

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА»  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

# Разработка методов калибровки электромагнитного калориметра установки Многоцелевой Детектор MPD

Выполнил студент 209м группы:  
Скулкин А.Д.

Научный руководитель:  
доктор физико-математических наук, профессор, Ольшевский Александр Григорьевич

Консультант:  
доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник,  
Тяпкин Игорь Алексеевич

## **Объект исследования:**

Электромагнитный калориметр (Ecal) установки  
MPD комплекса NICA

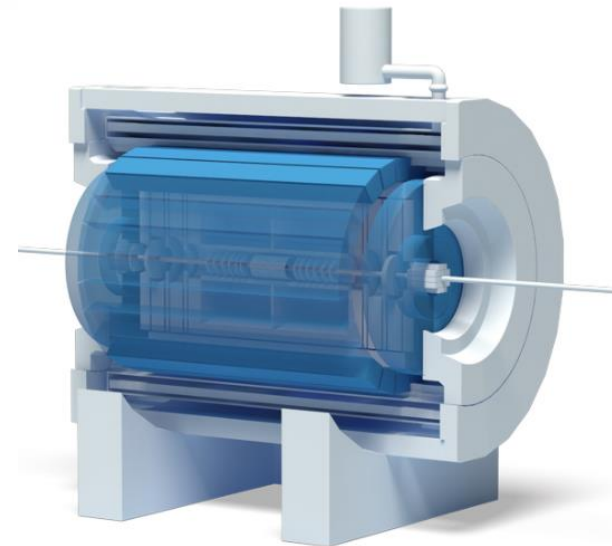
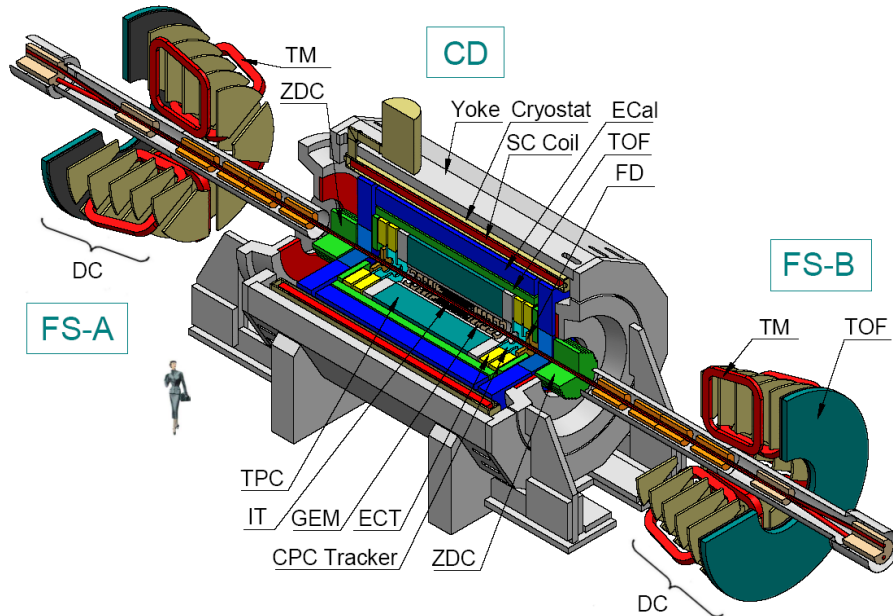
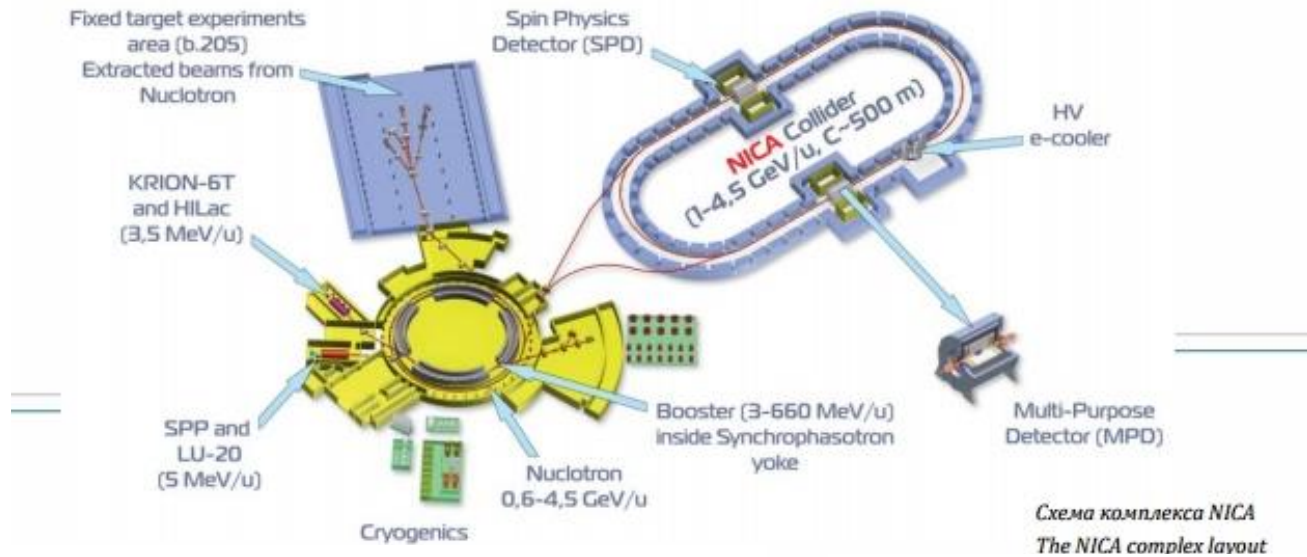
## **Цель работы:**

Разработка эффективных методов калибровки  
модулей калориметра

## **Поставленные задачи:**

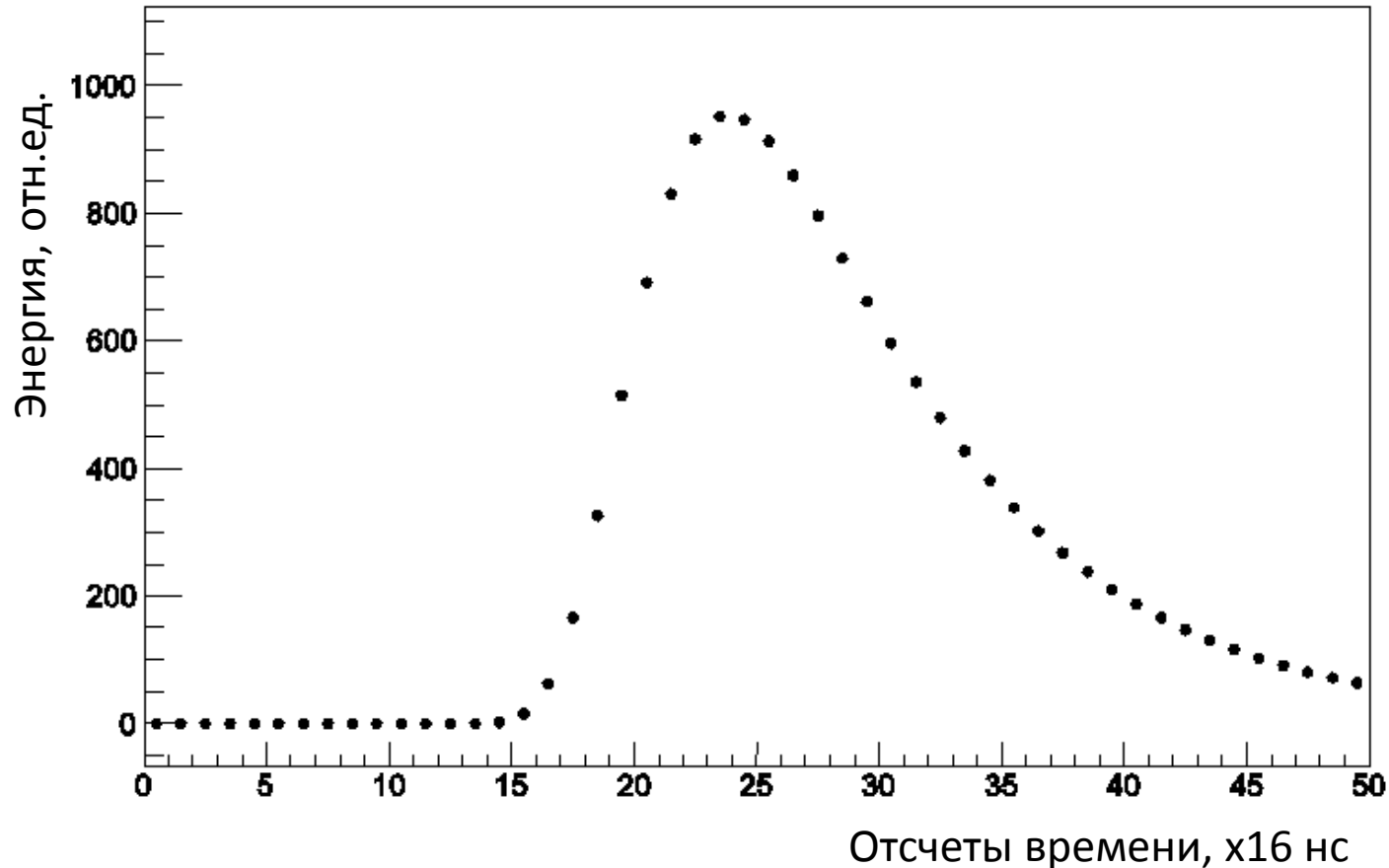
1. Изучение влияния различных факторов на временное разрешение электроники калориметра
2. Относительная и абсолютная калибровка модулей детектора

