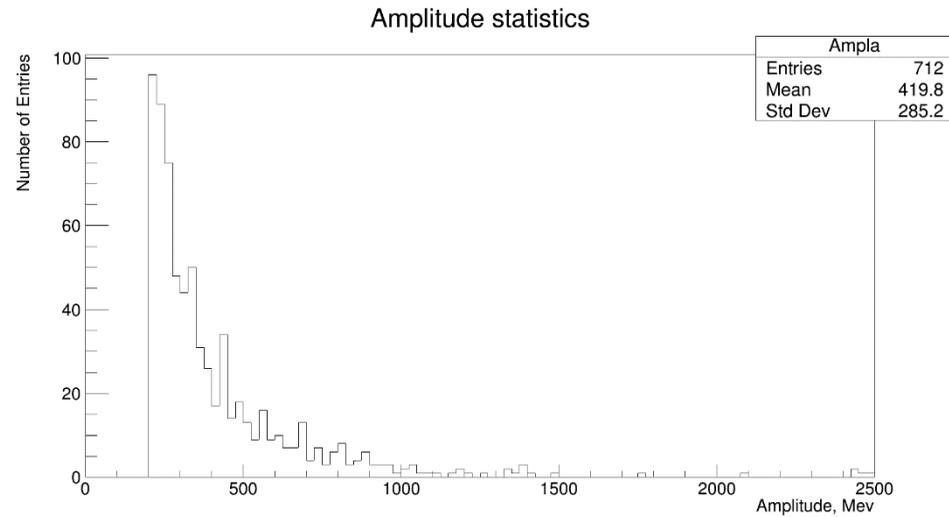
Распределение зарегистрированных амплитуд



