

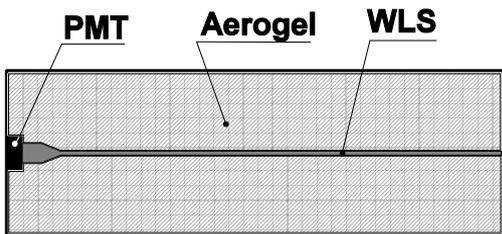
Статус модернизации системы АЧС АШИФ для детектора СНД.

И.А. Куянов от имени аэрогелевой группы ИЯФ СО РАН.

Институт Ядерной Физики СО РАН, Новосибирск

Научная сессия-конференция СЯФ ОФН РАН, 1-5 апреля 2024г., ОИЯИ, г. Дубна

Метод идентификации частиц АШИФ

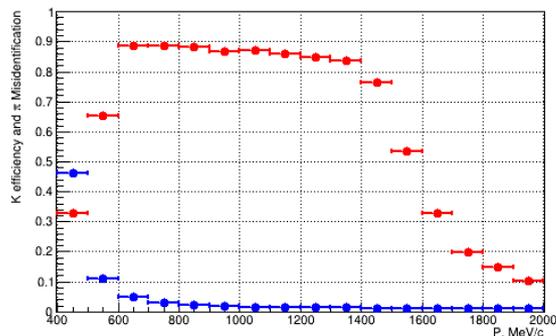
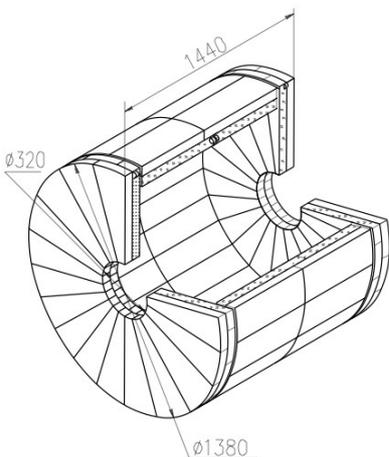


ПММА пластина с добавкой ВВQ работает как световод со смещением спектра.

Предложено в ИЯФ СО РАН. А.Онухин et.al. NIM A315(1992)517

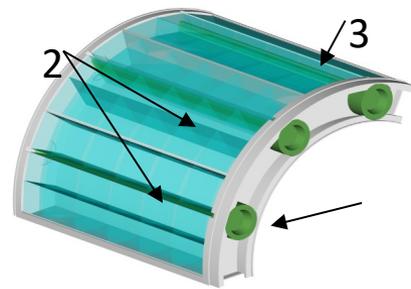
Детекторы с АШИФ в ИЯФ (Новосибирск):

КЕДР эксперимент – ВЭПП-4М

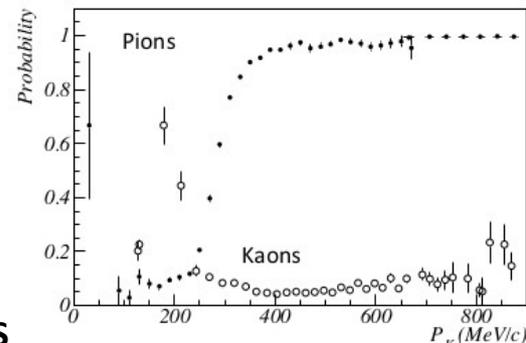


- 160 счетчиков (2 слоя)
- $n=1.05$
- ФЭУ с МКП (\varnothing ФК=18 mm)
- $0.97 \times 4\pi$

СНД эксперимент – ВЭПП-2000



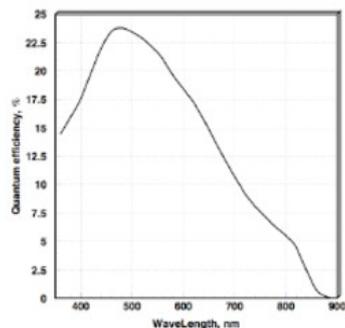
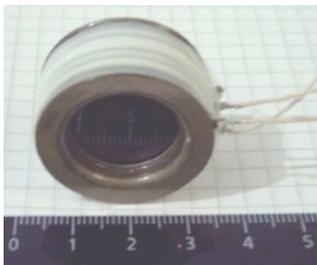
1 - PMT, 2 – aerogel, 3 - WLS



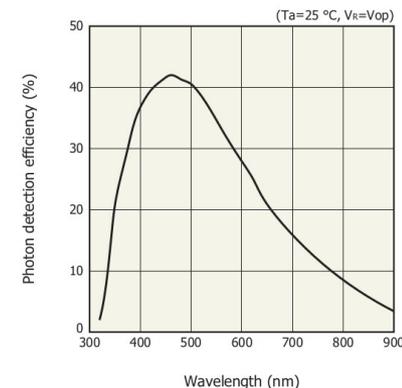
- 9 счетчиков (1 слой)
- $n=1.13$ (π/K разделение), $n=1.05$ (e/π разделение)
- Thickness ~ 30 mm
- ФЭУ с МКП \varnothing ФК=18 мм
- $0.6 \times 4\pi$