# NICA, MPD, Ecal



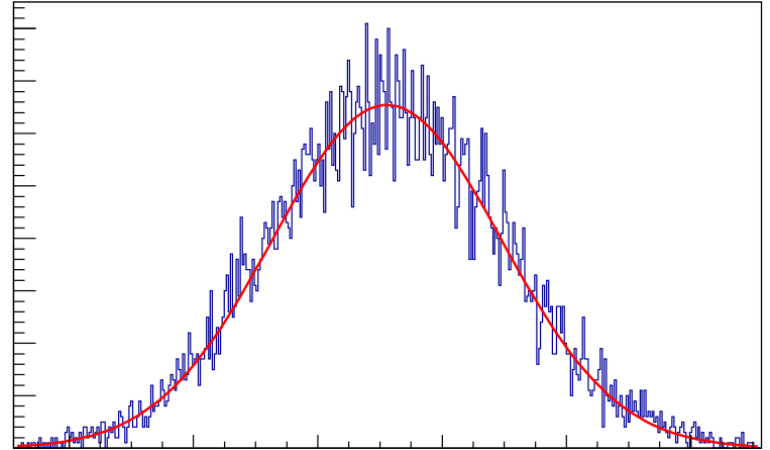
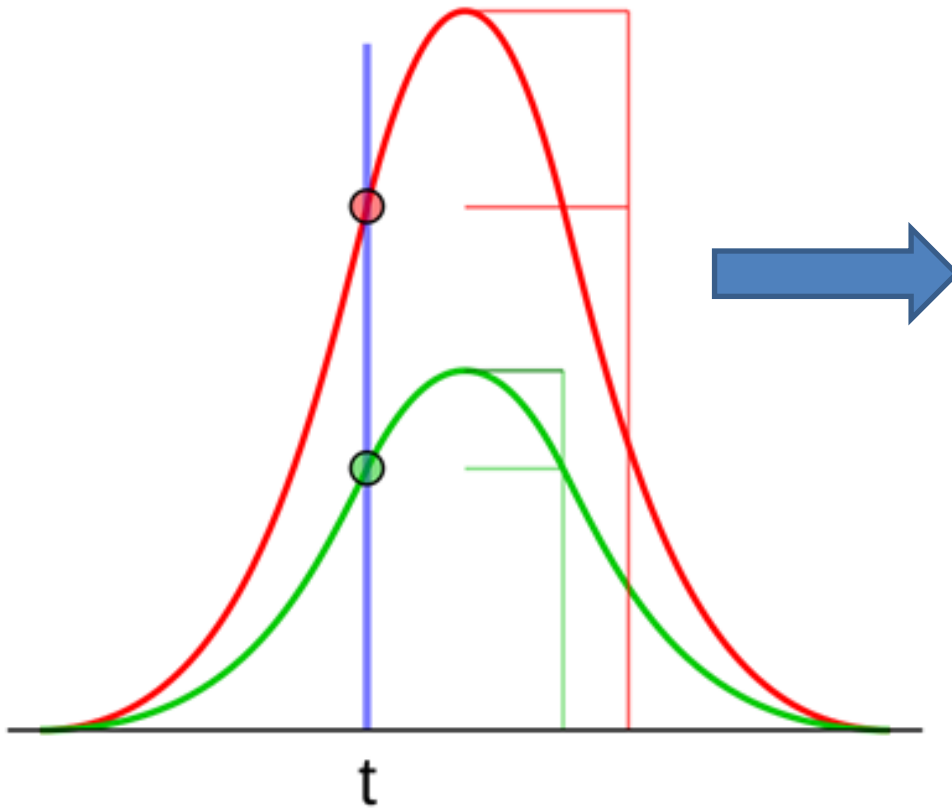
# Изучение временного разрешения

Форма сигнала



$$y = P_1 \exp(- (P_2 * (x - P_3) + (P_4^{P_3} - x)))$$

# Изучение временного разрешения



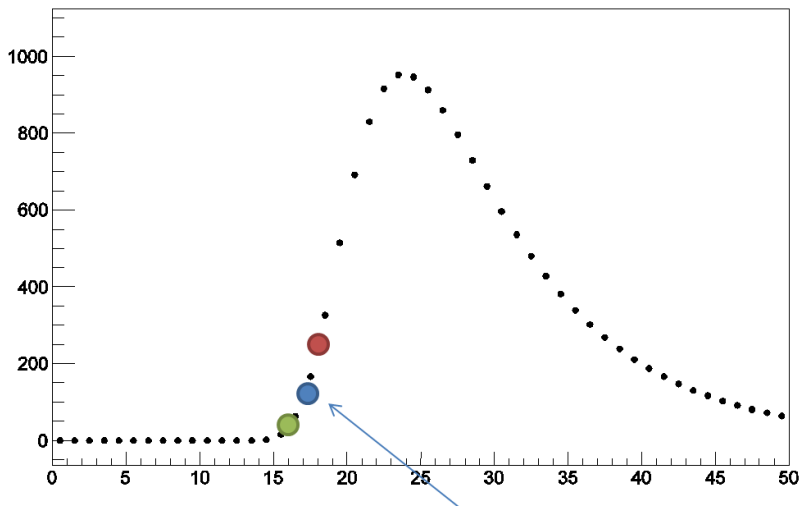
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Метод constant fraction.

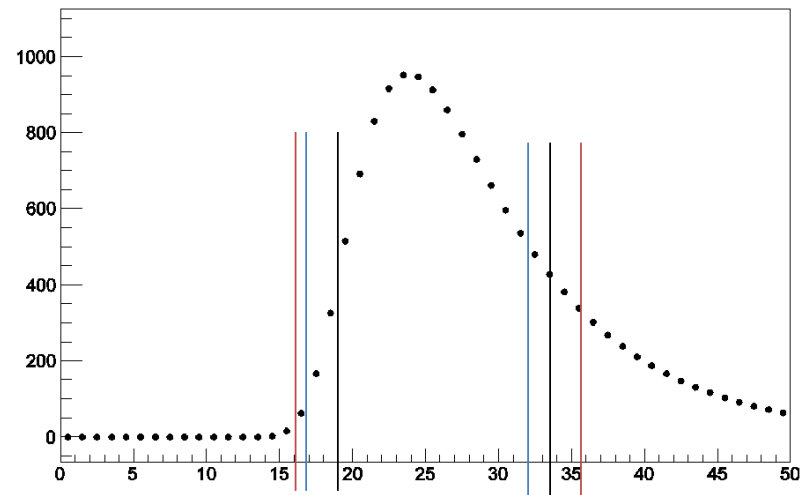
Использование данного метода обусловлено медленной скоростью процессов, происходящих в сцинтилляторах.

