

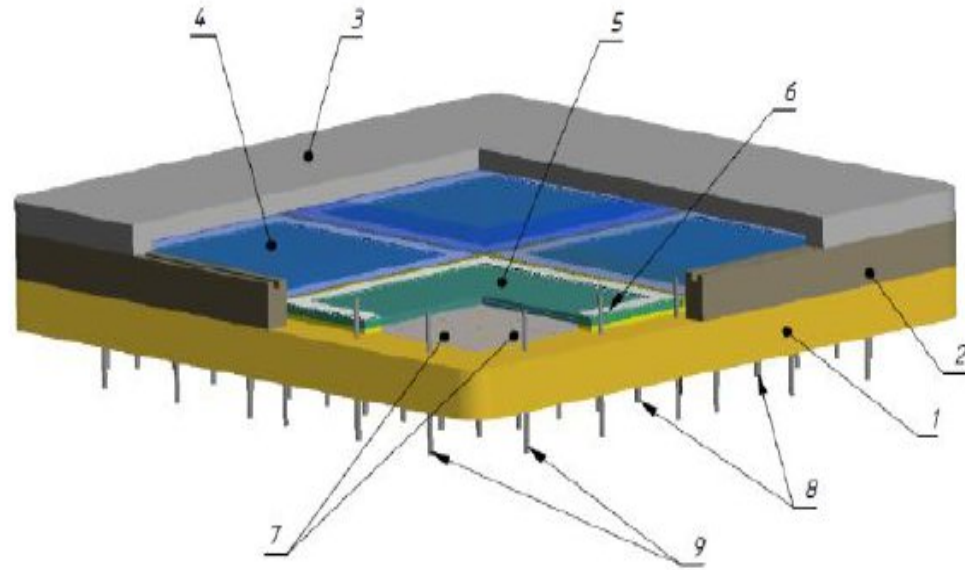
Разработка детектора заряженных частиц на основе МКП с CsI-фотокатодом



Докладчик: Петрухин Кирилл
ИЯФ СО РАН 2022

Введение

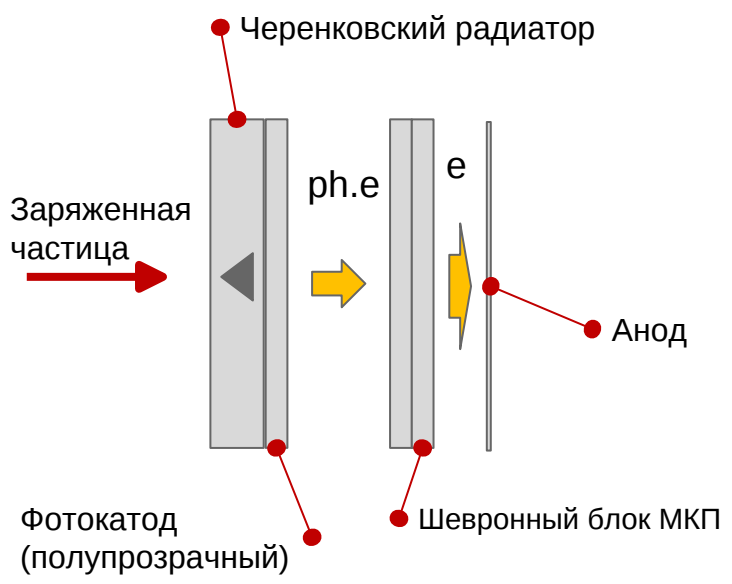
- Работа посвящена созданию пикосекундного детектора заряженных частиц на основе микроканальных пластин (МКП).
- Целевое разрешение ~ 15 пс, что позволит
 - Идентификация частиц с помощью TOF
 - Разделение по времени вершин событий в адронных коллайдерах с высокой светимостью
- План разработки детектора:
 1. Отработка технологий, необходимых для создания детектора
 2. Создание упрощенного прототипа с временным разрешением ~ 15 пс
 3. Создание полноценного детектора



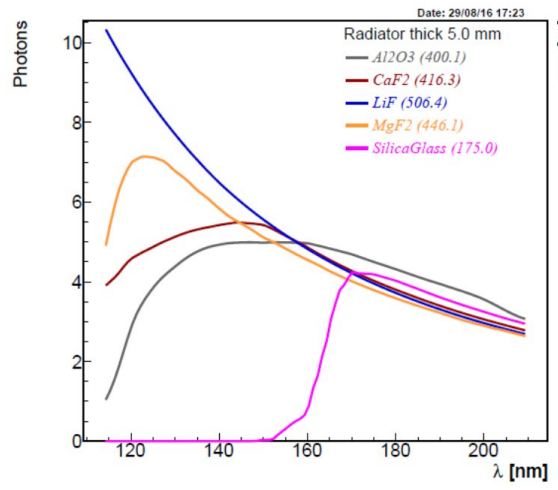
Концепт детектора:

- 1 — керамическое основание(10x10см),
- 2 — металлическая стенка,
- 3 — металлическая крышка,
- 4 — черенковский радиатор с напылённым фотокатодом(4шт.),
- 5 — матрица 2x2 шевронных сборок МКП,
- 6 — керамическая прокладка,
- 7 — анодные площадки,
- 8 — выходы с анодов,
- 9 — высоковольтные вводы.

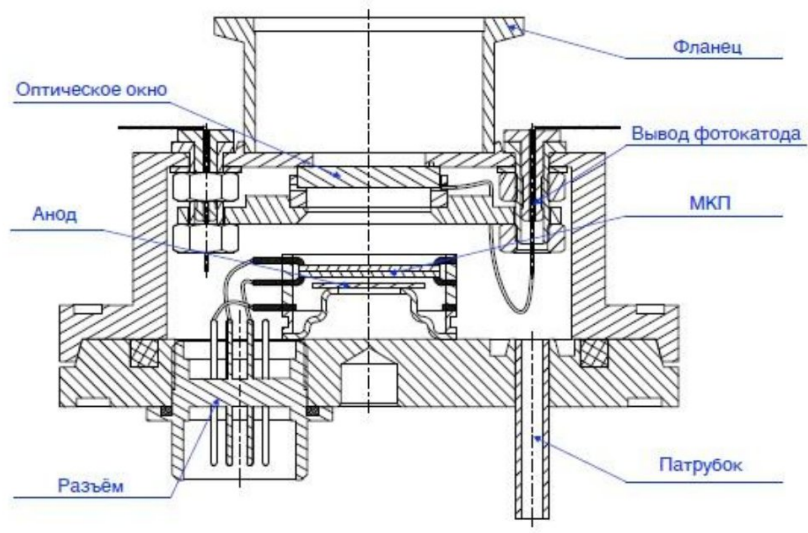
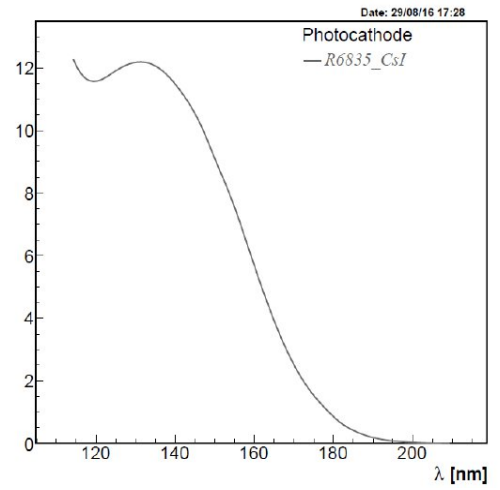
Принцип работы и конструкция прототипа детектора



