

- Введение
- Конструкция калориметра
- Электроника
- Первые результаты
- Заключение

План доклада:

Епифанов Д. А.

Институт Ядерной Физики им. Г. И. Будкера СО РАН

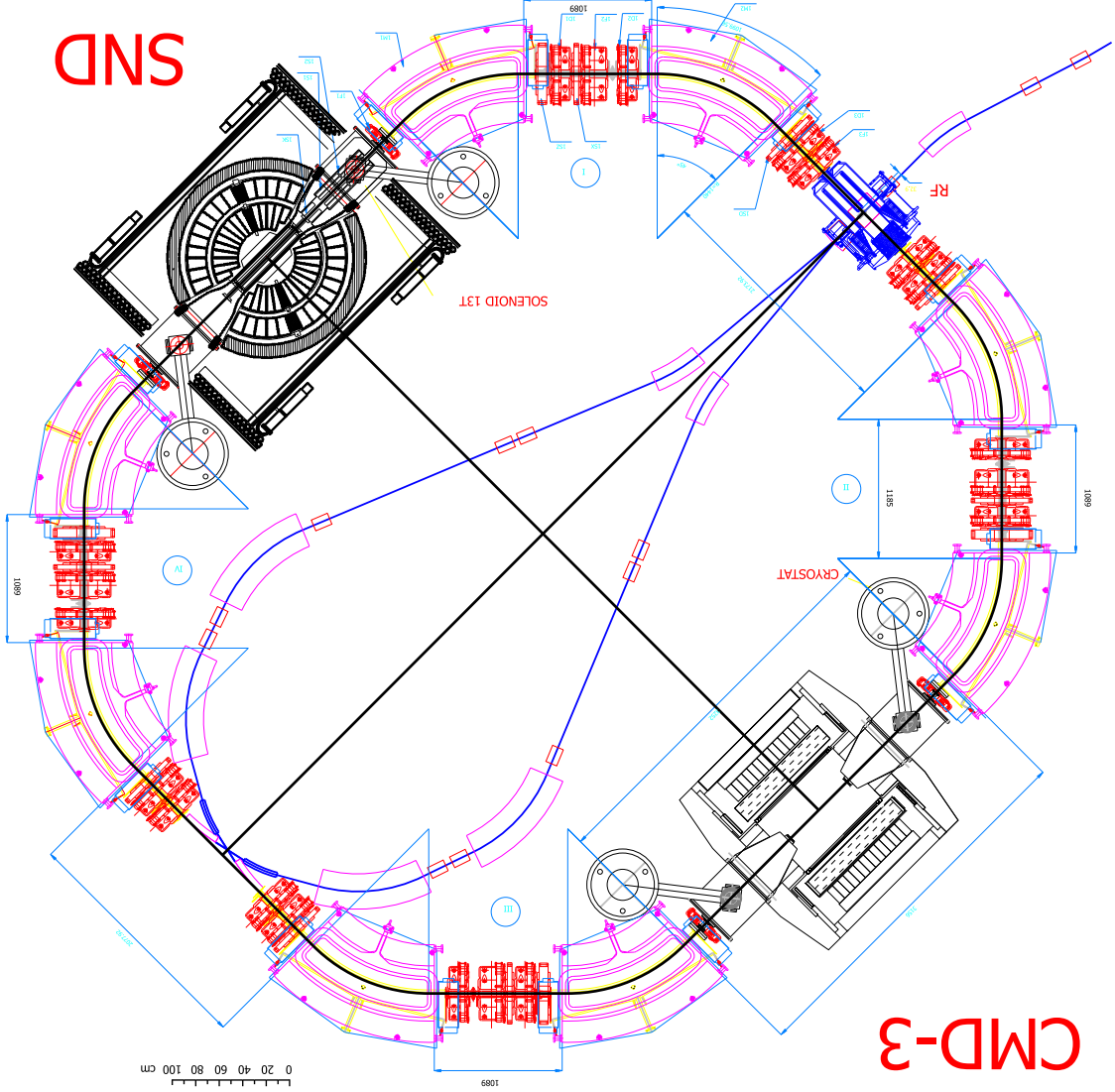
СПИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ CsI для детектора КМД-3.

Электромеханический калориметр на основе

Научная сессия-конференция
 секция ядерной физики ОФН РАН
 ИФВЭ Протвино, Декабрь 25, 2008



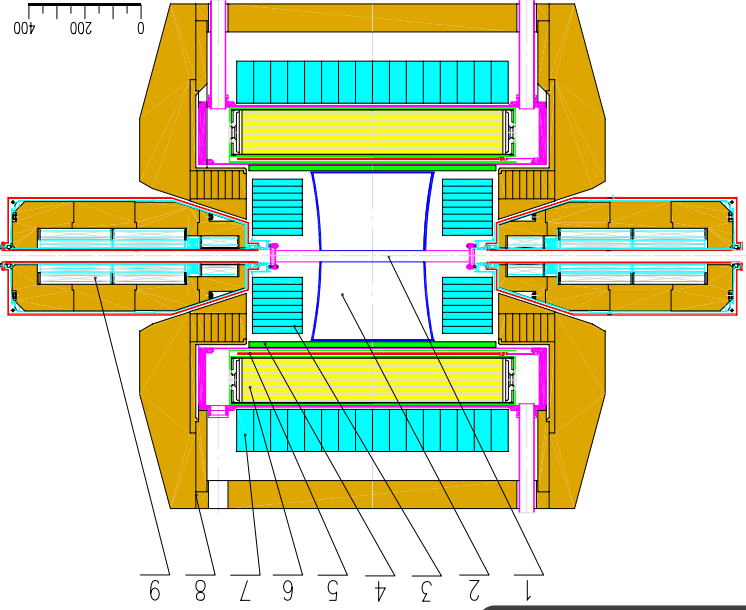
CMD-3



Прецизионные измерения сечений и длин
намки рождения адронов:

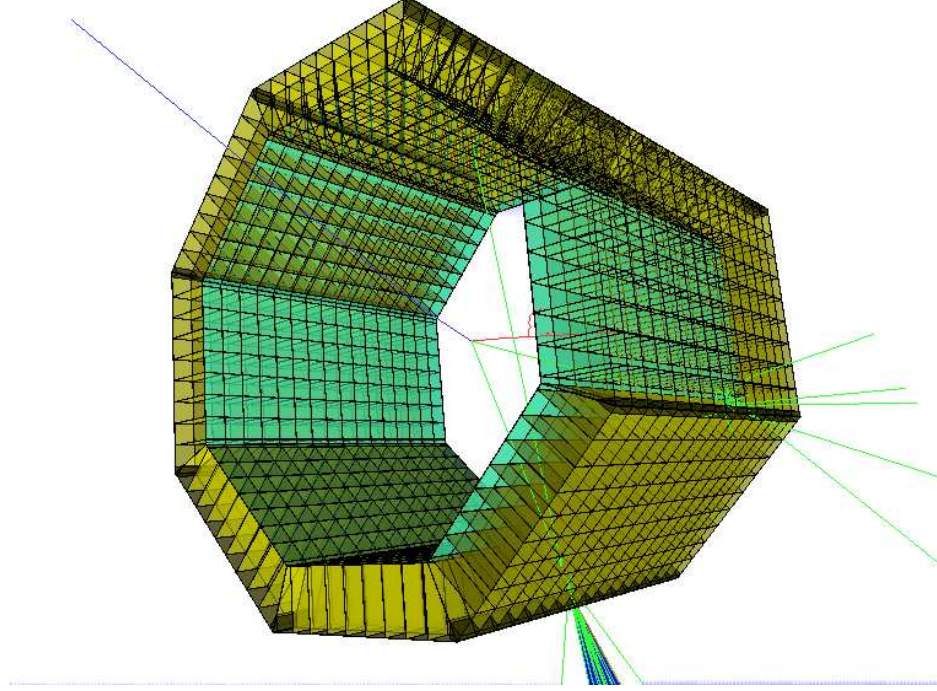
- Повышение точности определения a_{had}
- Проверка гипотезы сохранения с векторного тока (сравнение с $\tau \rightarrow hadrons \nu\tau$)
- Изучение резонансов в области $2E = (1 \div 2) \Gamma_{\nu B}$
- Изучение электромагнитных формфакторов π, K и нуклонов вблизи порога рождения

Разрешение цилиндрического калориметра ($5X_0(LXe) + 8.1X_0(CsI)$):
 $\sigma_E/E = 4.7 \div 3\%, \sigma_{\theta, \phi} = 0.005$.



Калориметр на основе кристаллов CsI

- Измерение энергии и координат γ -квантов с высокой точностью в диапазоне энергий от 10 МэВ до 1 ТэВ
- Разделение электронов и адронов
- Формирование сигналов для нейтрального триггера



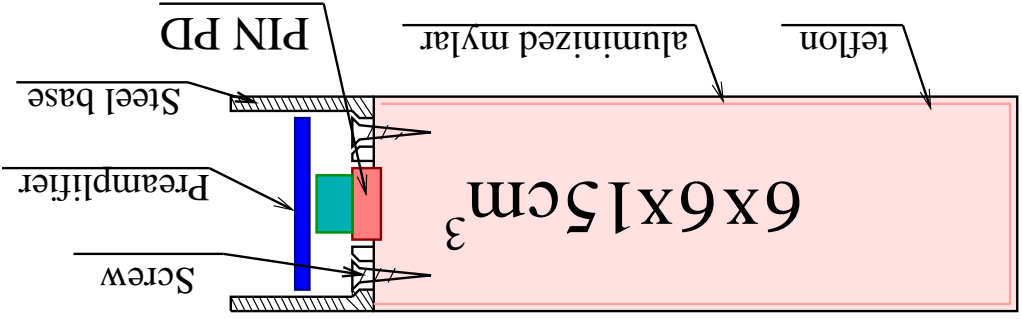
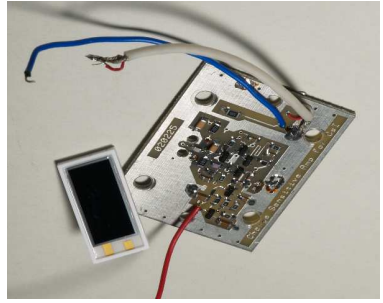
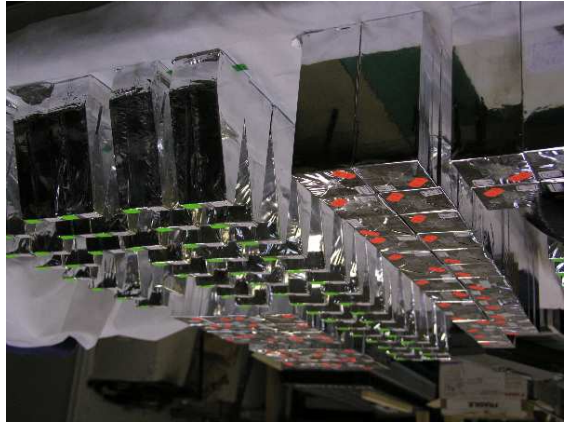
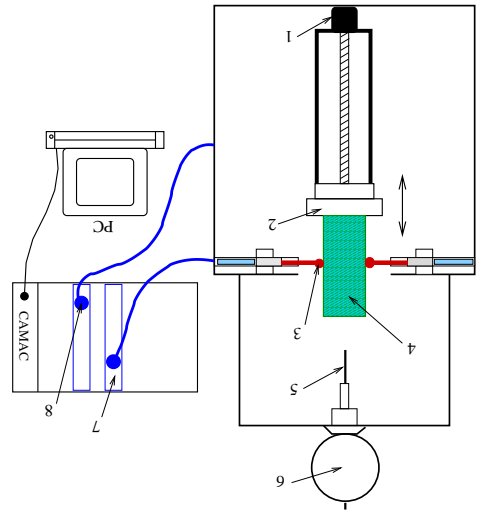
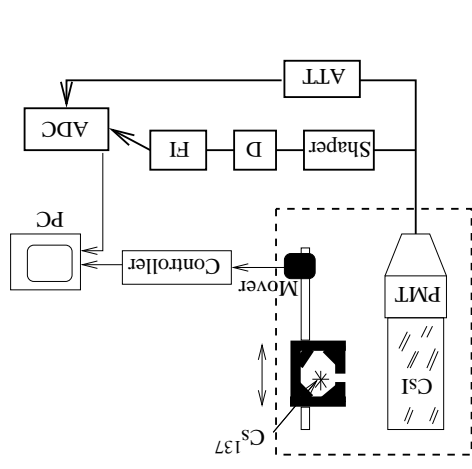
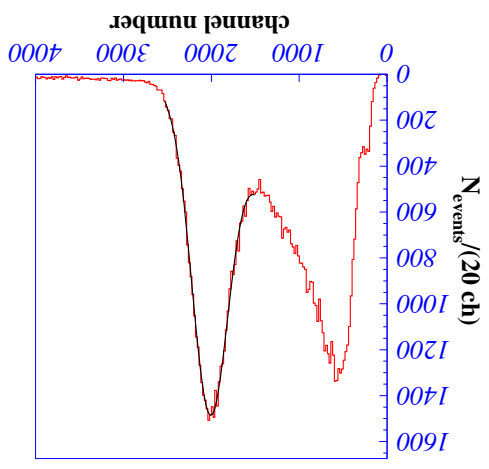
CsI калориметр состоит из 8-ми октантов, октант собран из 9-ти модулей, модуль содержит 16 счётчиков, счётчик с размерами $6 \times 6 \times 15 \text{ см}^3$ сделан на основе кристалла CsI(Tl) или CsI(Na).