# Изучение временного разрешения

## Программные факторы

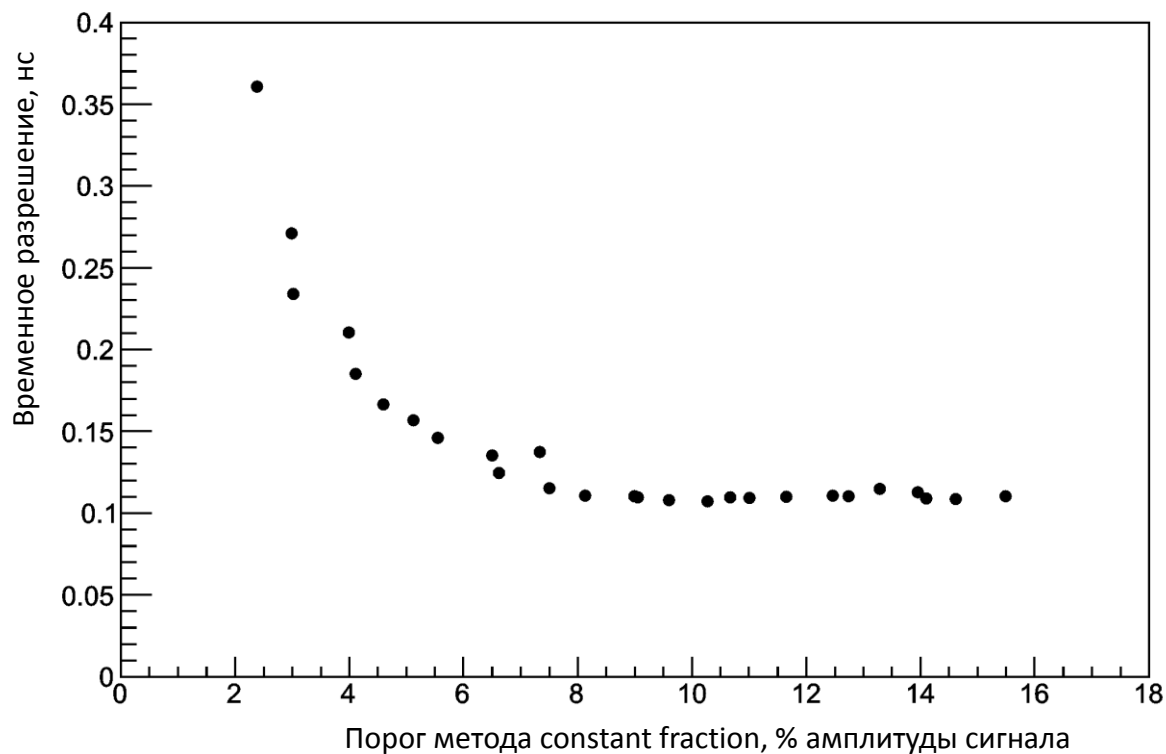
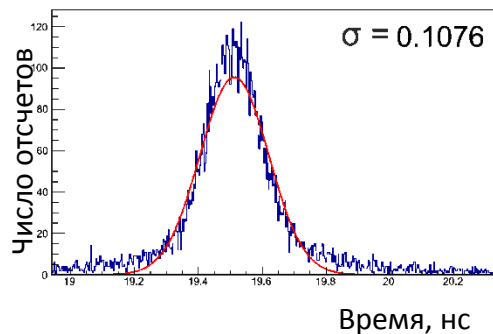
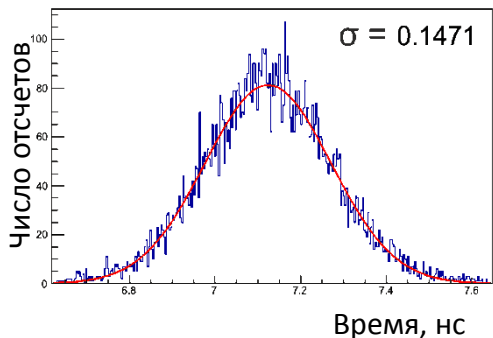
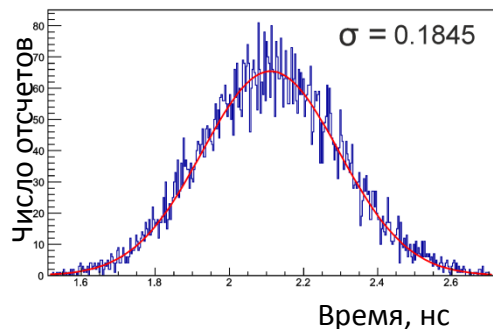


Положение порога  
метода constant fraction



Пределы фитирования  
сигнала

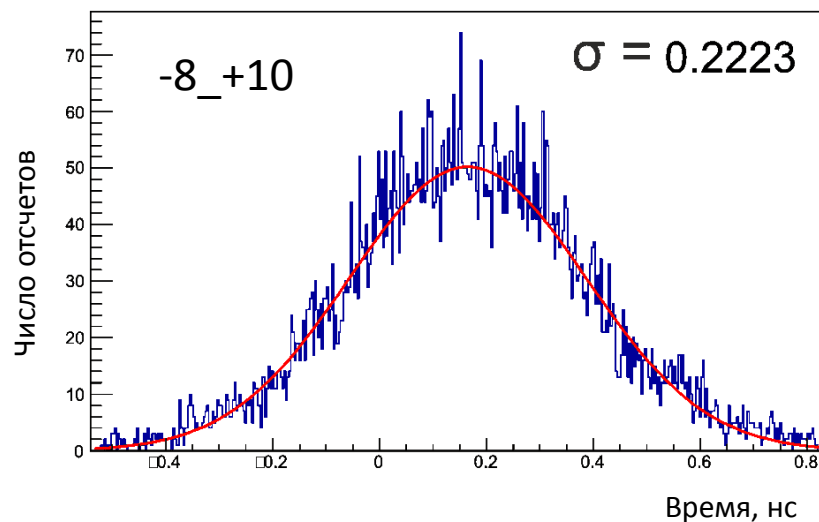
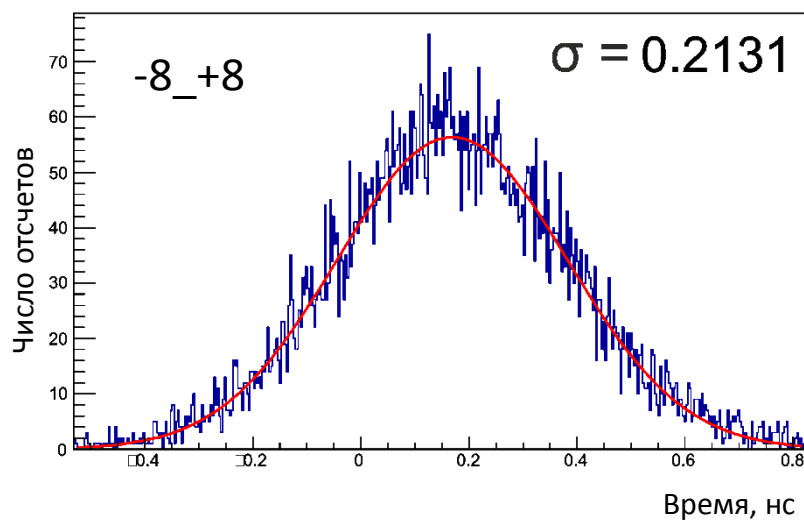
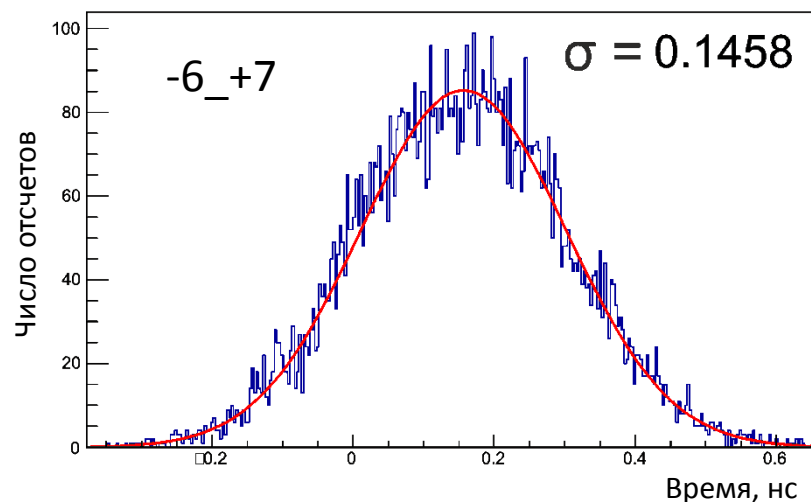
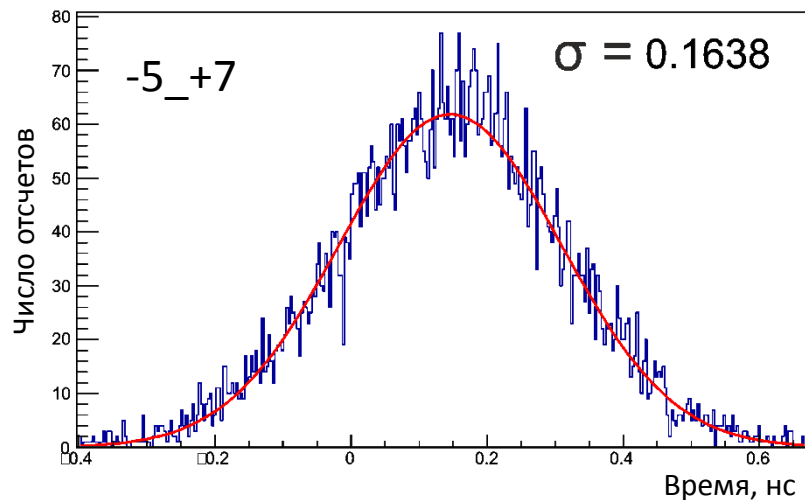
# Изучение временного разрешения