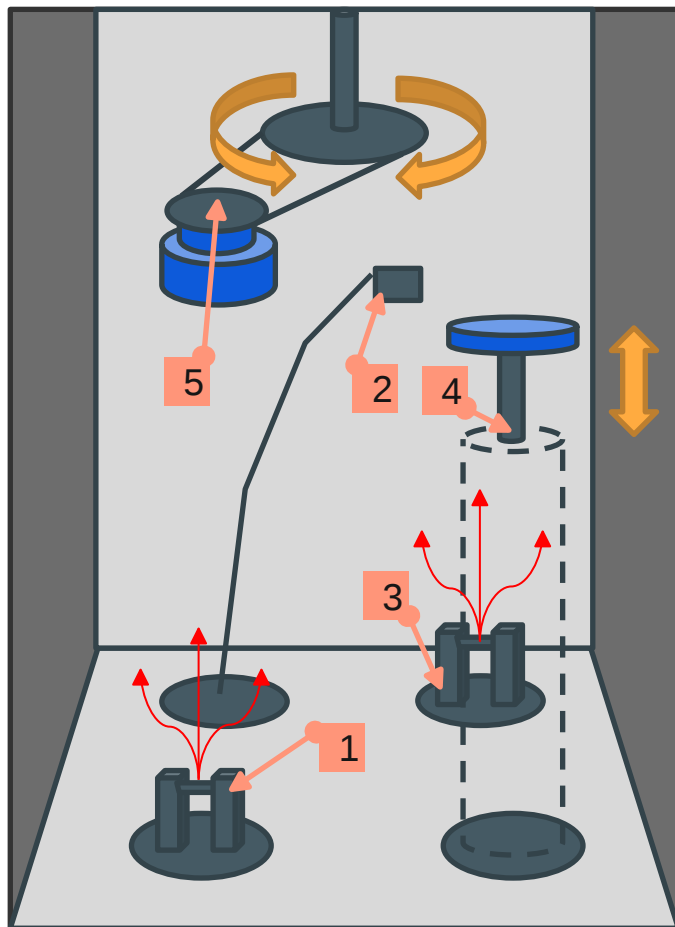
Результаты расчетов



Полупрозрачный CsI фотокатод (HAMAMATSU R6835)



Установка для напыления полупрозрачных фотокатодов (вакуумная камера)



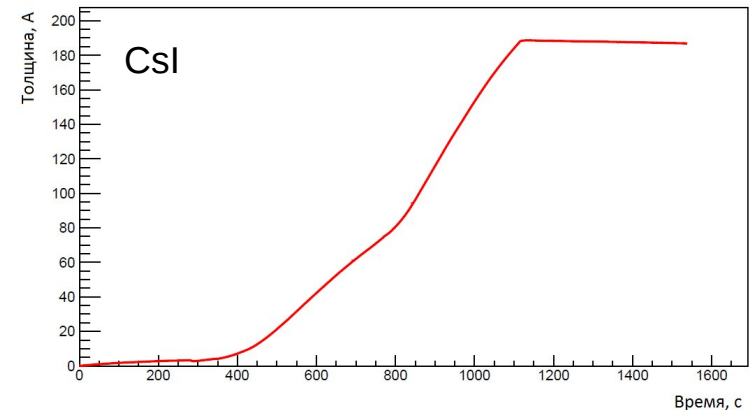
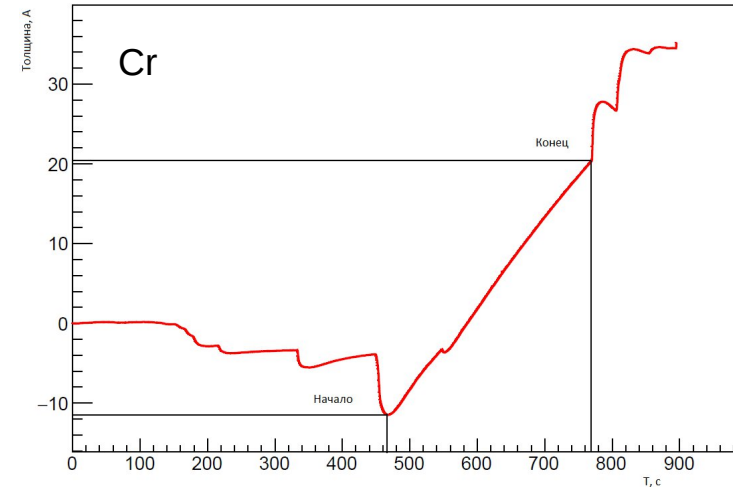
- Управление осуществляется с помощью ПК