Модернизации системы АЧС. ФЭУ с МКП → КФЭУ

ФЭУ с МКП



MPPC (Multi-Pixel Photon Counter) S13363-3050NE-16



- Производитель: «Экран ФЭП» (Новосибирск).
- Окно из боросиликатного стекла
- Мультищелочной (Sb-Na-K-Cs) фотокатод
- МКП с диаметром канала 7 мкм
- Максимальное QE=23% при $\lambda=500$ нм
- Коэффициент сбора фотоэлектронов $\sim 0,6$.
- PDE=QE*CE=23*0,6 \approx 14%
- Осевое магнитное поле
- Электропитание 2÷4 кВ

- Производитель: «Hamamatsu».
- Эффективная светочувствительная площадь/канал
- 3×3 мм
- Количество пикселей/канал 3584
- PDE=40% при $\lambda=500$ нм
- Магнитное поле любого направления
- Источник питания <100 В (тип. $V_{BR} = 53$ В)
- Высокий уровень темновых шумов (0,5 Мкпс)

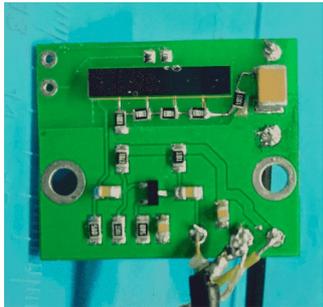
Переход на SiPM должен увеличить количество обнаруживаемых фотоэлектронов.
8÷10⇒20÷30 ф.э.

Прототип счетчика АШИФ



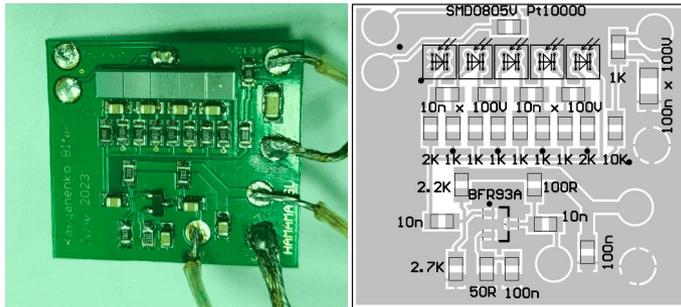
- Использовался сегмент системы АШИФ детектора СНД
- Сегмент состоит из трех черенковских счетчиков (использовался только один).
- Размеры: $R=105\div 141$ мм., длина 260мм., ширина 80 мм..
- Аэрогель обернут в тефлон с коэффициентом отражения $\sim 98\%$.
- Аэрогель толщиной 25мм. с показателем преломления 1.12 (счетчик заполнен не полностью) или 30мм. с показателем преломления 1.05.
- Массив из 5 КФЭУ снимает сигнал с WLS с размером 17×3 мм².

Версия 1



4.04.2024

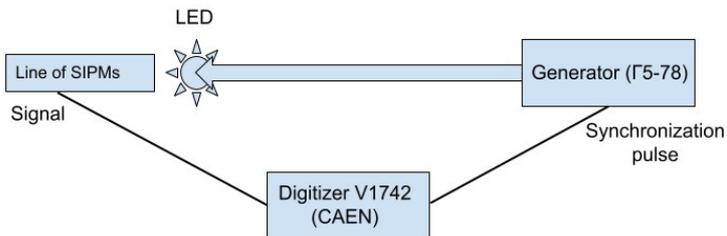
Версия 2



- В1. Последовательное соединение КФЭУ с делителем напряжения смещения;
- В2. Последовательное соединение КФЭУ с параллельным распределением напряжения смещения. (идея соединения взята в статье NIMA 925 (2019) 148, 155

И.А. Куянов

Калибровка числа фотоэлектронов

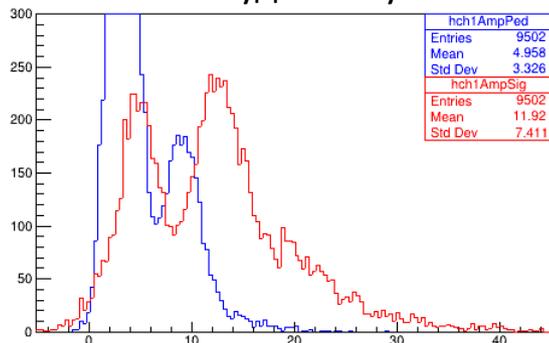


Количество зарегистрированных фотоэлектронов описывается распределением Пуассона для небольшого уровня облучения.