В результате был получен порог = 9,5% соответствующий наилучшему временному разрешению, при увеличении порога после данного значения временное разрешение почти не изменяется.

Данное значение использовалось далее, при изучении реальных факторов.

# Изучение временного разрешения

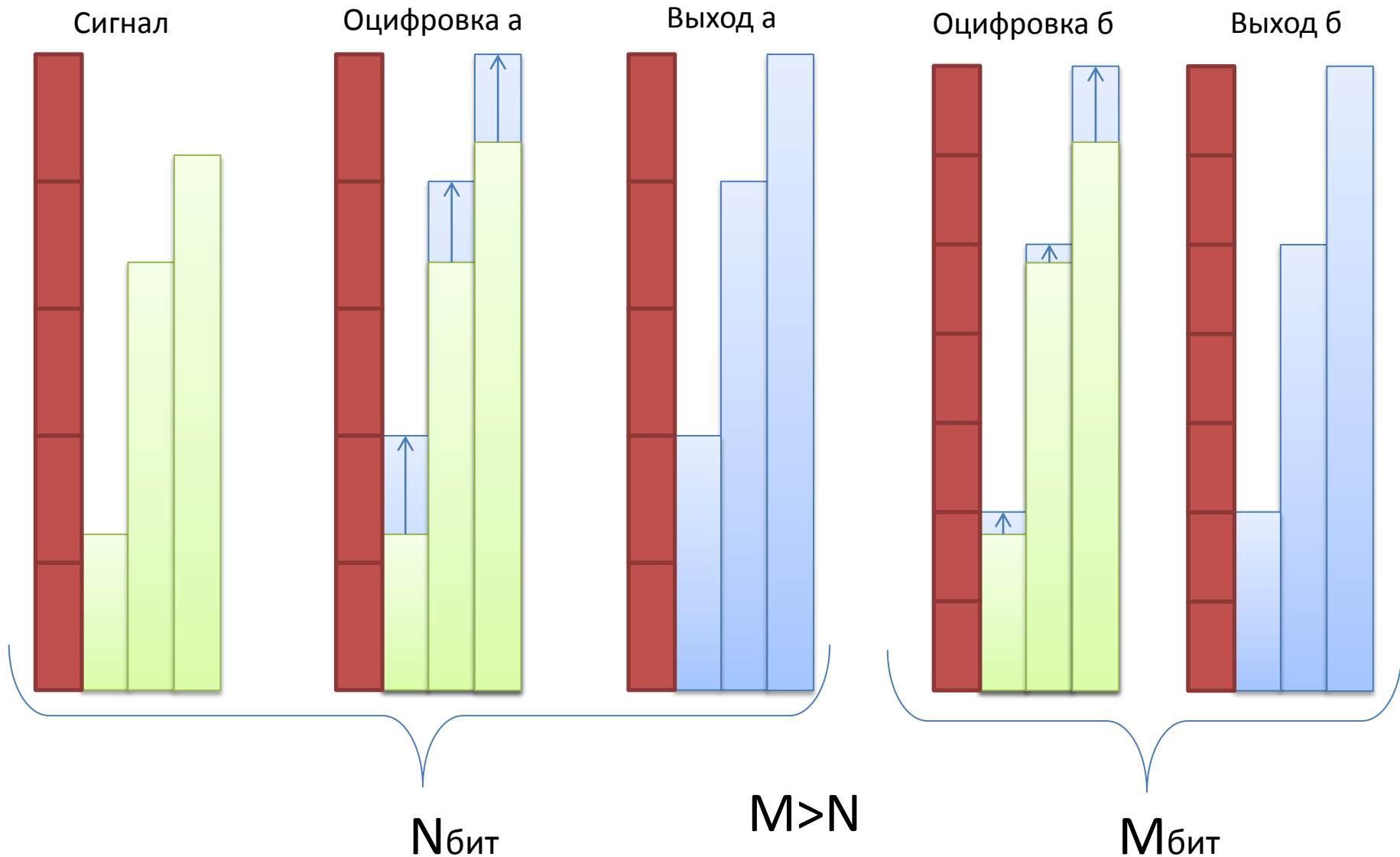


В результате были получены пороги фитирования, дающие наилучшее временное разрешение: 6 ед. влево и 7 ед. вправо от максимума сигнала. Они также были использованы при изучении реальных факторов.