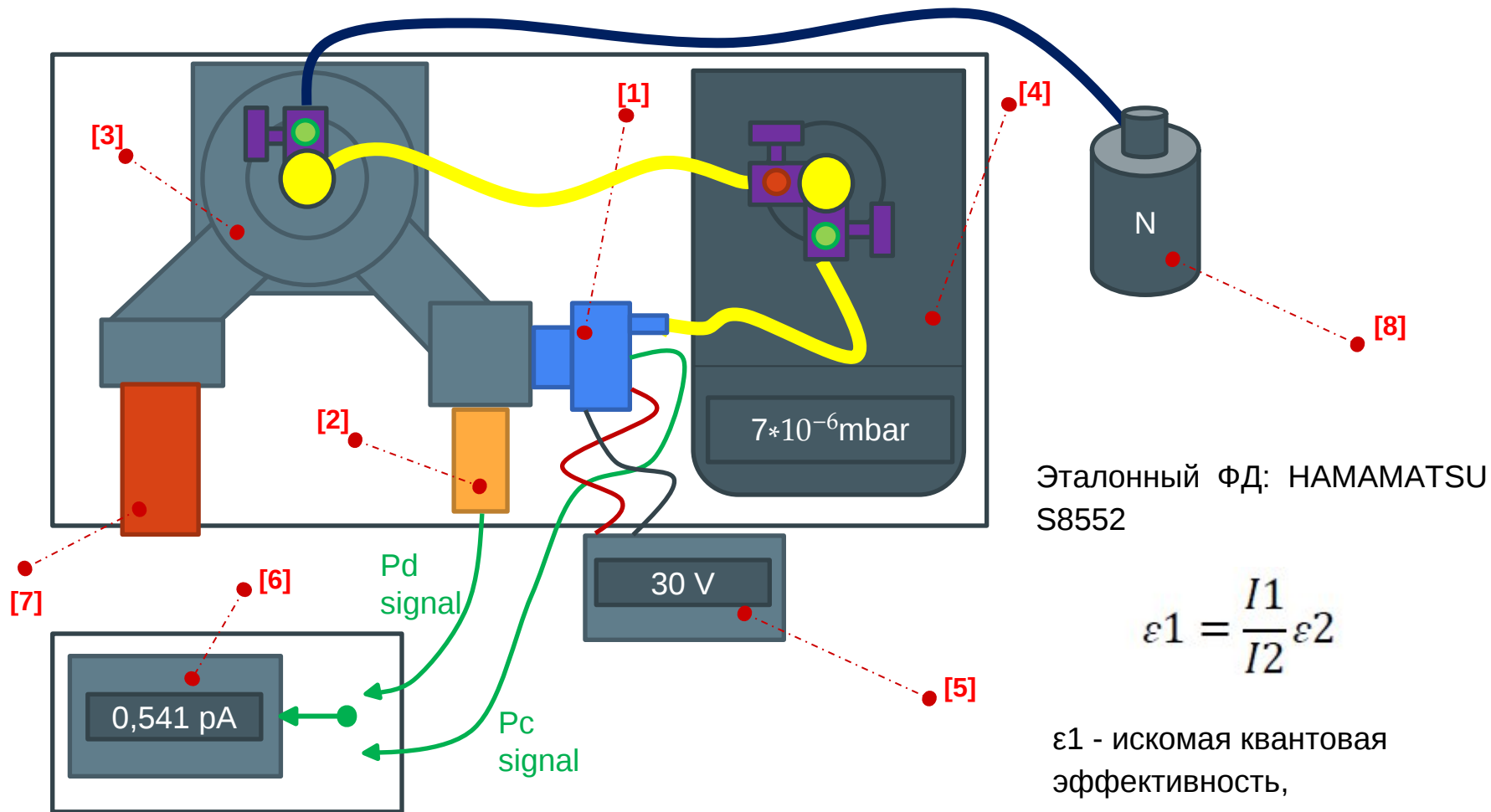
- 1 – Резистивный испаритель Cr
- 2 – Кварцевый резонатор
- 3 – Резистивный испаритель CsI
- 4 – Штатив для нижней части прототипа
- 5 – Держатель для верхней части прототипа

Процедура изготовления

- Прогрев камеры до 100°C
- Напыление Cr
- Охлаждение до 40-60°C
- Напыление CsI
- Выдержка при 60°C в течении 6÷8 ч
- Перемещение нижней части прототипа с МКП в камеру
- Прогрев до 100°C
- Сборка прототипа
- Полный процесс изготовления фотокатода занимает 2 дня



Стенд для измерения квантовой эффективности



1 – прототип , 2 - эталонный фотодиод, 3 - монохроматор (McPherson M302), 4 – насос для откачки воздуха, 5 – источник питания прототипа, 6 – пикоамперметр, 7 – дейтериевая лампа, 8 – баллон с азотом.

ε_1 - искомая квантовая эффективность,
 I_1 – ток прототипа,
 I_2 – ток эталонного фотодиода
 ε_2 – известная квантовая эффективность эталонного фотодиода.