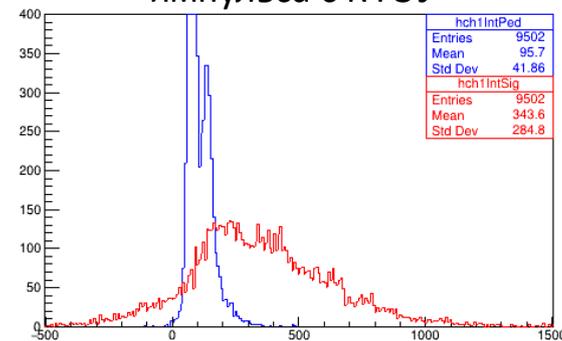
Среднее число зарегистрированных фотонов определялось по доле событий в пьедестале амплитудного распределения.

$$p(n) = \frac{e^{-\mu} \mu^n}{n!} \quad \mu = -\ln P_0$$

Распределение максимальной амплитуды импульса



Распределение площади импульса с КФЭУ

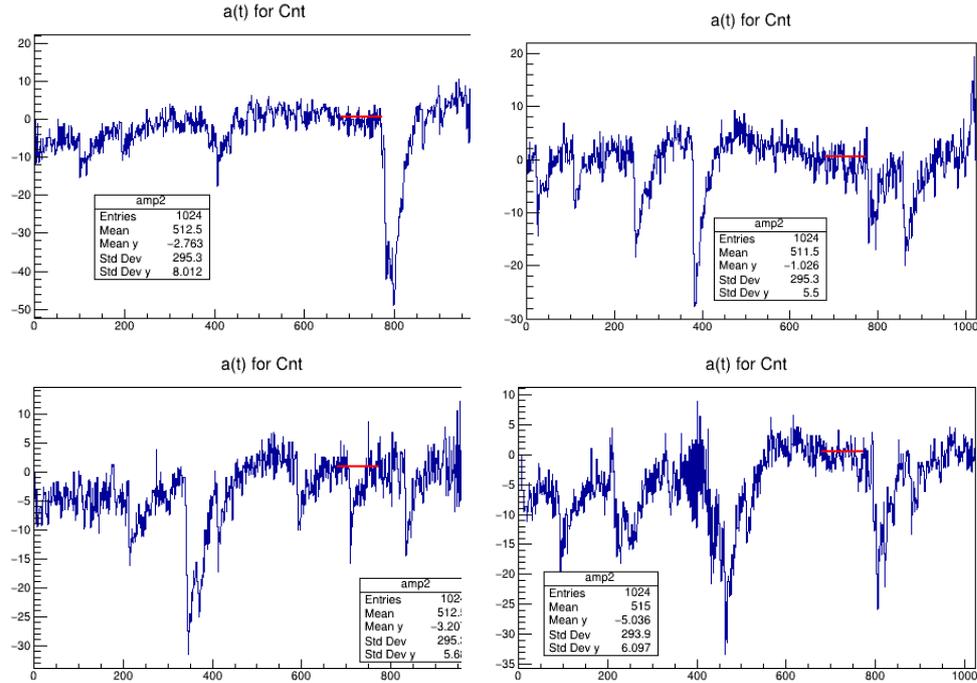


$$A_{1ph.e.} = (A_{sig} - A_{ped}) / N_{ph.e.}^{cal}$$

Калибровка числа фотоэлектронов

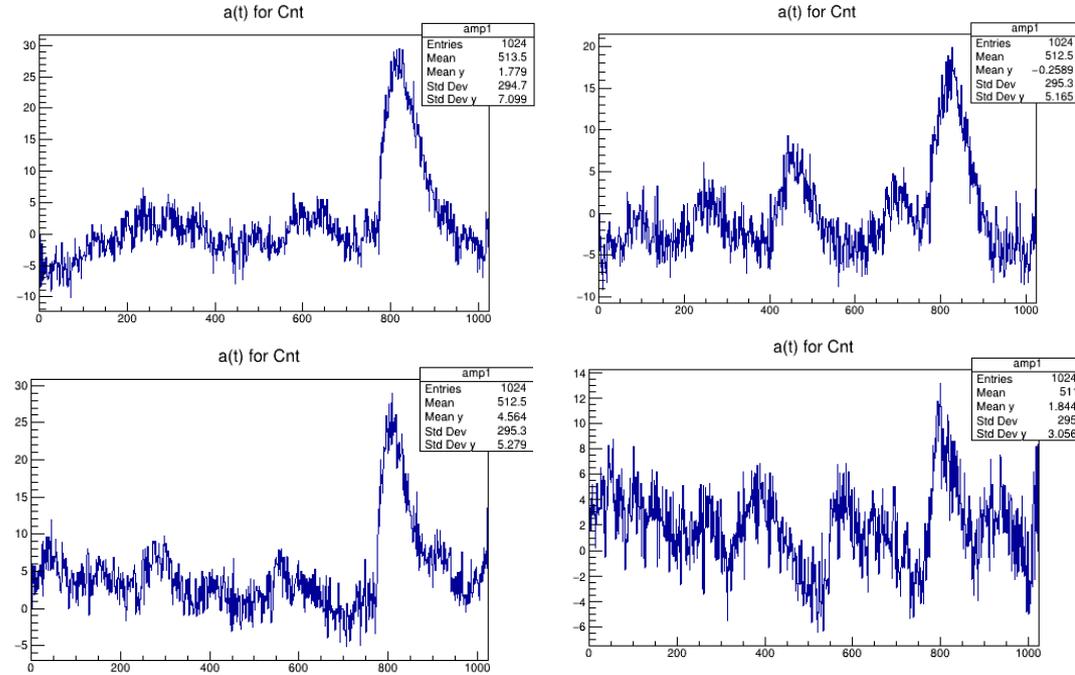
Примеры осциллограмм для разных версий схемы питания массива КФЭУ .