# Изучение временного разрешения

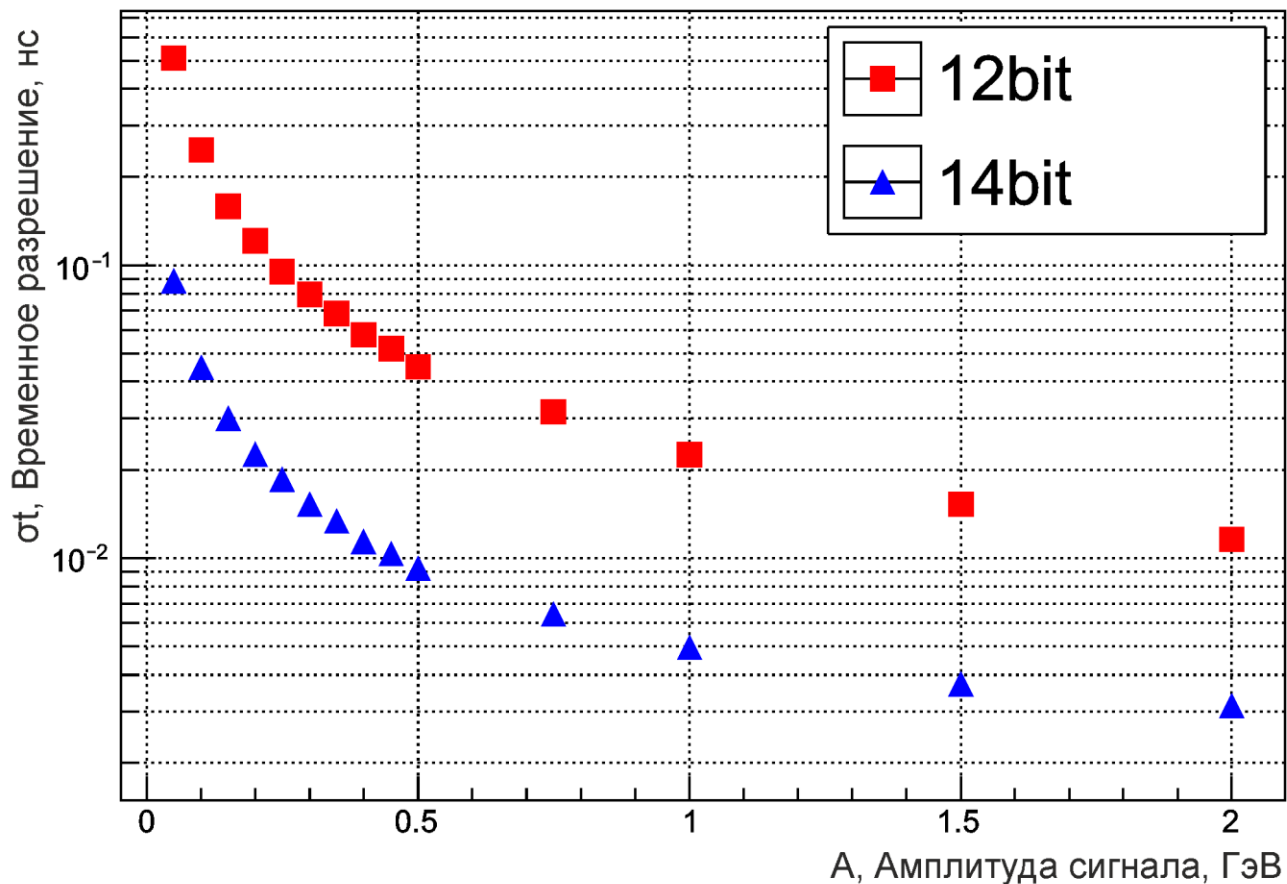
## Разрядность электроники (ADC)



# Изучение временного разрешения

Разрядность электроники (ADC)

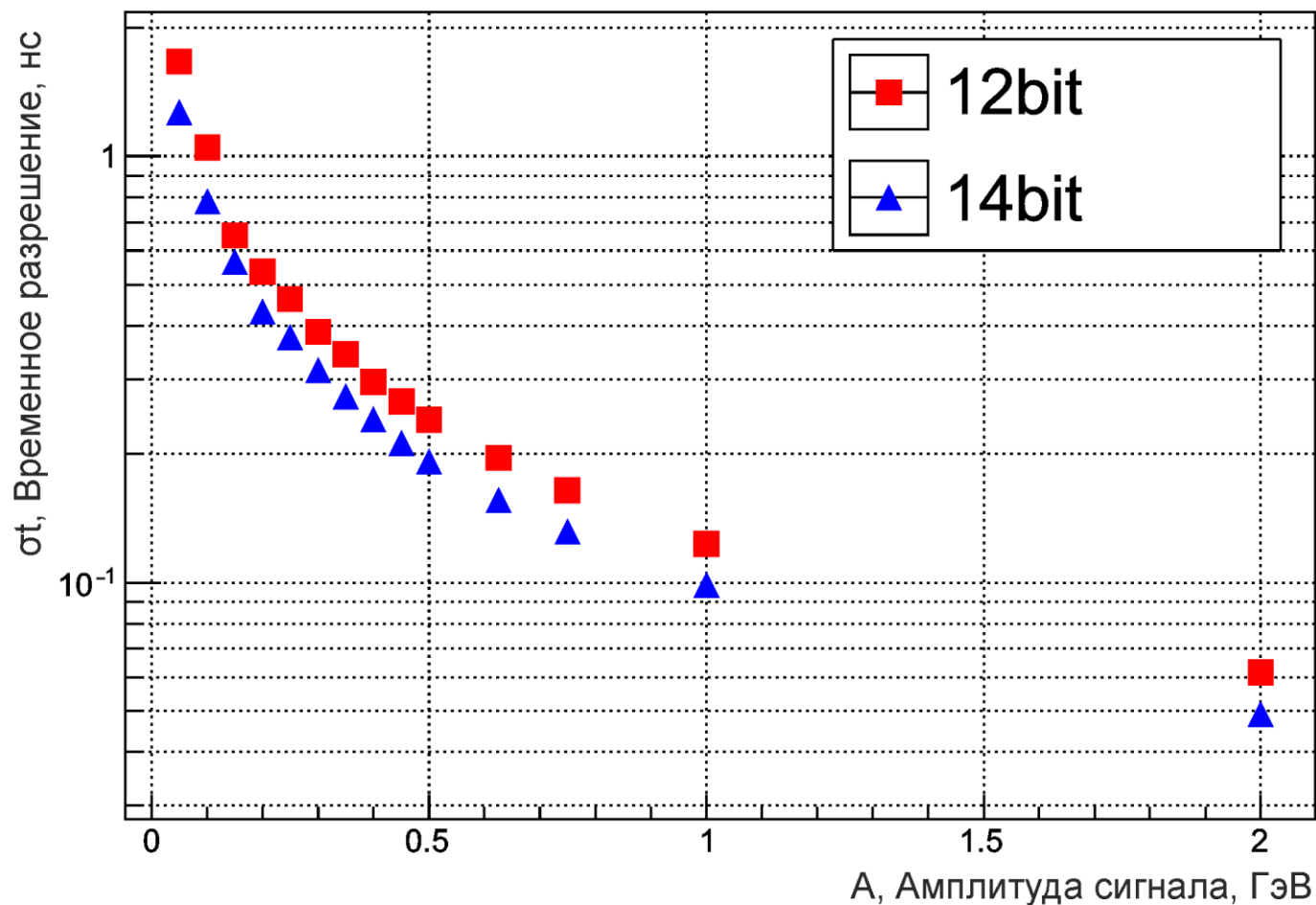
Зависимость временного разрешения от амплитуды сигнала