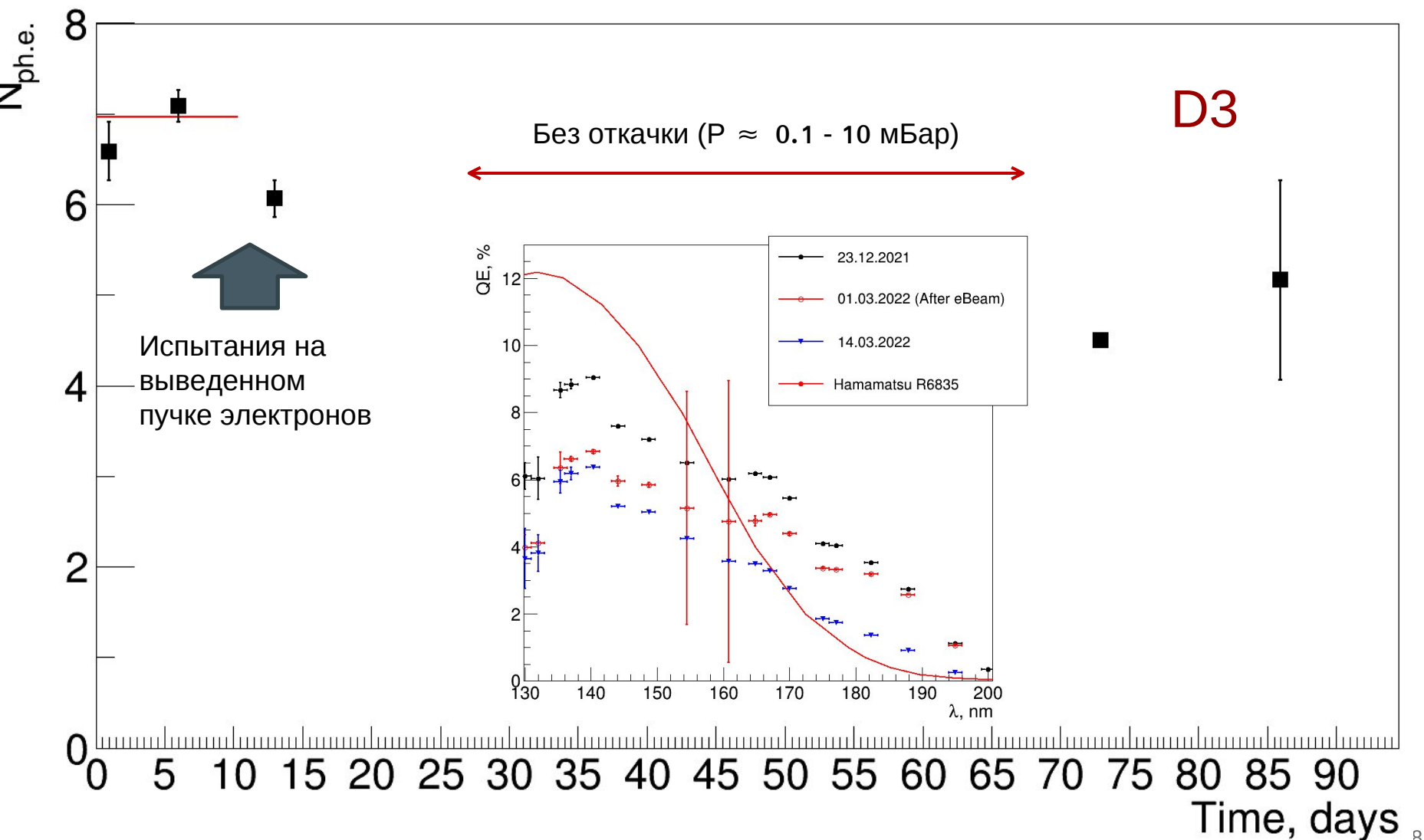
Параметры изготовленных прототипов

	D3	D5
Материал радиатора	MgF ₂	LiF
Толщина радиатора	3 мм	3 мм
Cr	3 нм	3 нм
CsI	22 нм	21 нм
Длительность выдержки при 60°C	7 ч	7 ч
Макс.КЭ	9.2%(140 нм)	7.4%(135 нм)

Квантовая эффективность

$$N_{ph.e.} = CE * \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} N_{ph.}(\lambda) QE(\lambda) d\lambda$$