Всего в калориметре 1152 счётчика (масса кристаллов 2.8 тонн)

$$L_i = A_i/A_0 \quad (i = 1 \div 9)$$

$$\bar{L} = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 L_i$$

$$\eta = \frac{L}{L_{\max} - L_{\min}} > 0.11$$



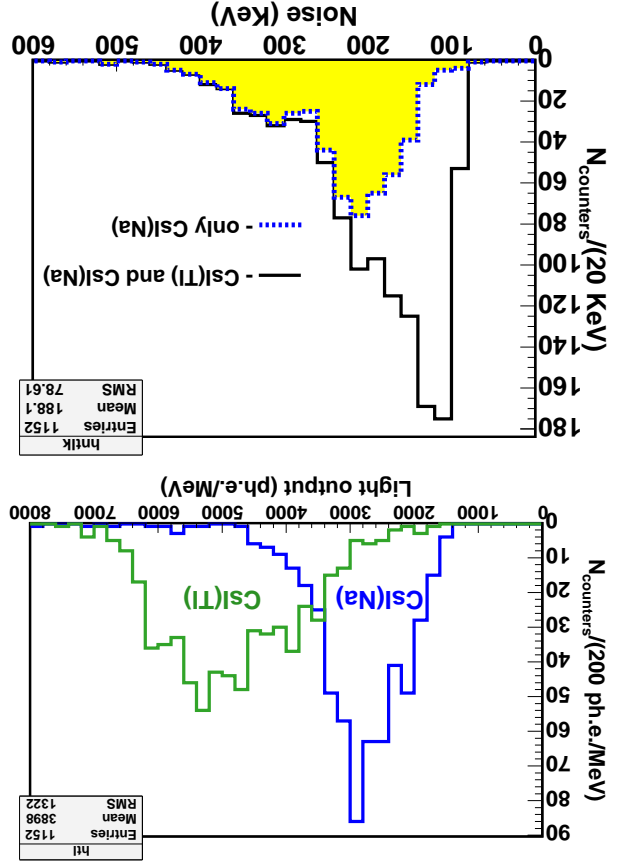
СНЕТНИК

Модуль



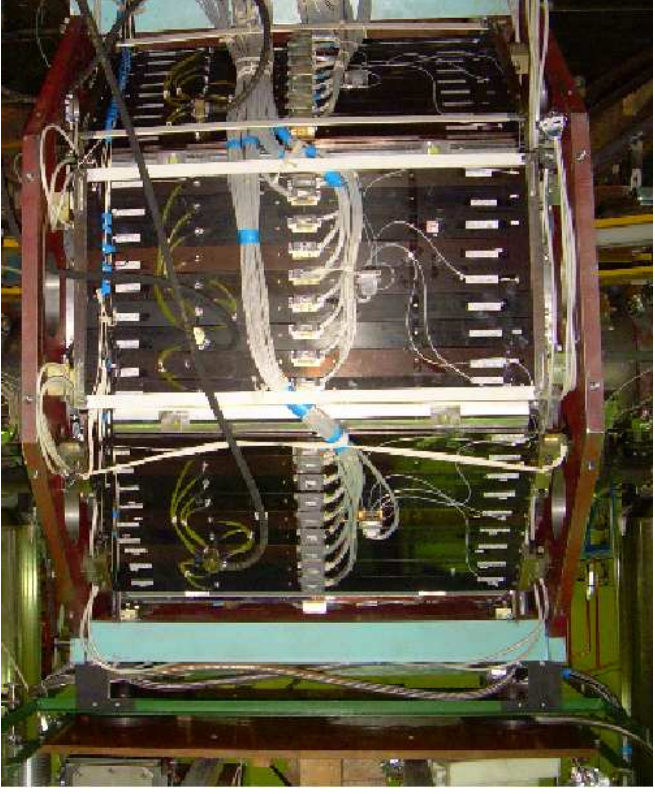
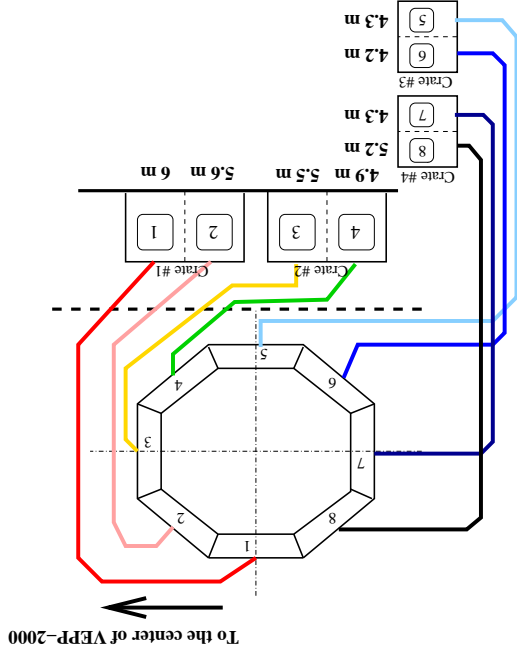