Вариант 1:



4.04.2024

Вариант 2:

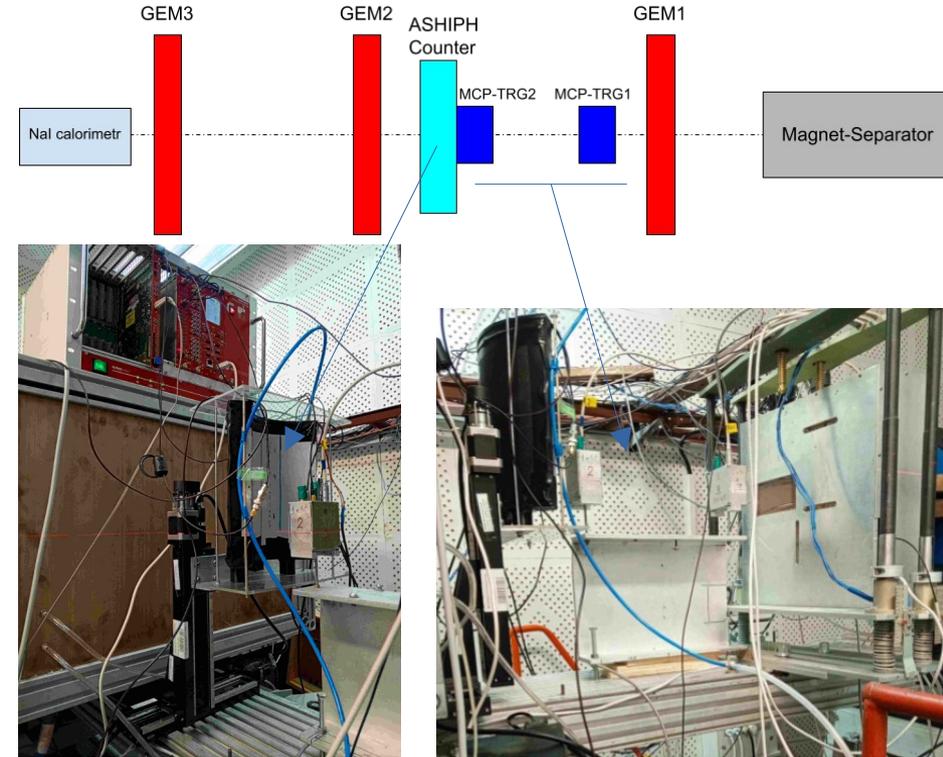


И.А. Куянов

6

Испытание прототипа на пучке электронов.

- Энергия электронов — 2,5ГэВ;
- трекингвая система основана на 3-х координатных GEM-детекторах (σ_x 70 мкм., σ_y 200 мкм.) и NaI-калориметра;
- триггер формируется из совпадения двух счетчиков на основе ФЭУ с МКП;
- сигналы со счетчиков и прототипа оцифровываются V1742 CAEN;
- Было проведено три блока испытаний счетчика:
 - 1) Схема питания версия 1 (июнь 2023 г.) -- представлены результаты.
 - 2) Схема питания версия 2 (декабрь 2023г.) -- данные в обработке.
 - 3) Схема питания версия 2 (март 2024г.) – данные в обработке.



Результаты испытания прототипа на пучке электронов.

Зарегистрированное число фотоэлектронов в различных геометрических точках счетчика

- из распределения максимальной амплитуды:

V=53В

p1 5.16±0.10	p2 6.94±0.13	p3 7.22±0.12
p7 5.09±0.67	p8 6.45±0.18	

V=54В

p1 10.86±0.16	p2 15.20±0.24	p3 12.76±0.18
p4 10.64±0.17	p5 13.92±0.23	p6 13.82±0.21
p7 8.97±0.15	p8 11.43±0.20	p9 13.10±0.21

V=55В

p1 11.06±0.17	p2 14.93±0.23	p3 14.48±0.22
p7 10.26±0.26	p8 13.93±0.36	

V=56В

p1 11.28±0.18	p2 16.30±0.29	p3 16.03±0.27
p7 11.08±0.28	p8 14.59±0.48	

- Распределение площади импульса с КФЭУ:

V=53В

p1 5.55±0.10	p2 7.64±0.13	p3 7.77±0.12
p7 5.74±0.67	p8 7.05±0.18	

V=54В

p1 10.53±0.16	p2 15.05±0.22	p3 12.62±0.17
p4 10.55±0.16	p5 14.00±0.22	p6 13.91±0.21
p7 8.96±0.14	p8 11.43±0.18	p9 13.20±0.20