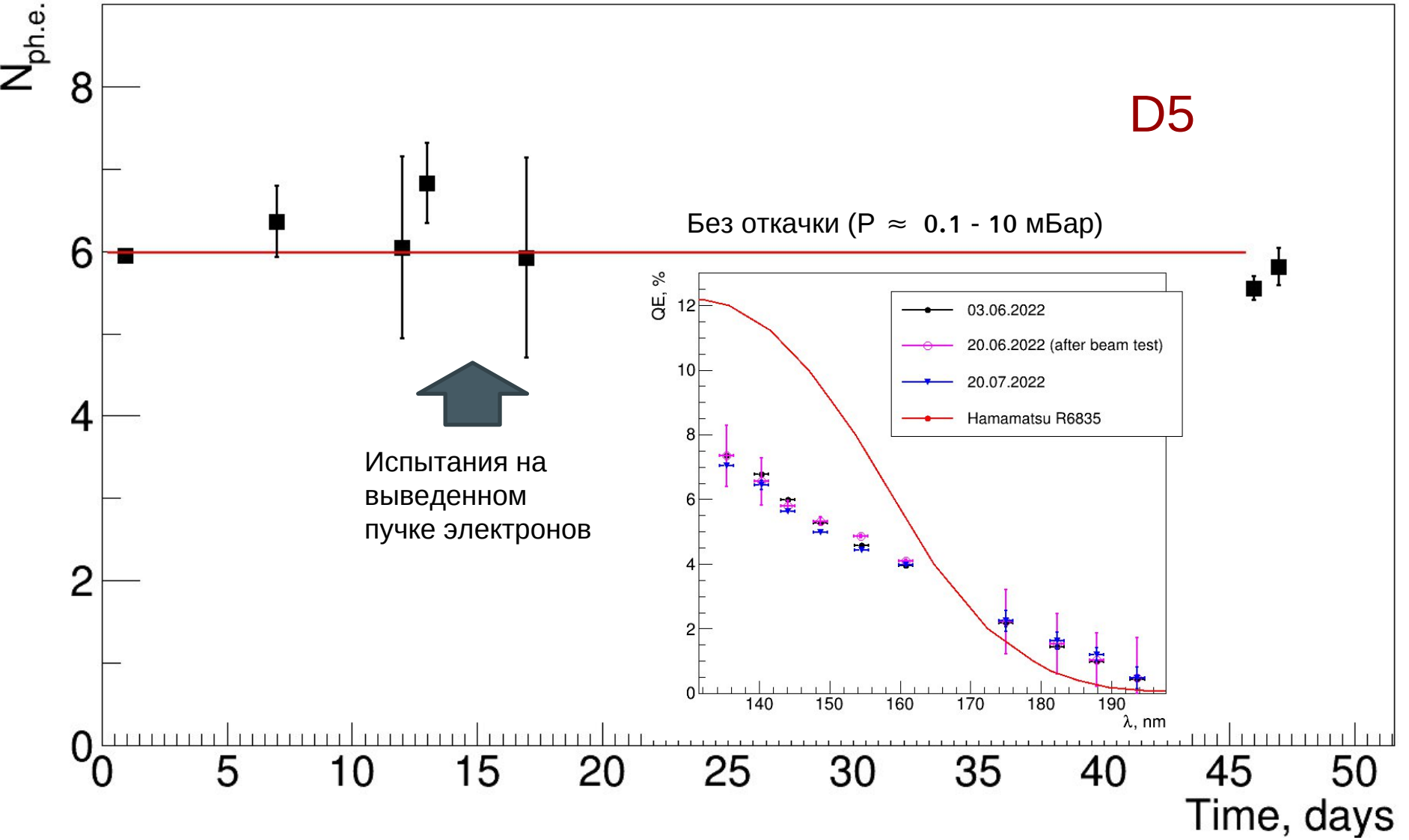
CE = 0.58 - коэффициент сбора МКП



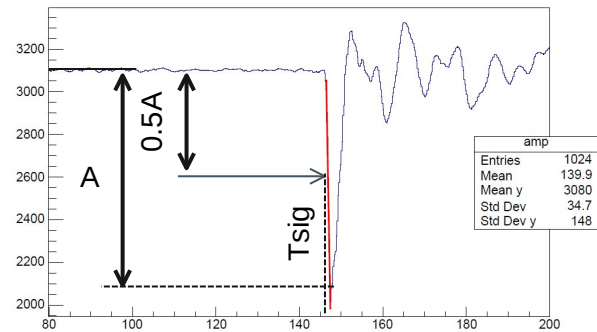
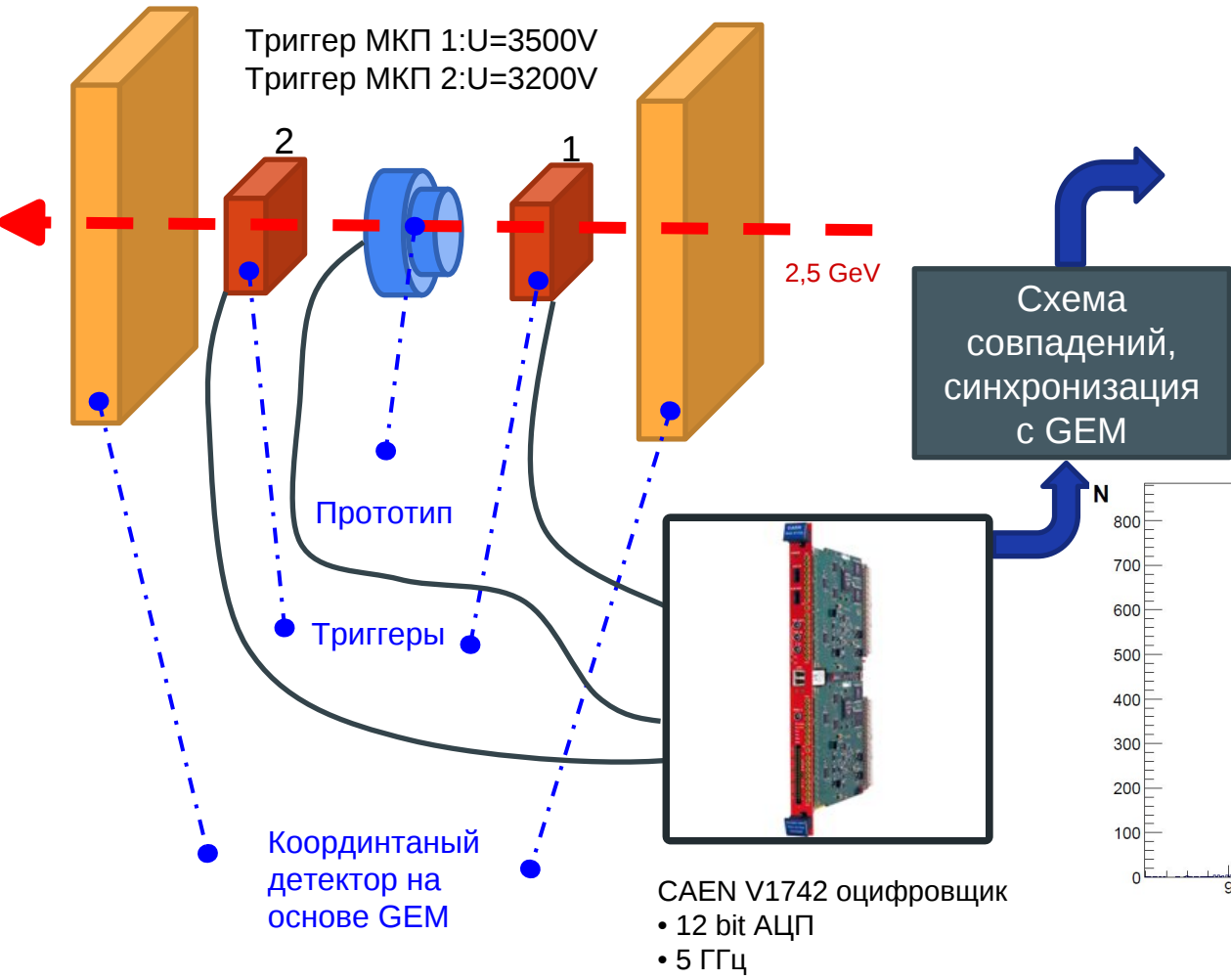
Квантовая эффективность

$$N_{ph.e.} = CE * \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} N_{ph.}(\lambda) QE(\lambda) d\lambda$$