С готовым модулем проводится цикл контрольных измерений уровня шумов электронного тракта и световыхода каждого счётчика.

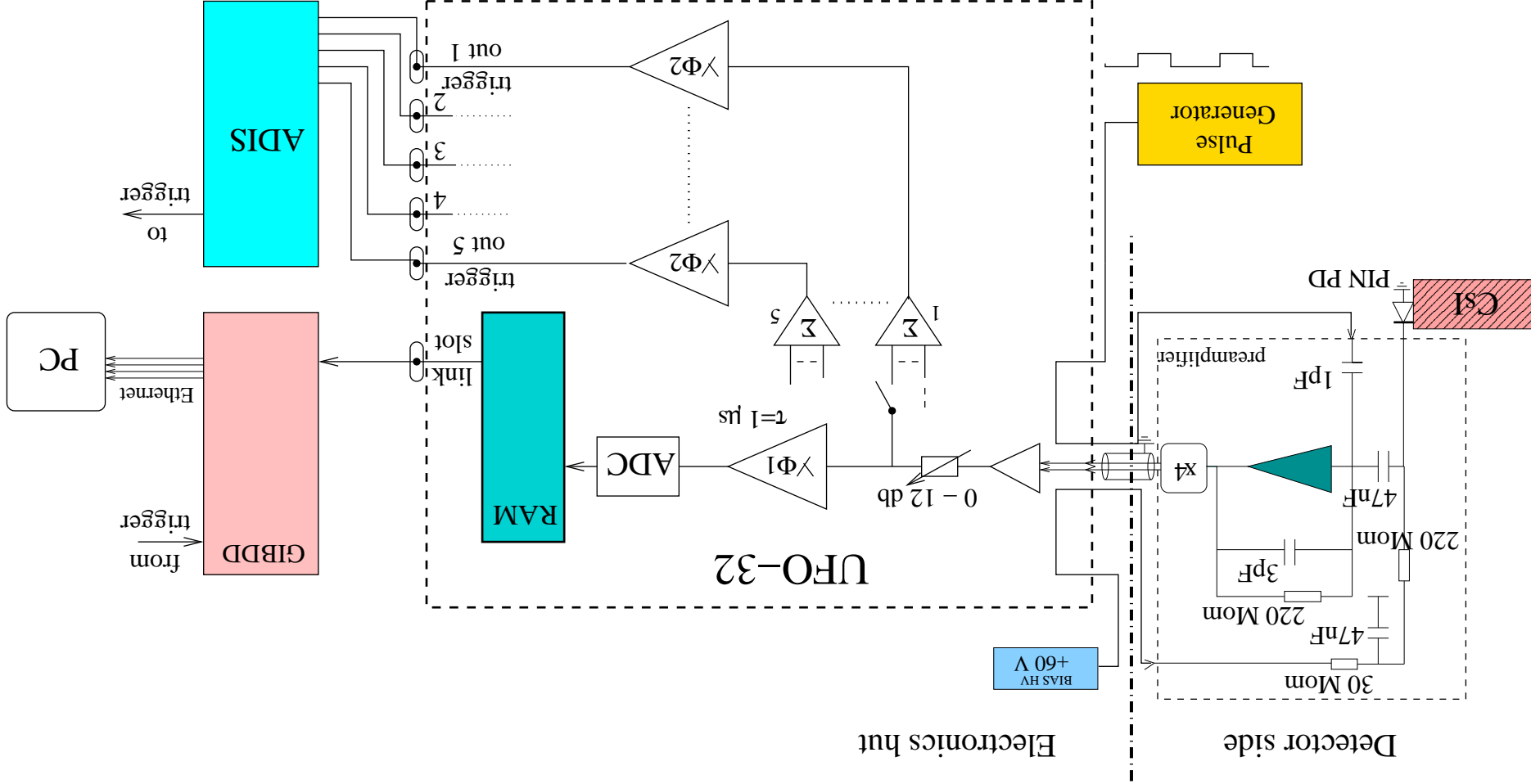
- Шумы электронного тракта измерялись по ширине пика амплитудного распределения сигнала со счётчика при подаче на вход ЭЧПУ калибровочного сигнала.
- Измерение световыхода счётчиков (в ф.э./МэВ) проводилось с помощью сигнала от мюонов атмосферных ливней, рождённых космическими частицами.