V=55В

p1 11.56±0.17	p2 15.63±0.22	p3 15.15±0.22
p7 10.95±0.27	p8 14.77±0.37	

V=56В

p1 11.85±0.18	p2 16.23±0.23	p3 16.28±0.22
p7 11.78±0.30	p8 14.75±0.34	

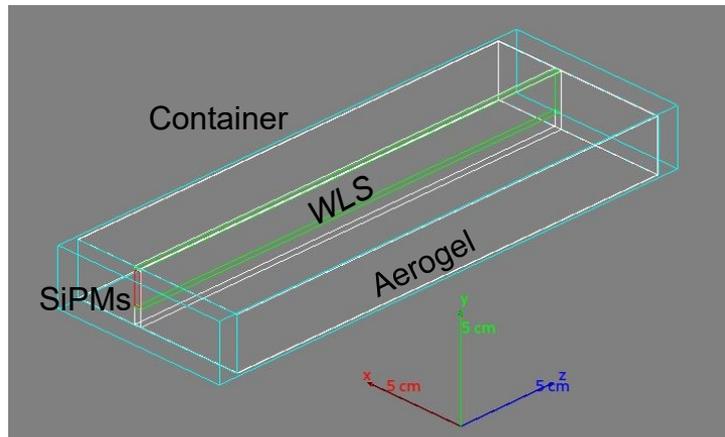
- Неоднородность светосбора составила ~30%.
- Разница между результатами двух методов обработки данных не более 1 ф.е.

4.04.2024

И.А. Куянов

Результаты испытания прототипа на пучке электронов.

Geant4 simulations at AANL



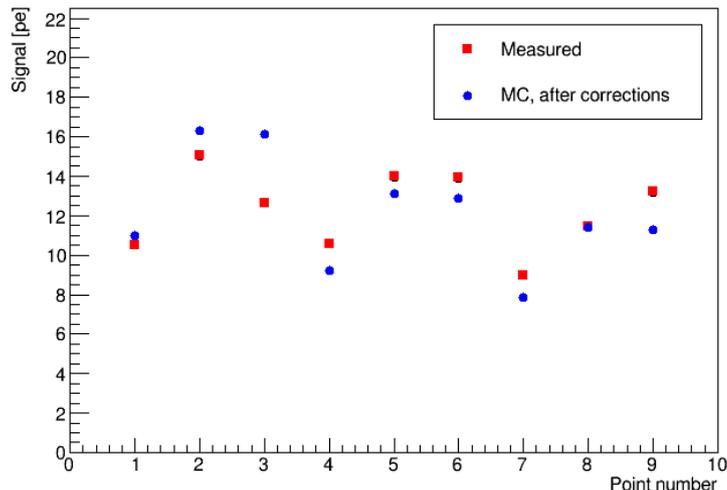
The simulated prototype:

- Al container box, 2.5 cm high
- $8.6 \times 2.5 \times 22.6 \text{ cm}^3$ aerogel block (BIC, $n=1.12$) inside
- Imbedded WLS bar, $3 \times 17 \text{ mm}^2$ cross section
- 5 $3 \times 3 \text{ mm}^2$ Hamamatsu SiPM-s on end of WLS bar
- Container box covered by PTFE reflector from inside

Hamlet Mkrtchyan, Vardan Tadevosyan, Arthur Mkrtchyan,

Национальная Научная Лаборатория имени А.И. Алиханяна (Ереванский Физический Институт)

ASIPH Prototype signals, 2.5 GeV e⁻ incident



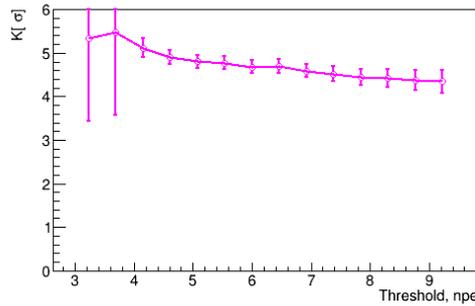
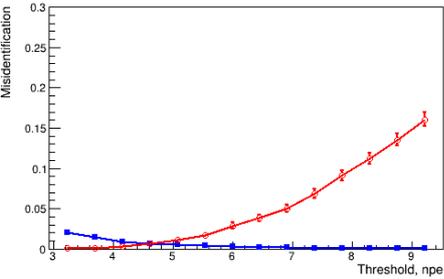
Comparison of real data and MC
(change in aerogel only)

Результаты испытания прототипа на пучке электронов.