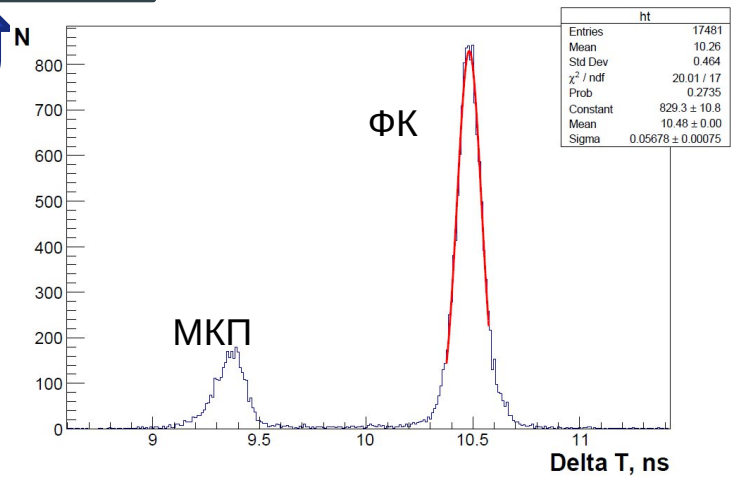
CE = 0.58 - коэффициент сбора МКП



Испытания на выведенном пучке ускорителя ВЭПП -4М

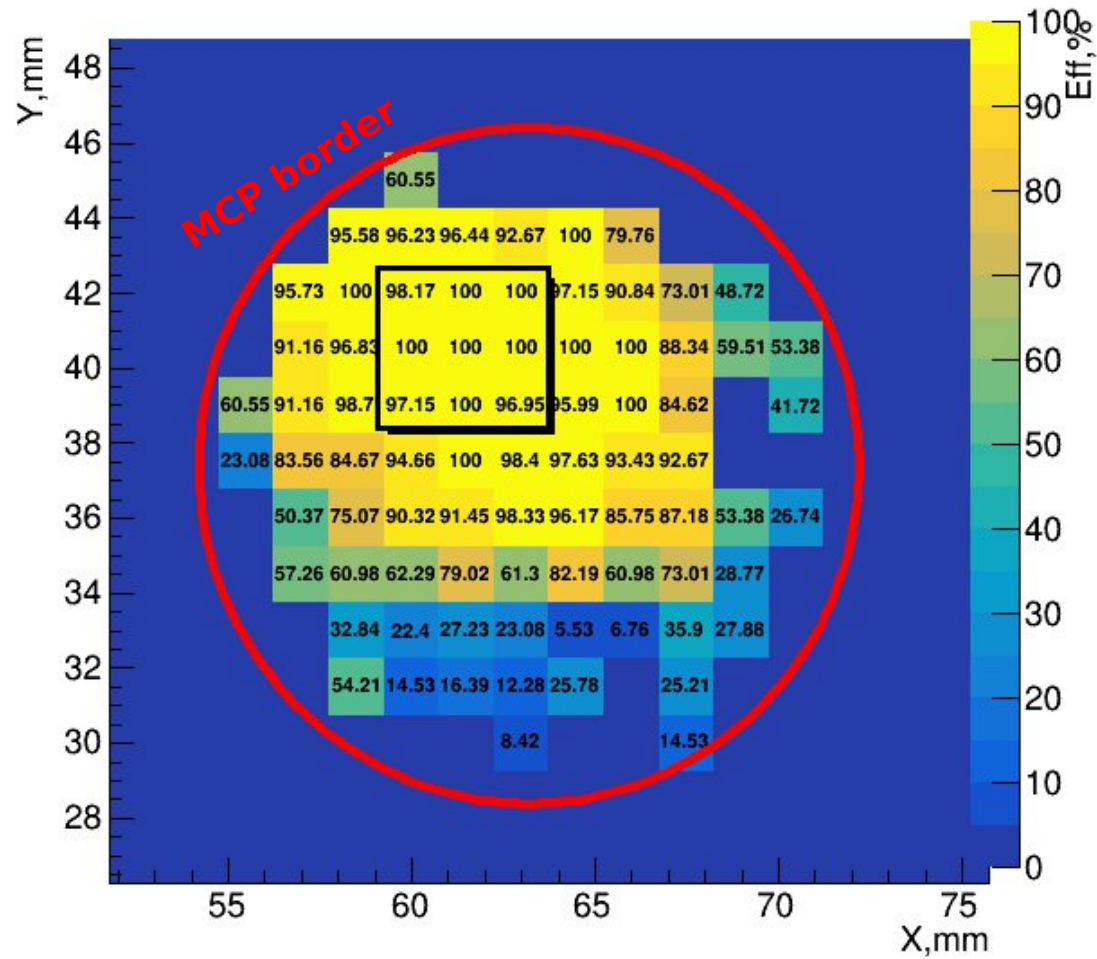


Осциллограмма t , нс

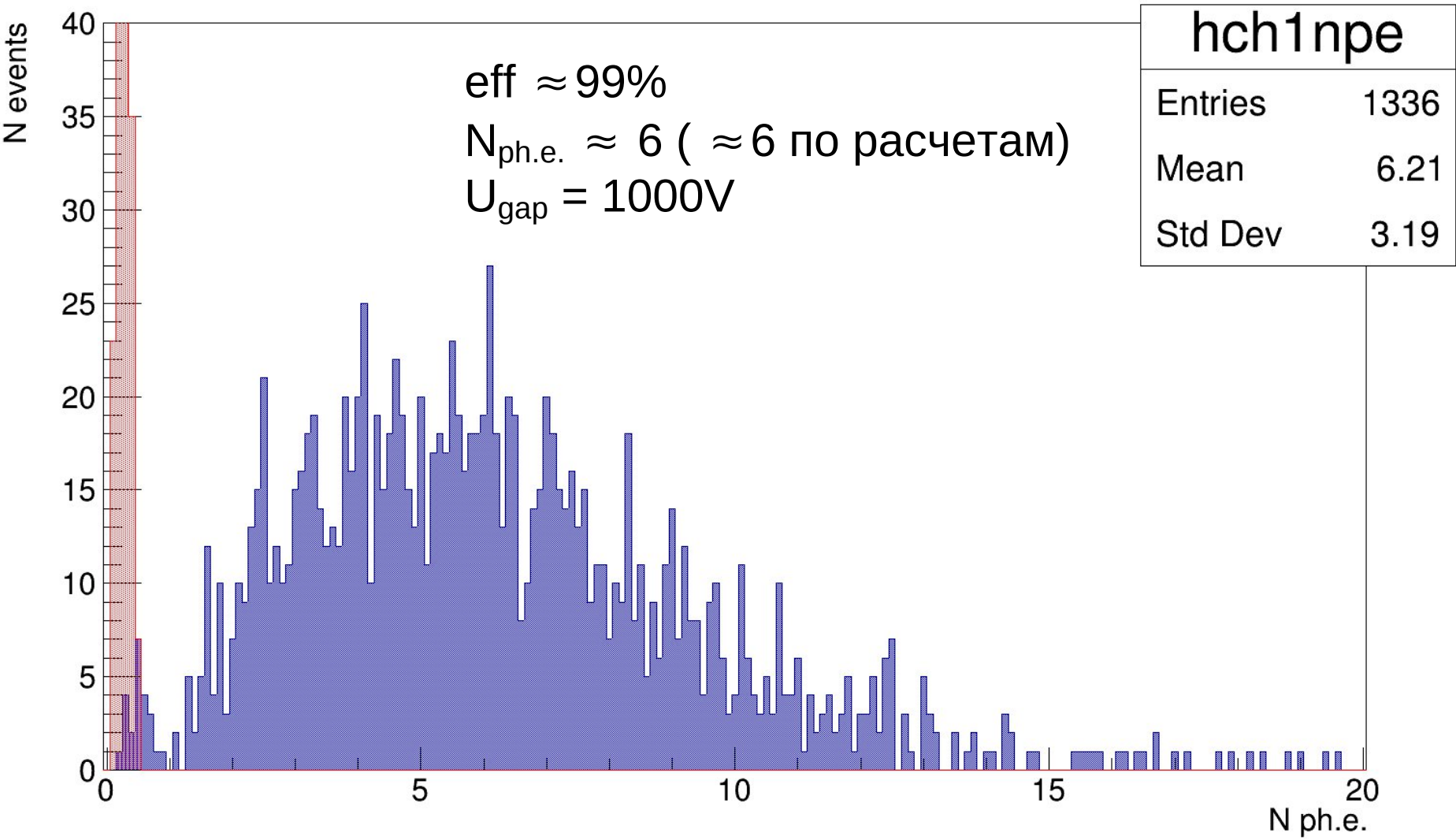


Временное распределение;