Октант, сборка калориметра

- Октант собирается из 7 стандартных и 2 специальных модулей на стипеле.
- Модули стягиваются в поперечном направлении при помощи шпилек, проходящих через корпусы всех модулей, и крепятся с обоих торцов к массивным стальным боковинам.
- Модули в октанте электрически изолированы друг от друга.
- Монтируются элементы системы продува модулей, и система датчиков измеренной температуры и влажности.
- Проводится проверка работоспособности всех каналовов.





Токовый сигнал с фотоиода интегрируется и преобразуется в импульс напряжения с помощью зарядовых усилителей. Выходной парафазный сигнал с предусилителя поступает на вход платы усилителей-формирователей-оцировщиков УФО-32, где сигнал фильтруется, оцифровывается и помещается в оперативную память платы.

Фотодиод

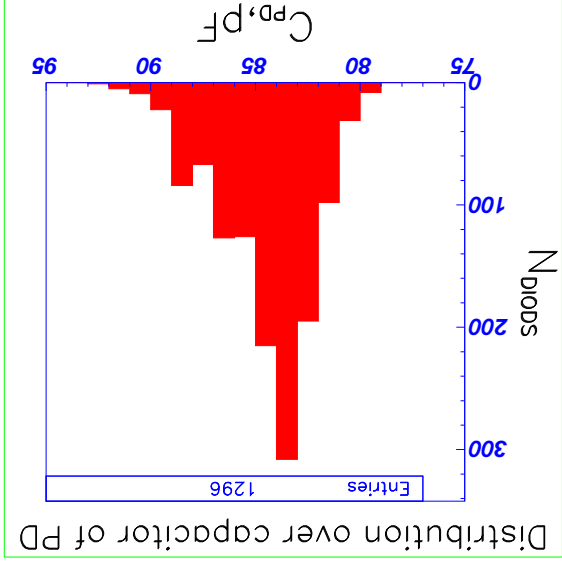
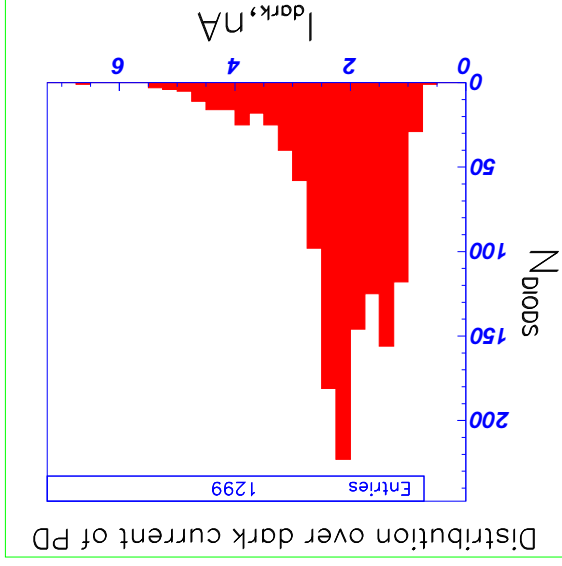
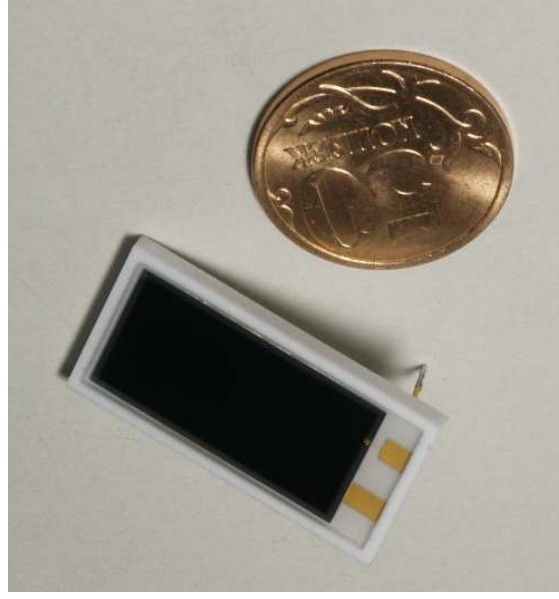
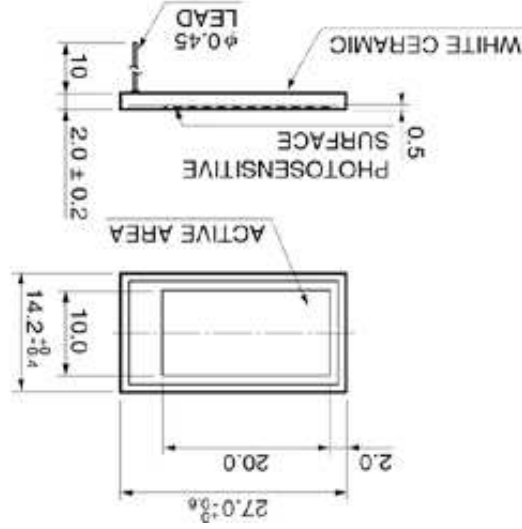
Используется PIN фотодиод Hamamatsu S2744-8 (производства ф-мы Хамамацу Фотоникс, Япония) со светочувствительной площадью $10 \times 20 \text{ мм}^2$ и толщиной объединённого носителями I-слоя 300 мкм

- Нечувствительность к магнитному полю

- Высокая квантовая эффективность (60% при длине волны света $\lambda = 450 \text{ нм}$ и 85% при $\lambda = 550 \text{ нм}$)