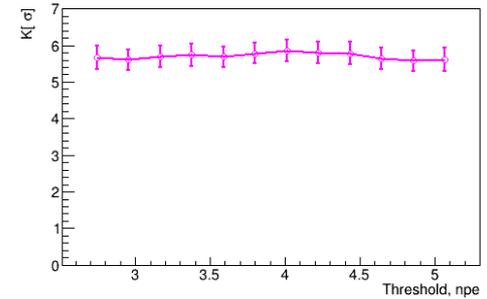
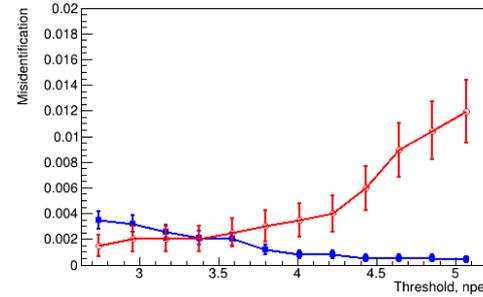
- Допороговая эффективность в основном определяется собственным DCR

56V, точка 2, $T=24C^0$, DCR=3MHz

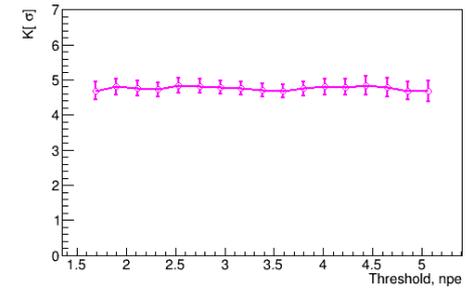
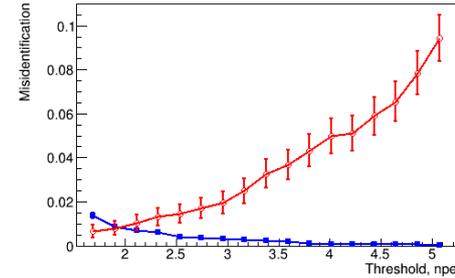
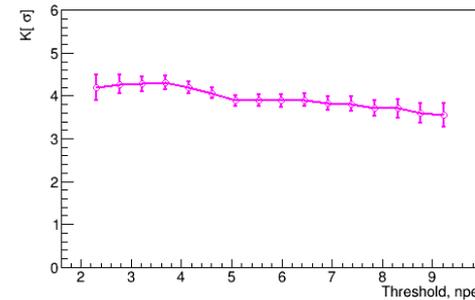
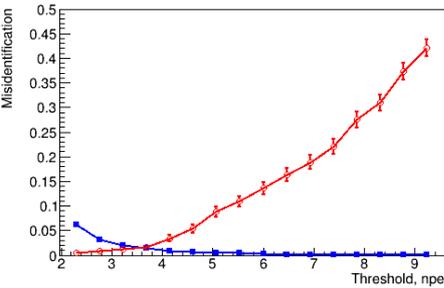
Метод 1:



Метод 2:



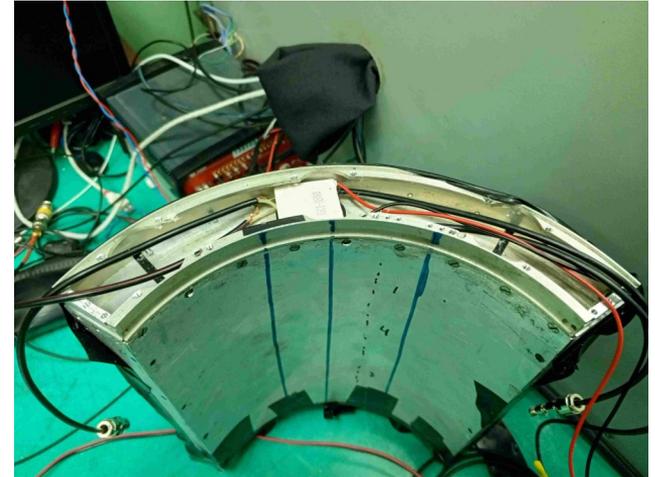
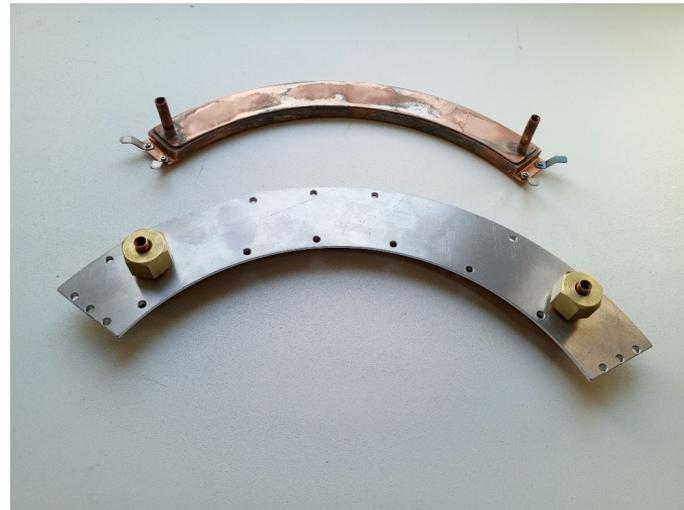
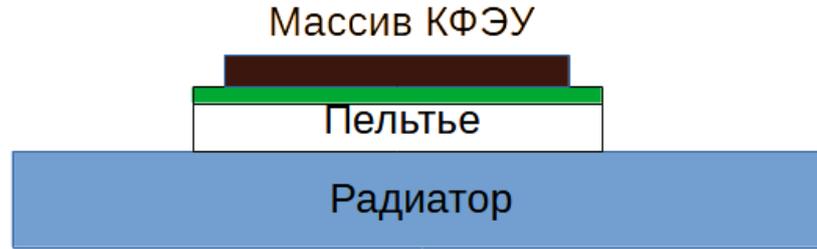
56V, точка 7, $T=24C^0$, DCR=3MHz



- Разделение частиц лучше 4σ при пороге 4,5 ф.э.