Фотокадод: $U=2900V$ МКП: $U=2600V$

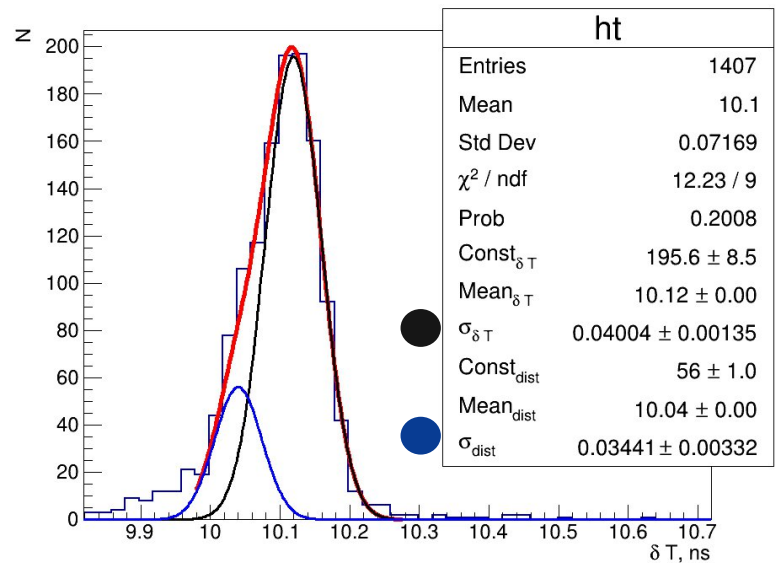
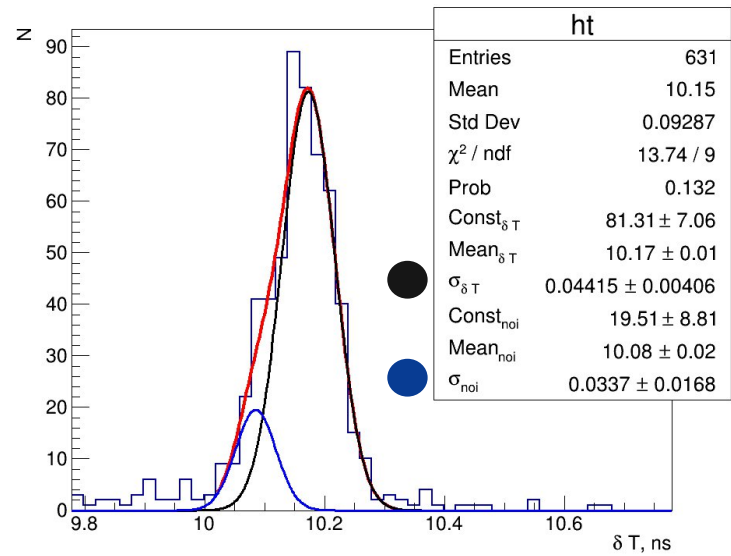
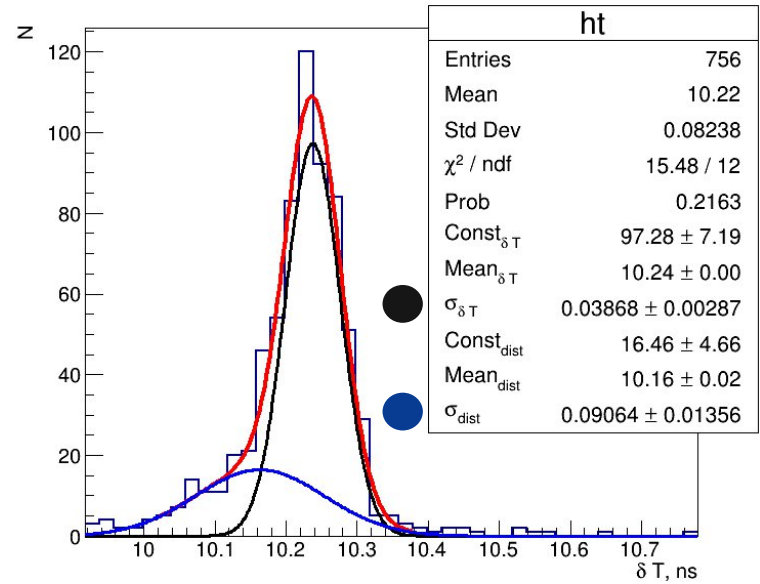
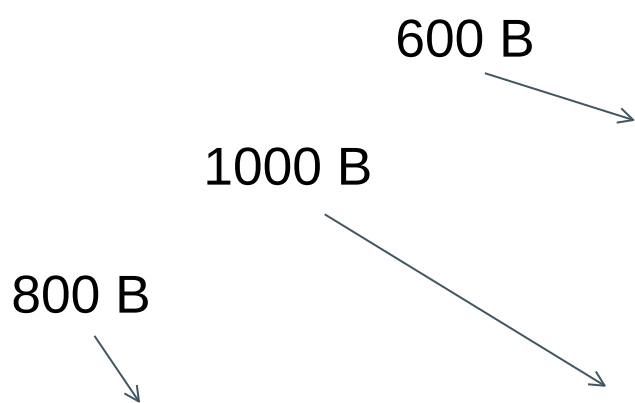
Геометрическое распределение эффективности