# Изучение временного разрешения

Разрядность электроники (ADC). Добавление шума

Зависимость временного разрешения от  $A$  с добавлением шума

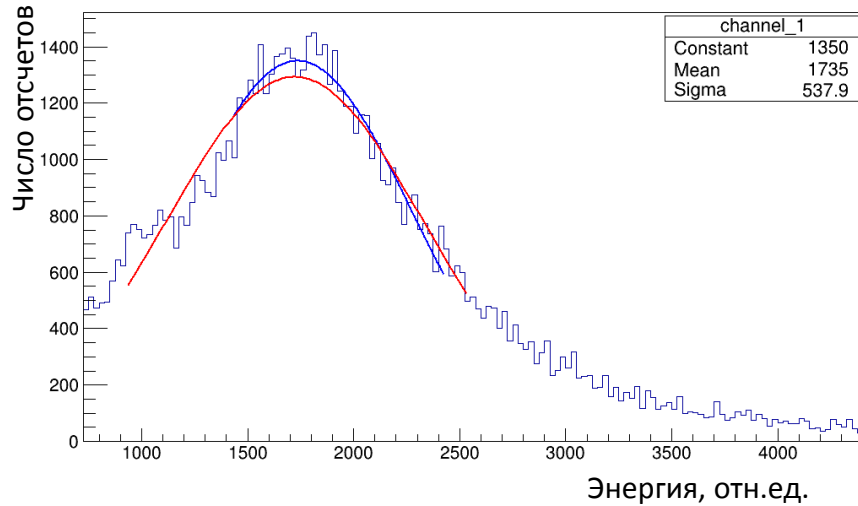




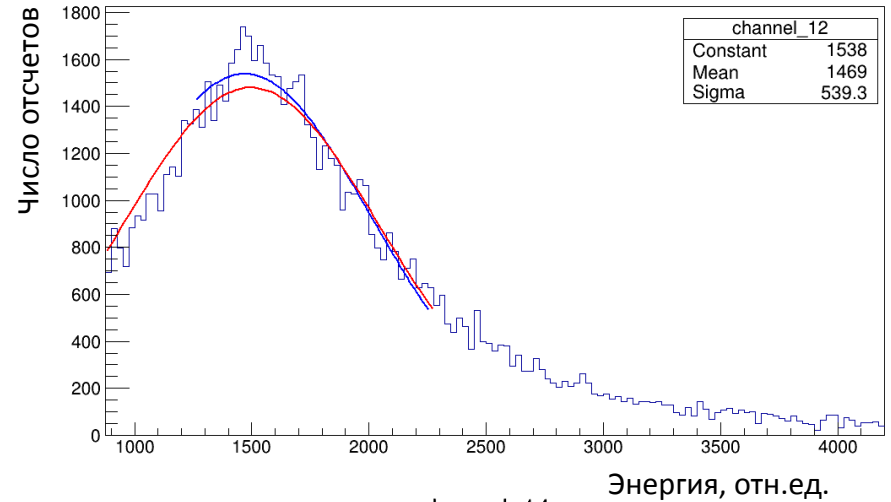
# Калибровка модулей детектора

## Относительная калибровка

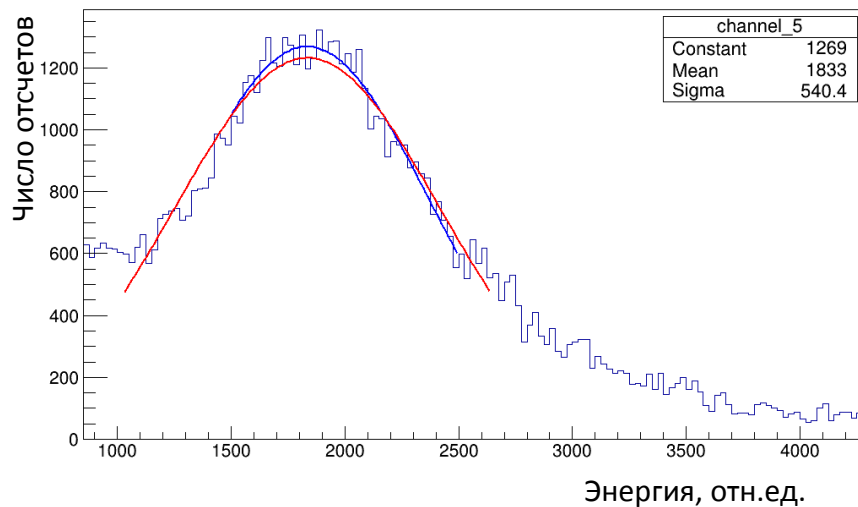
channel\_1



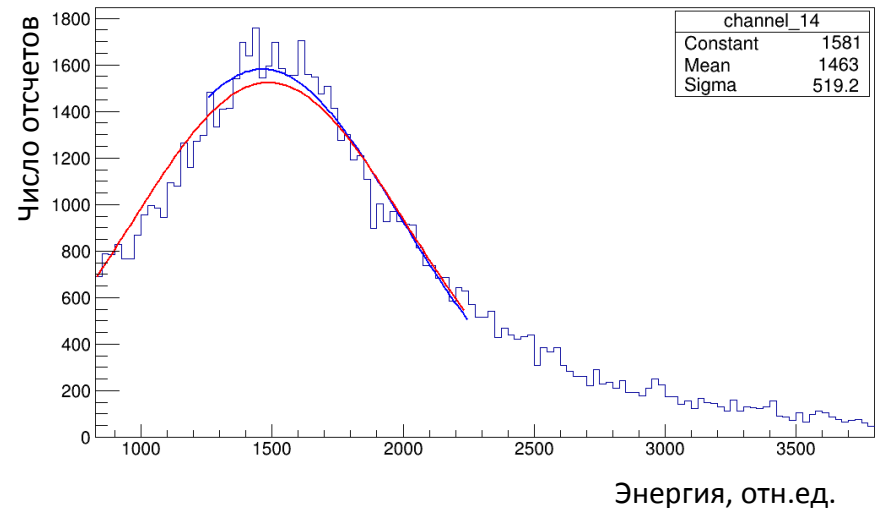
channel\_12



channel\_5

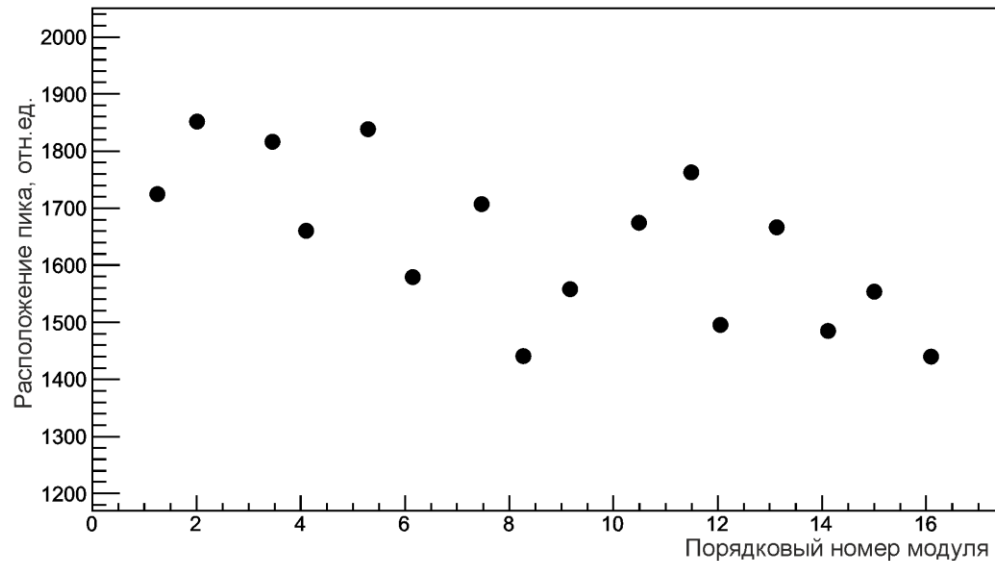


channel\_14

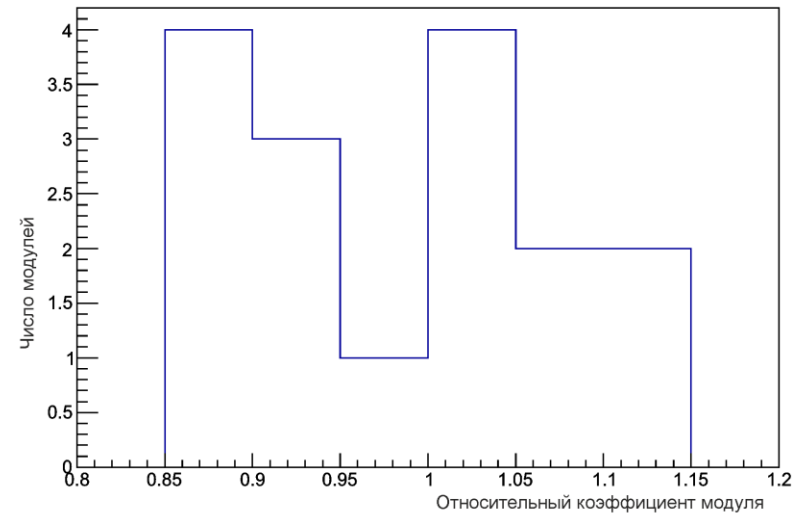


# Калибровка модулей детектора

## Относительная калибровка



Положения пиков каналов