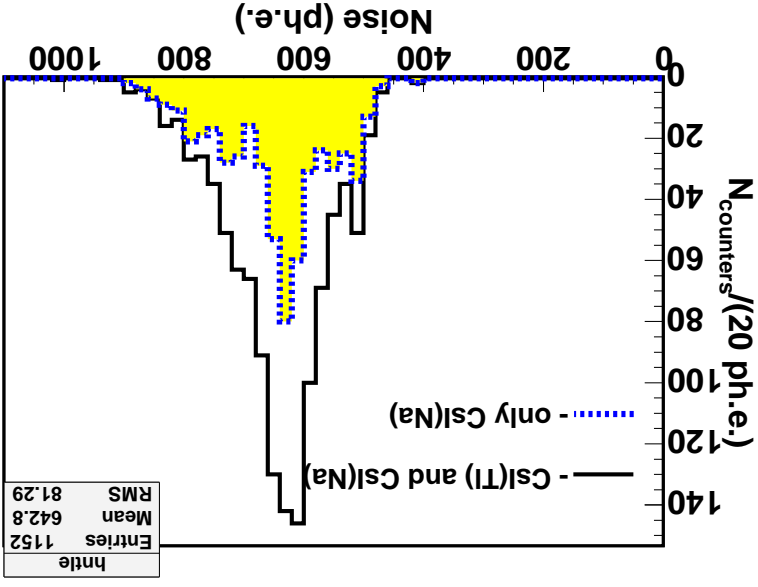
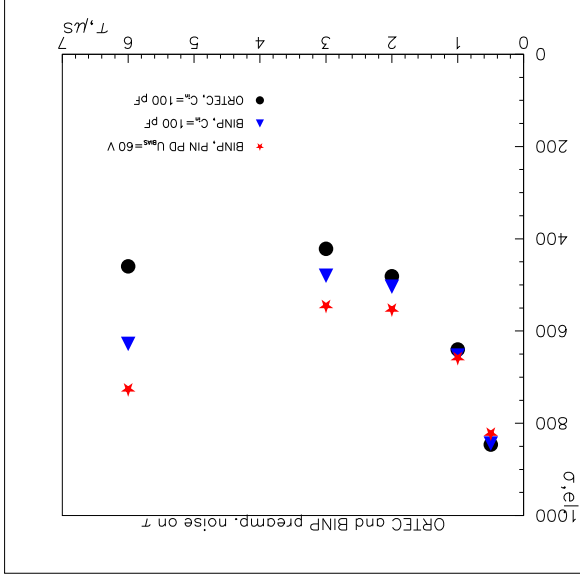
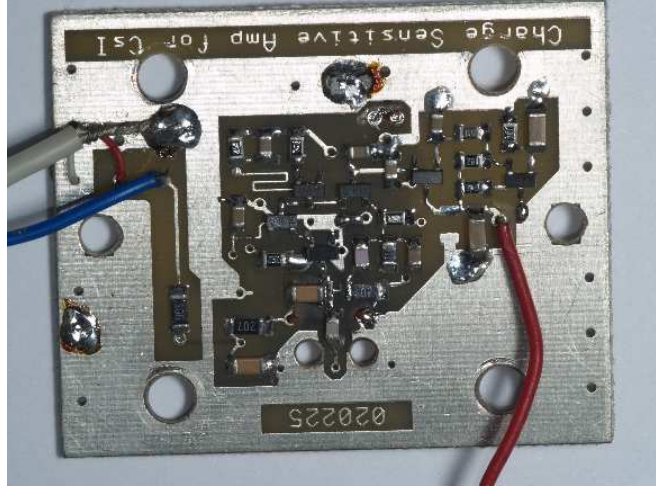
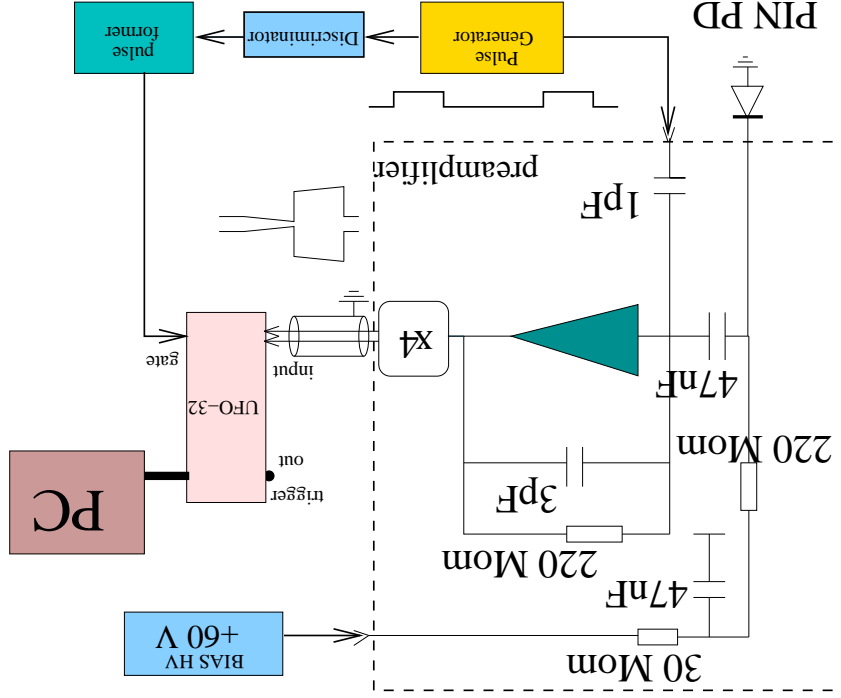
- Высокая временная и температурная стабильность

- Компактность и низкая стоимость



Зарядочувствительный преусилитель

- Чувствительность – 1.3 В/пКл
- Динамическая ёмкость – ~2000 пФ
- Напряжение питания – 10 В
- В выходном каскаде формируется пара-фазный сигнал
- В цепи ЗЧПУ-УФО-32 течёт постоян-ный ток



Плата усилителей-формирователей цифровщиков УФО-32

Плата выполнена в стандарте КАМАК и обслуживает 32 канала (2 модуля).