Распределение времён регистрации

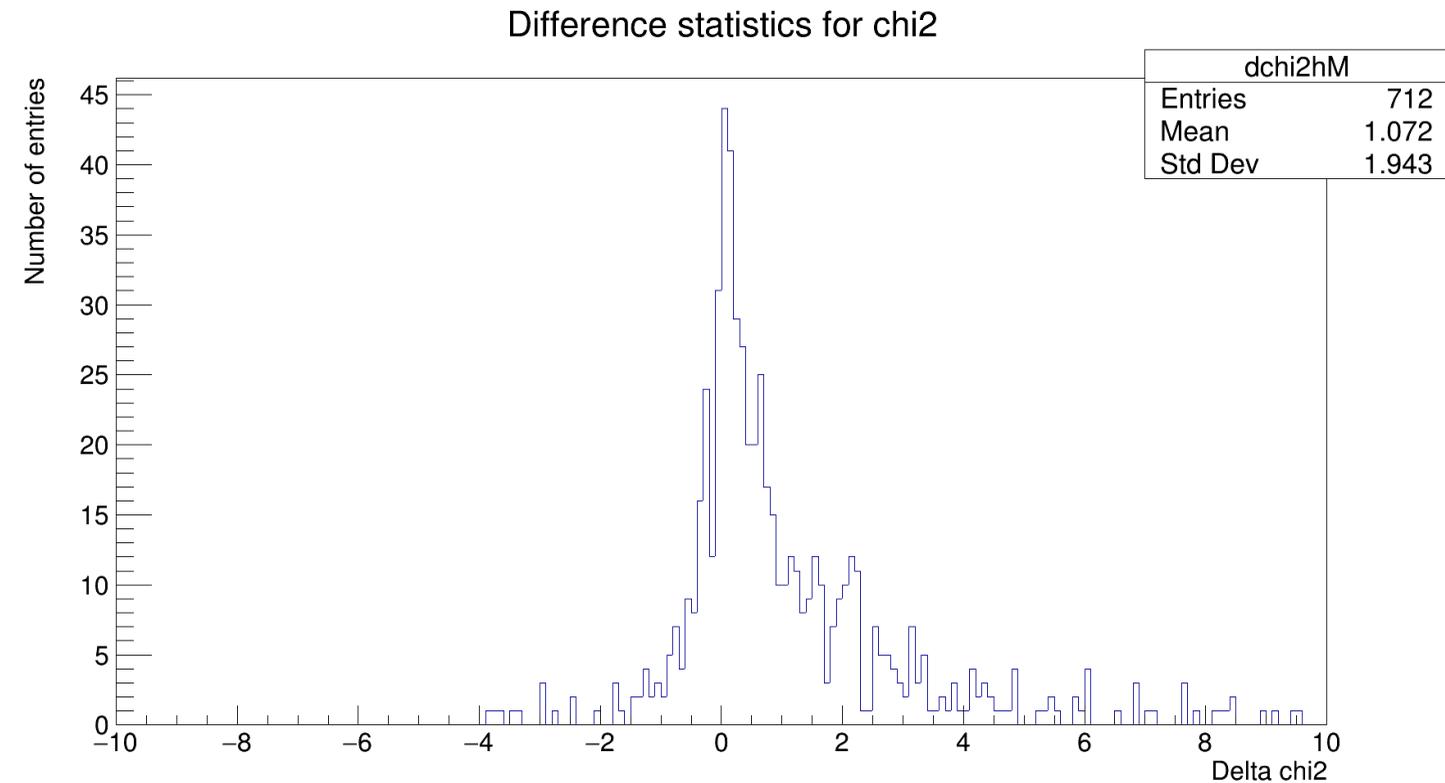
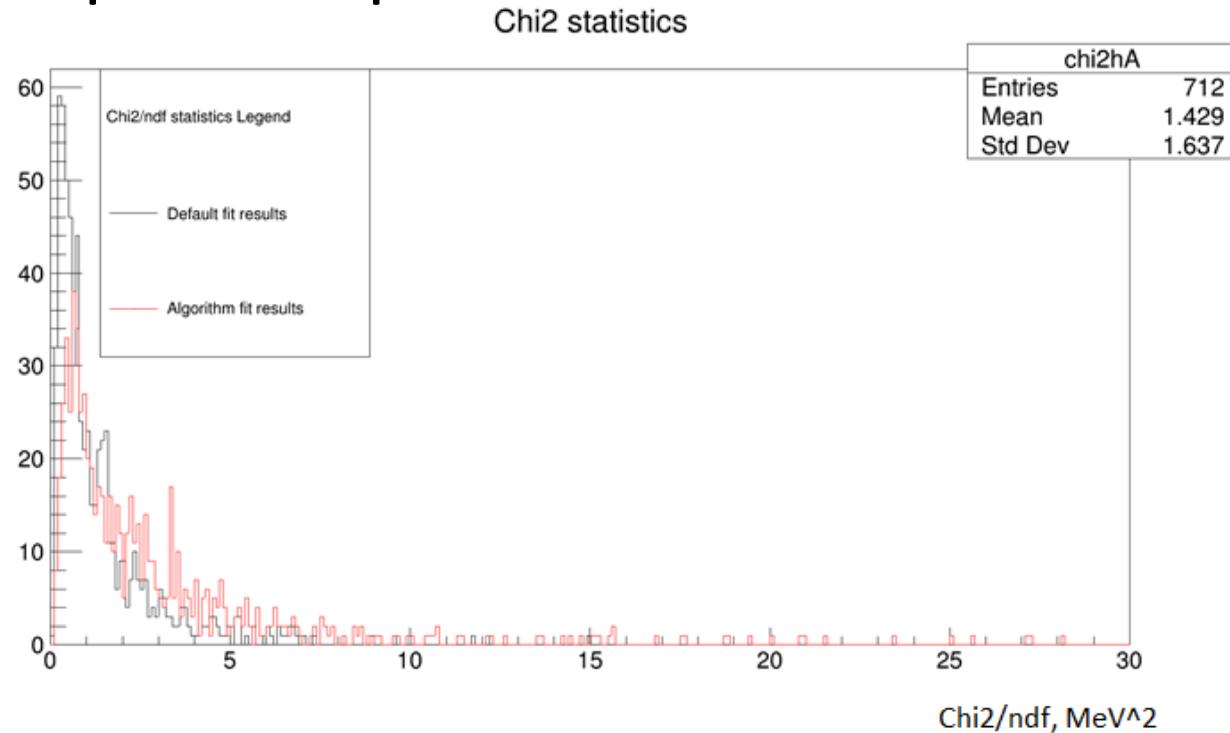
- Распределения, полученные различными методами, имеют одинаковый характер.

Исследование качества: выборка 2. Распределения параметров



Выборка 2:

Статистика качества фитирования и разность между параметром качества



- Значения параметра качества хи квадрат, получаемые различными алгоритмам, отличаются в среднем на 1, составляя, соответственно, и 1.4 и 2.4