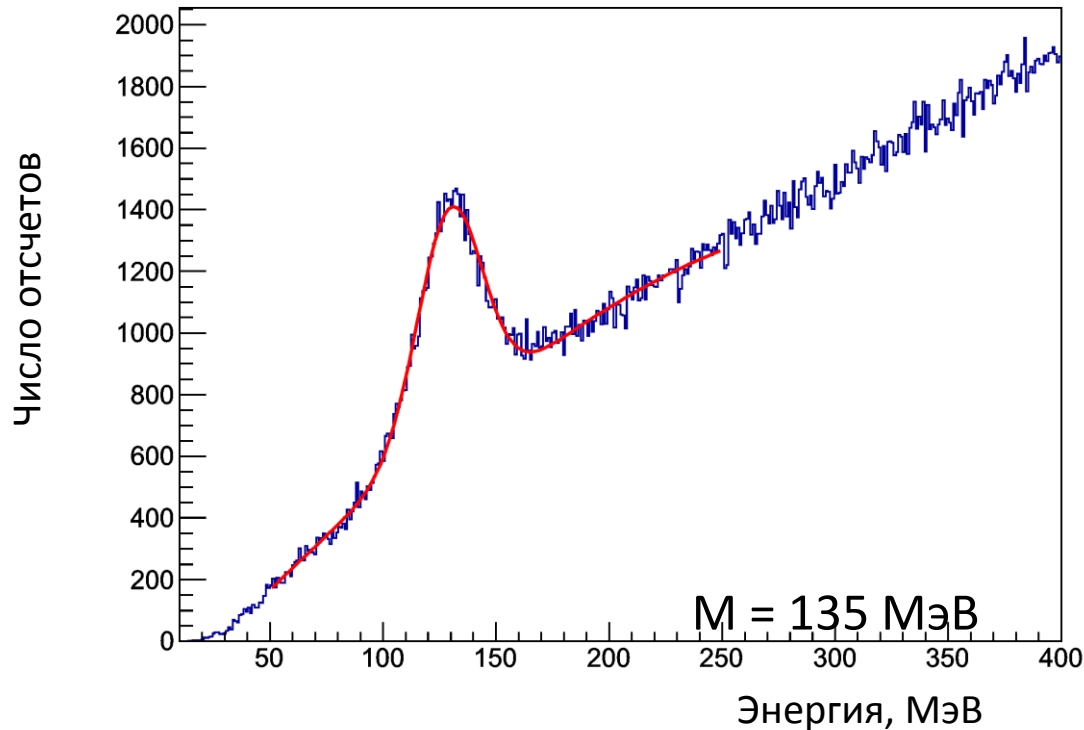


Относительные коэффициенты

В результате получаем относительные коэффициенты, которые позволяют выровнять сигналы башен между собой.

# Калибровка модулей детектора

## Абсолютная калибровка

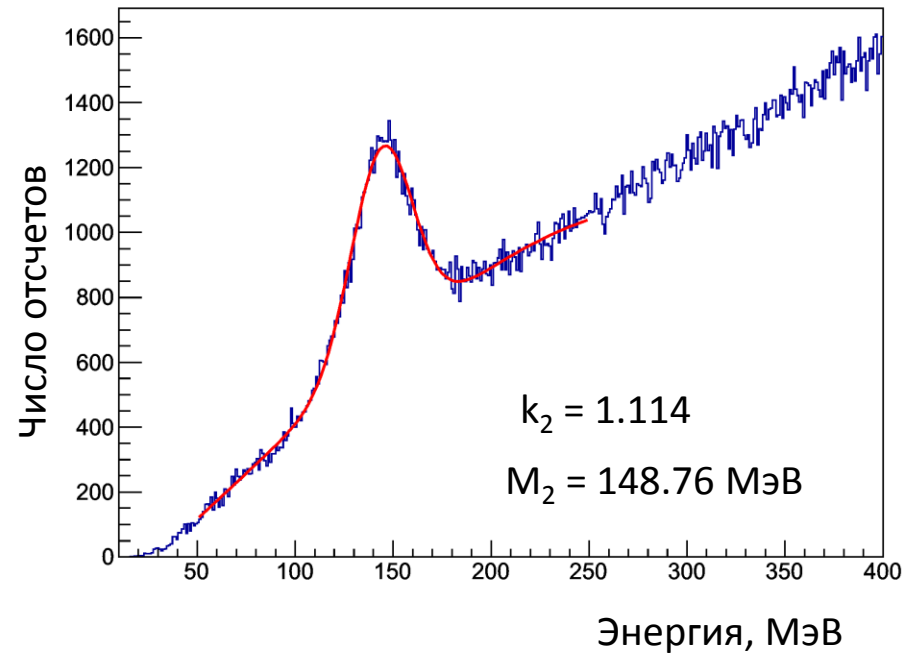
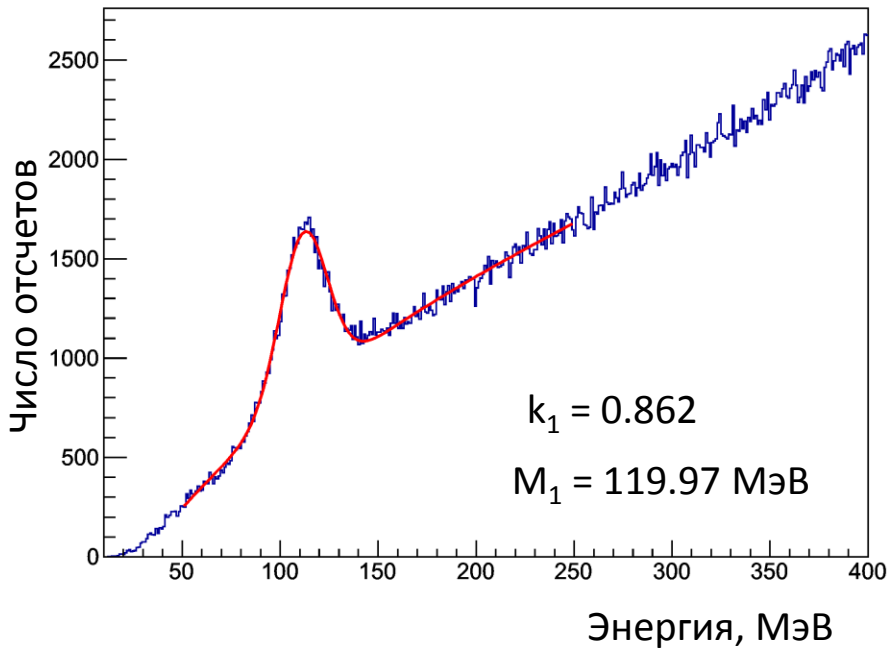


## Спектр восстановленных масс $\pi^0$

С помощью ВОХ-генератора были смоделированы события, в которых получались  $\pi^0$ , из распада которых образовывались и регистрировались фотоны. После чего  $\pi^0$  были восстановлены. Спектр масс образованных  $\pi^0$  изображен выше.