Амплитудное распределение

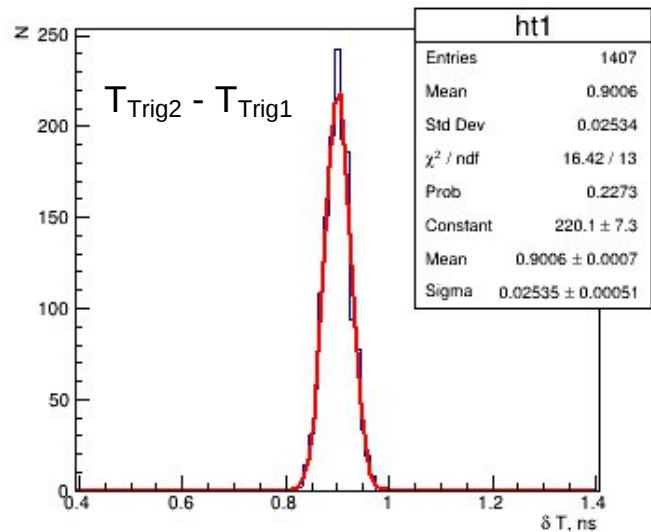


Временное разрешение

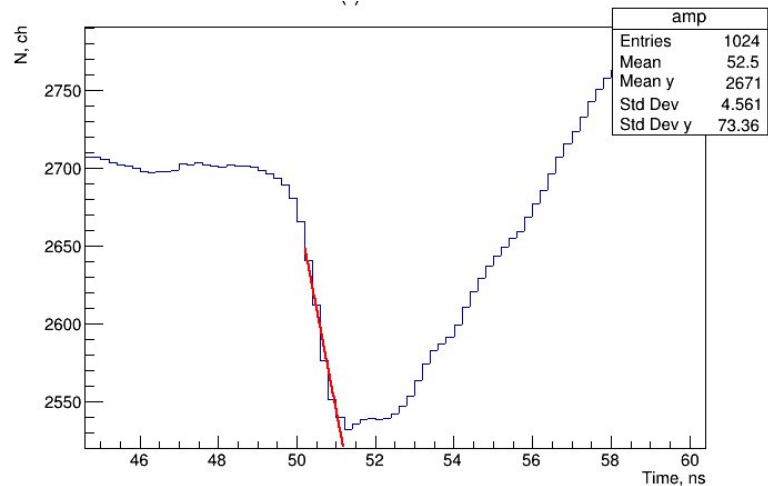


Некоторые факторы, ухудшающее временное разрешение

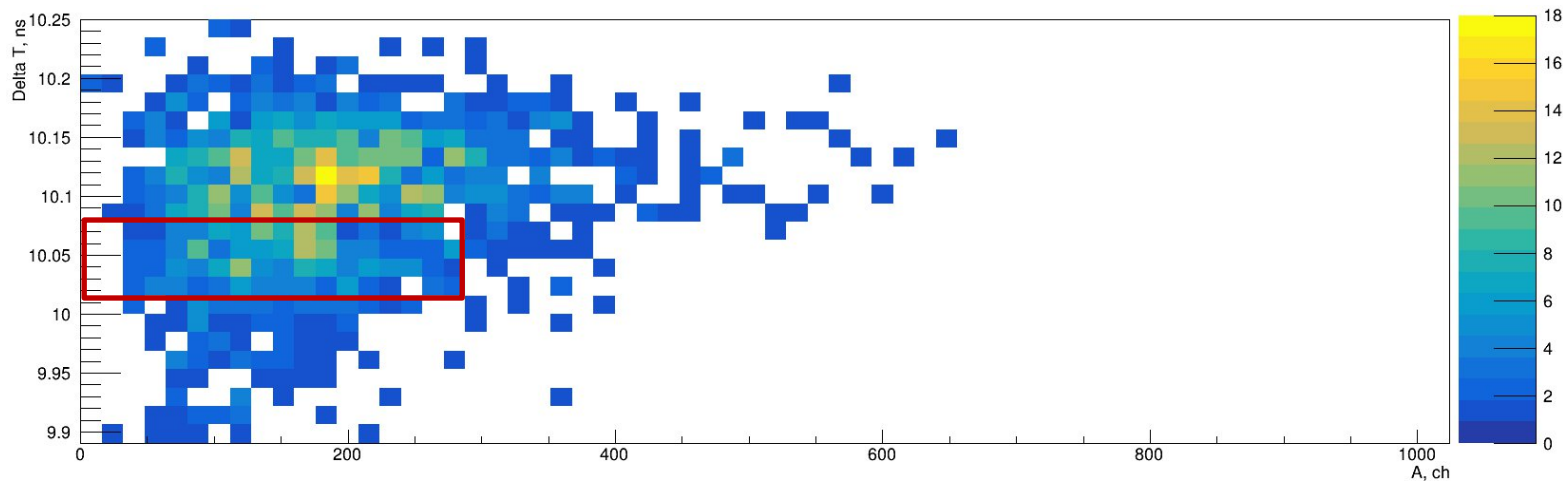
1



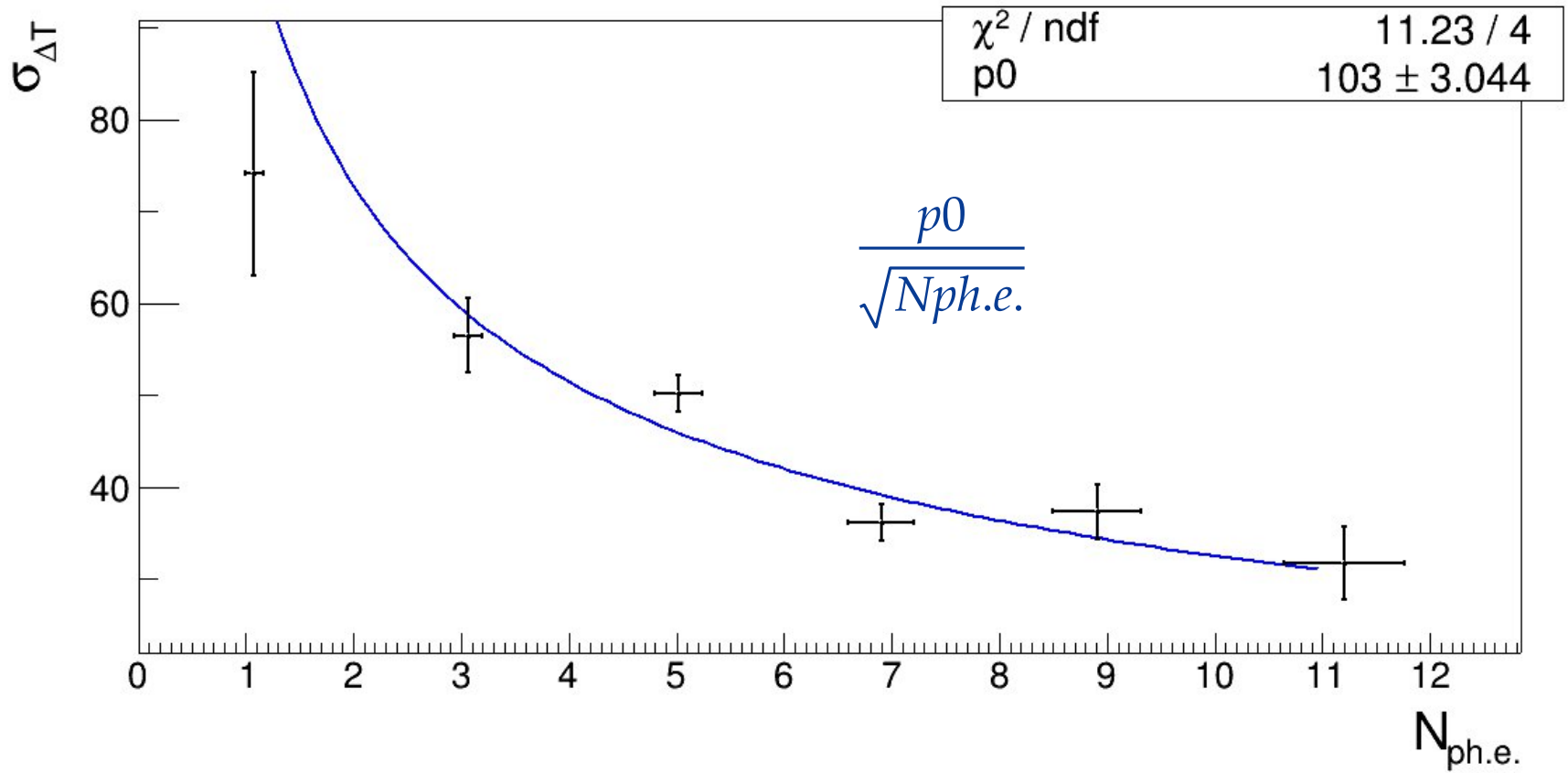
2



3



Зависимость временного разрешения от числа фотоэлектронов



Заключение

- Изготовлено несколько прототипов с полупрозрачным CsI – фотокатодом на основе LiF (КЭ=7.4%) и MgF2 (КЭ=9.2%) радиаторов
- Освоена технология изготовления CsI-фотокатодов
 - Удаление воды из МКП (прогрев при 100)
 - Отказ от напыления в присутствии МКП (даже в тени)
 - ФК выдерживает получасовое завоздушивание
- Фотокатод на LiF радиаторе демонстрирует стабильность после испытаний на выведенном пучке электронов
- Фотокатод на MgF2 радиаторе был стабилен до испытаний на выведенном пучке электронов, но деградировал после, так как в прототипе применялся загрязненный блок МКП
- Среднее число фотоэлектронов ≈ 6 , что хорошо совпадает с расчетами
- Временное разрешение составляет 40-50пс

Backup