Испытание системы охлаждения

Одним из основных ограничений использования SiPM в детекторах является необходимость создания системы охлаждения из-за высокого уровня темновых шумов.



Испытание системы охлаждения



При температуре окружающей среды 50°C удалось стабилизировать температуру на КФЭУ в 15°C

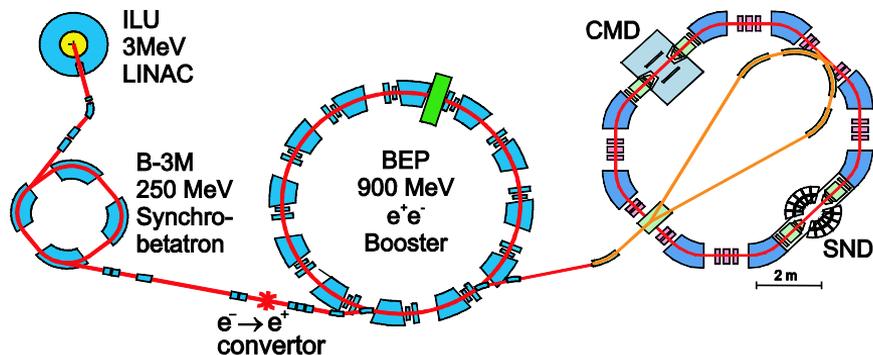
Заключение

- Создан стенд для испытания прототипа счетчика АШИФ
- Проведены испытания прототипа счетчика АШИФ-КФЭУ на электронном пучке в ИЯФ СО РАН:
 - Среднее число зарегистрированных фотоэлектронов 14.
 - Неоднородность светосбора составляет $\sim 30\%$.
 - Показано разделение частиц лучше 4σ при пороге 4,5 ф.э. (напряжение смещения 56 В, $T=24^\circ\text{C}$)
- Разработана система термостабилизации SiPM внутри прототипа АШИФ.
- Показано улучшение числа фотоэлектронов после замены ФЭУ с МКП на КФЭУ:
АШИФ с ФЭУ МКП, аэрогель $n=1,13$, 30 мм., $N_{pe} = 8$ (на начало эксперимента).
АШИФ с КФЭУ, аэрогель $n=1,12$, 25 мм, $N_{pe} = 8 \approx 14 \times 1,3 \approx 18,2$.
 $N_{pe} (\text{АШИФ с КФЭУ}) / N_{pe} (\text{АШИФ с ФЭУ с МКП}) \approx 2,2$, что согласуется с соотношением PDE у этих приборов.
- Продолжается поиск оптимального варианта системы питания КФЭУ.

BACKUP



СНД эксперимент – ВЭПП-2000

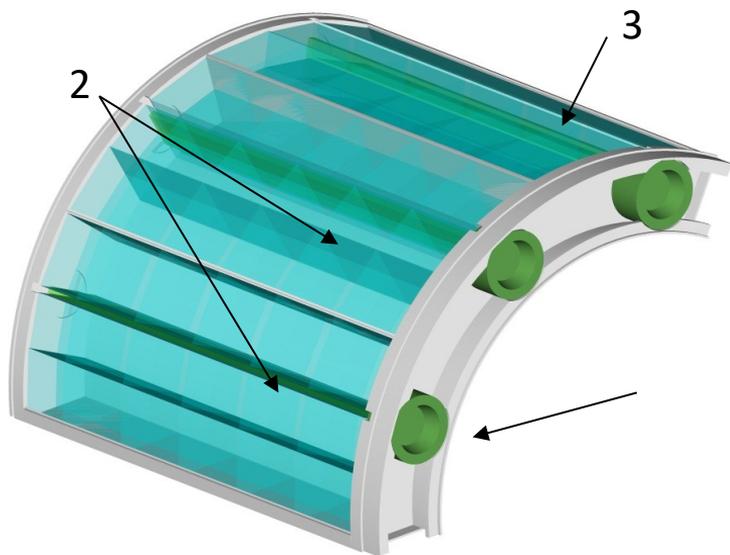


Symmetric e^+e^- collider with round beams

$$2E_{max} = 2000 \text{ MeV}$$

$$L = 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ at } E = 510 \text{ MeV}$$

$$L = 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ at } E = 1000 \text{ MeV}$$