• Измерительная часть платы:

- Число каналов АЦП – 4096
- Величина предела – ~20 каналов АЦП
- Уровень электронных шумов платы – ~0.5 кан.
- Оусществляет 1 дифференцирование и 4 интегрирования с $\tau = 1 \text{ мкс}$
- Энергетическая цена деления канала АЦП – $\Pi = 0.2 \text{ МэВ/канал}$

- Ослабление цифровых аттенюаторов – $0 \div 12 \text{ дБ}$
- Нелинейность отклика – не хуже 1% для амплитуд $> 100 \text{ кан.}$ и $5 \div 7\%$ для амплитуд $< 100 \text{ кан.}$
- Собственные шумы платы в 5 раз меньше шумов в элек- тронном тракте калориметра
- Корректированные шумы в расчёте на 1 кан. – $\sim 10\%$ от уровня его некорректированных шумов

• Триггерная часть платы:

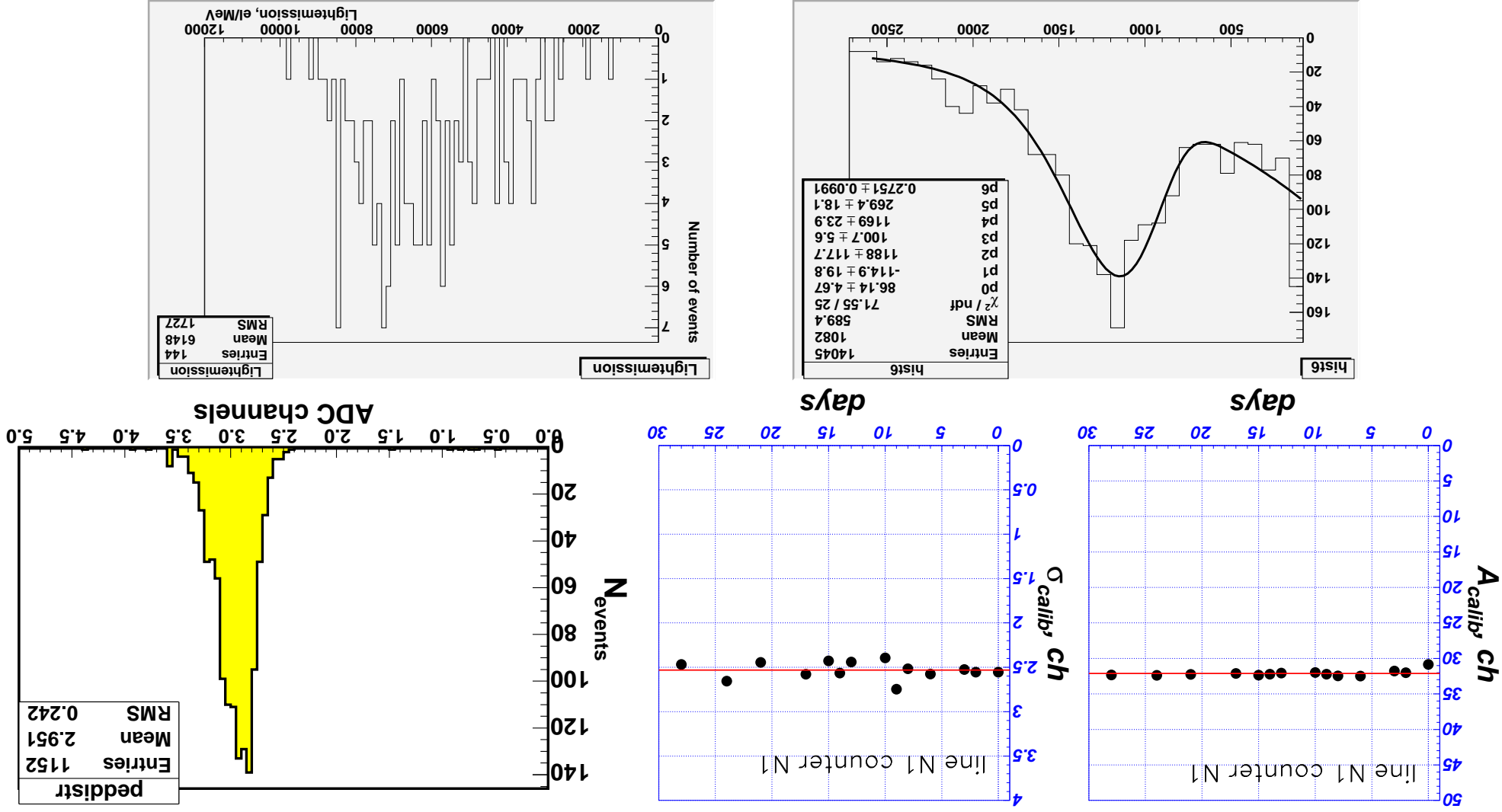
- Максимальная амплитуда аналогового сигнала – 2 В
- Длительность фронта – 620 нс (при $\tau_{CSI(TI)} = 1 \text{ мкс}$)
- Уровень электронных шумов – $2.5 \div 6 \text{ МэВ}$

Управляющая часть платы состоит из ОЗУ и регистров, в которых содержатся данные, определяющие режимы работы различных узлов, а также данные, передаваемые в процессе работы между УФО-32 и другими блоками системы сбора данных (ССД) детектора. На задней панели платы располагается USB-гнездо для информационного обмена с платой через линк.