# Калибровка модулей детектора

## Абсолютная калибровка

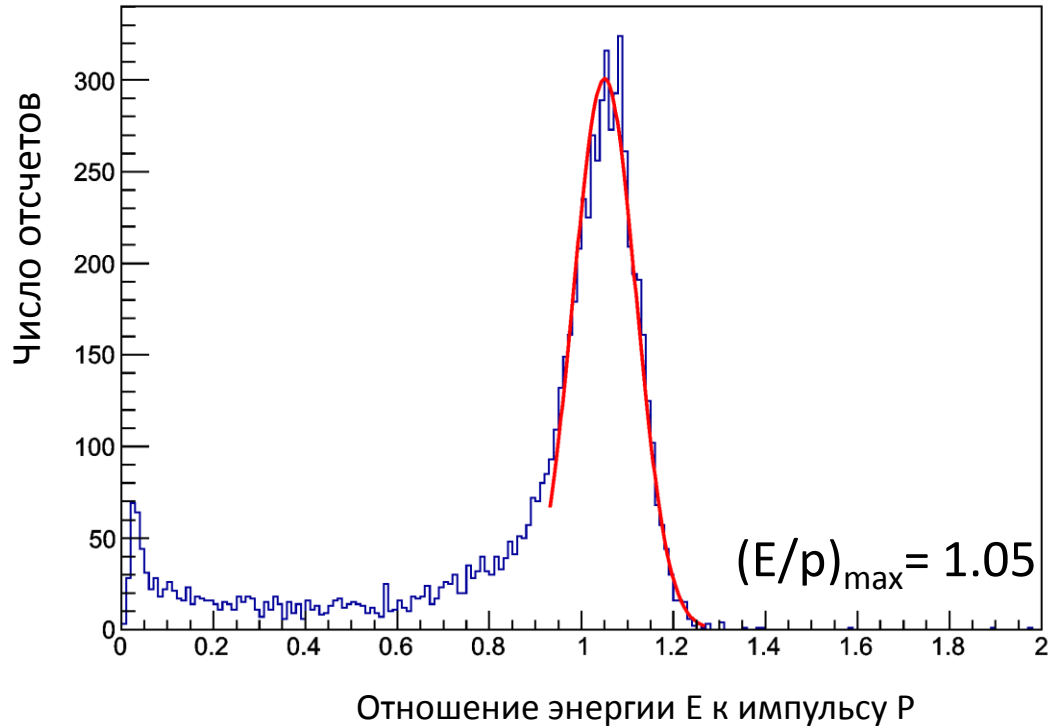


Случай	Введенный коэффициент, $k$	Положение пика $\pi^0$ , $M$ [МэВ]	Полученный коэффициент, $K=M/m$	Отношение коэффициентов, $n = K/k$
1	0.862	119.97	0.8887	1.031
2	1.114	148.76	1.1019	0.989



# Калибровка модулей детектора

## Абсолютная калибровка ( $e^+, e^-$ )

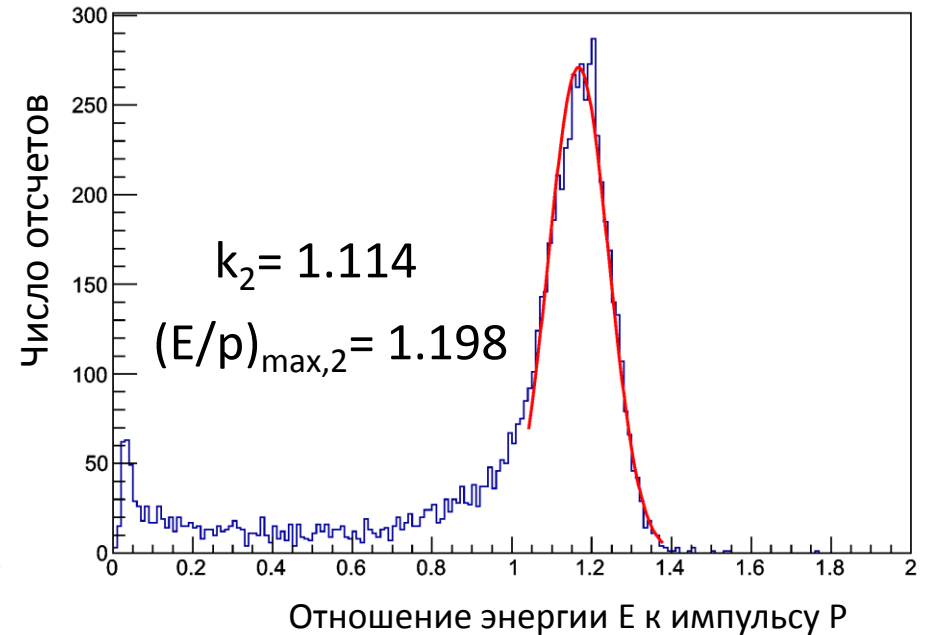
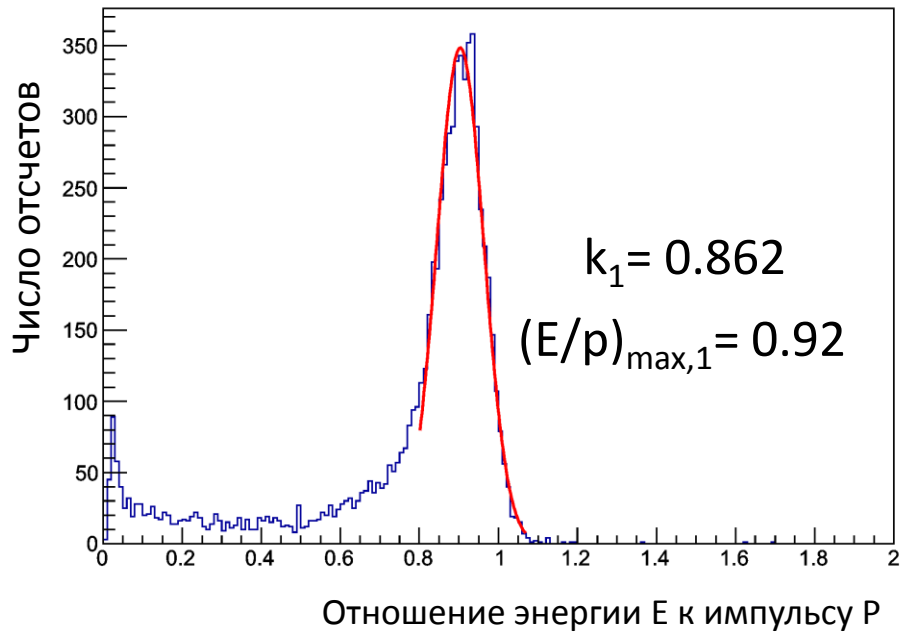


## Распределение отношений $E/p$

С помощью Pluto-генератора были смоделированы события, в которых образовывались и регистрировались  $e^+$  и  $e^-$ . В процесс моделирования была включена геометрия установки MPD. Из калориметра были получены значения энергии  $E$  частиц, из детектора TPC(Время-проекционная камера) были получены значения импульсов  $P$  частиц. Распределение отношений  $E/p$  представлено выше.

# Калибровка модулей детектора

## Абсолютная калибровка (e+,e-)



Случай	Введенный коэффициент, k	Положение пика E/p, A	Полученный коэффициент, K = A/a	Отношение коэффициентов, n = K/k
1	0.862	0.92	0.8766	1.017
2	1.114	1.198	0.1407	1.024

# Выводы

**В результате выполнения работы:**

- было изучено влияние различных факторов на временное разрешение
- показана важность уменьшения отношения сигнал/шум
- разработаны методы относительной и абсолютной калибровки модулей электромагнитного калориметра на **физических** процессах

# Благодарности

- Членам экзаменационной  
КОМИССИИ
- Руководству кафедры
- Группе НЭОМД ЛФВЭ
- Тяпкину Игорю Алексеевичу

**Спасибо за внимание!**

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] УСКОРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС NICA – БАЗА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК Под общей редакцией В.Д. Кекелидзе. (Booklet NICA, <http://nica.jinr.ru/files/Booklet-NICA.pdf>)
- [2] Nuclotron-based Ion Collider fAcility (<http://nica.jinr.ru/>)
- [3] Development of Shashlyk Calorimeter for KOPIO, G.S. Atoian, V.V. Issakov, O.V. Karavichev, Institute for Nuclear Research of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, Physics Department, Yale University, New Haven, CT 06511, USA (arXiv:physics/0310047)
- [4] Многоцелевой Детектор – MPD (концептуальный дизайн-проект)