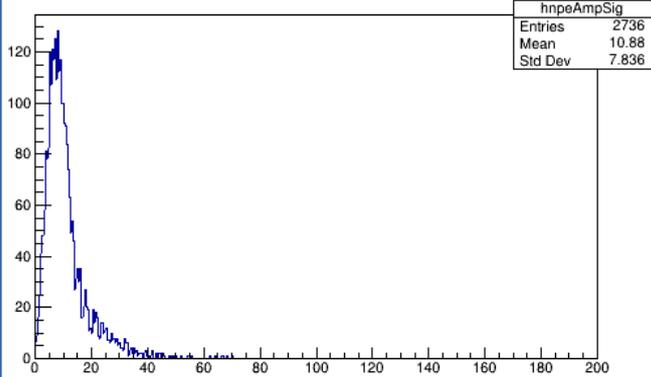


1 - PMT, 2 – aerogel, 3 - WLS

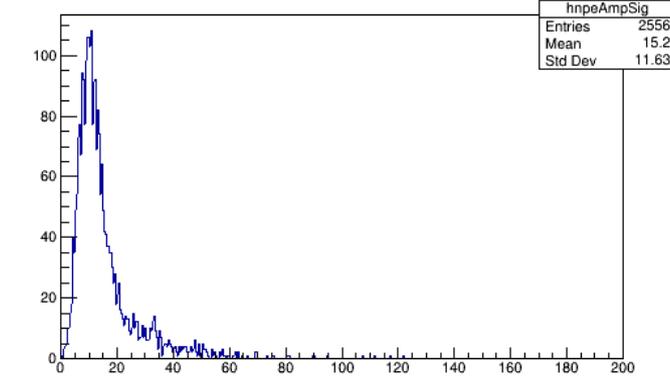
- π/K separation from 300 to 870 MeV/c
- Cylindrical shape: $R = 105 \div 141$ mm
- Case material: 1mm of Al
- 3 segments of 3 counters in each
- Solid angle: $\sim 60\%$ of 4π
- Thickness: $0.09 X_0$

Signal spectra, row 1, real (top) vs MC (bottom)

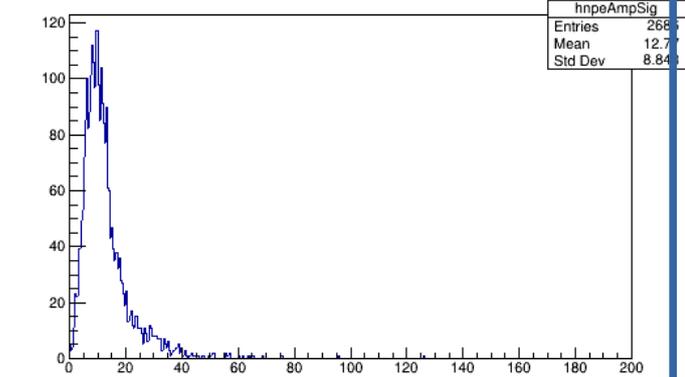
Nph.e. in counter



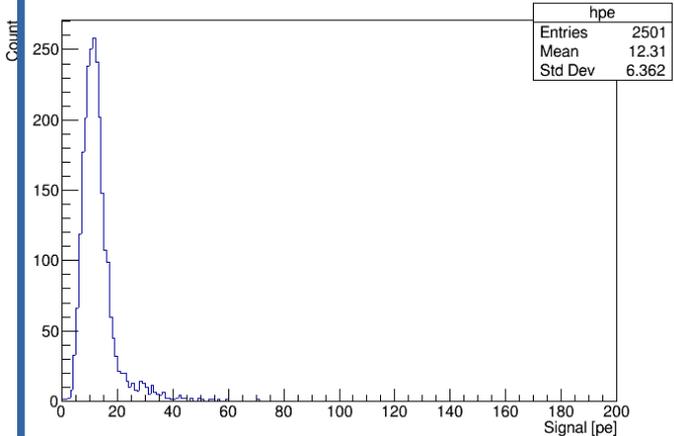
Nph.e. in counter



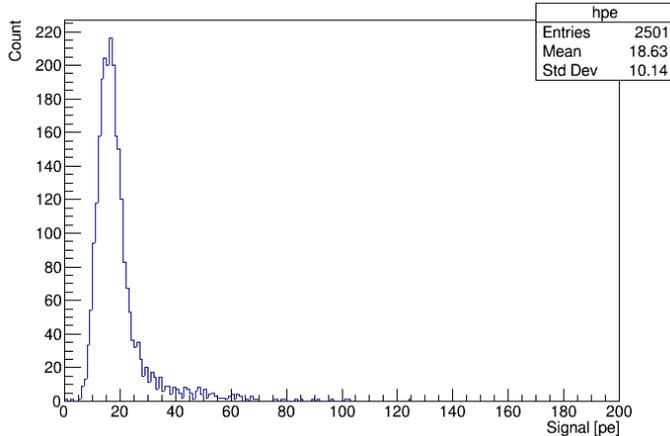
Nph.e. in counter



signal at p = 1



signal at p = 2



signal at p = 3