Первые результаты

Калориметр установлен в детектор. Периодически проводится чтение всех каналов калориметра с калибровочным сигналом. С некоторыми октантами были проведены “космические” заходы.



Заключение

Текущее состояние работ с калориметром:

- Калориметр сдан и установлен в детектор (май 2008 г.)
- Все платы УФО-32 произведены, проводится их настройка
- Мониторингуются работоспособность каналов калориметра с калибровочным сигналом, электронные шумы согласуются с проектными, долговременная стабильность работы электроники – не хуже 1%

- С некоторыми октантами проведены “космические” заходы, полученные световыходы сгечиков согласуются во световыходом, измеренным при производстве модулей

Ближайшие планы:

- Установить все платы УФО-32 и подключить к ним калориметр
- Интерпретировать электронику калориметра в ССД КМД-3
- Начать эксперименты с детектором КМД-3

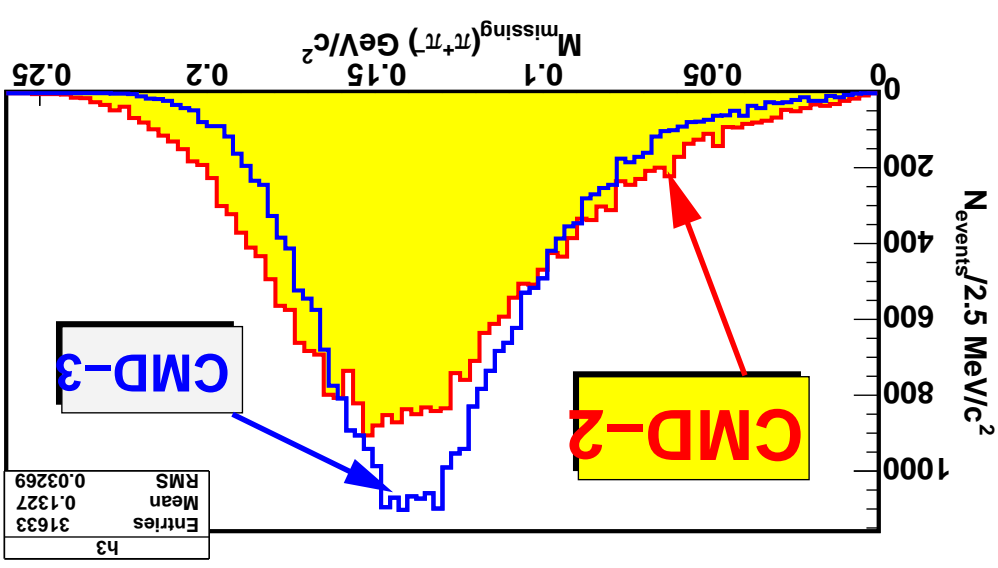
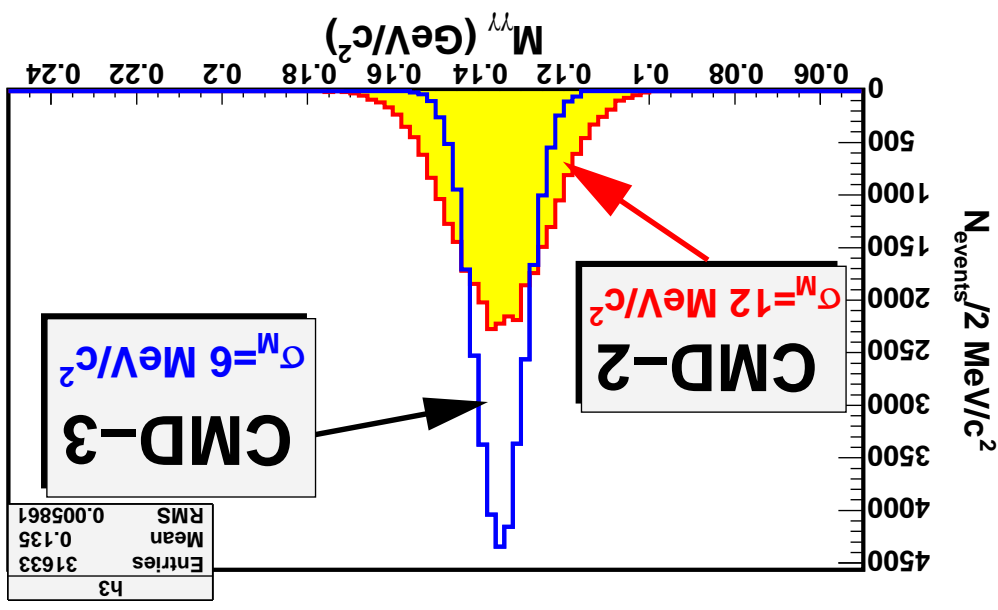
Дополнительные слайды

Характеристики кристаллов CsI(Tl) и CsI(Na)

характеристики		CsI(Tl)	CsI(Na)
плотность, г/см ³	радиат. длина, см	4.51	4.51
мольберовский радиус, см	ядерная длина, см	3.57	39.3
$(dE/dx)_{min}$, МэВ/см	макс. спектра, нм	5.6	420
время высвечивания, нс	световыход, фотонов/МэВ	1000	30000
стабая	стабая	45000	стабая
стабая	стабая	стабая	стабая

Сравнение основных параметров КМД-2 и КМД-3

Подсистема	КМД-2	КМД-3
Дрейфовая камера	$\sigma_{\theta} = 1.5 \cdot 10^{-2}$	$\sigma_{\theta} = 7 \cdot 10^{-3}$
Ческий калориметр	$\sigma_{\phi} = 7 \cdot 10^{-3}$	$\sigma_{\phi} = 4 \cdot 10^{-3}$
Цилиндрический	$\sigma_E/E = 8.5\%$	$\sigma_E/E = 4.7 \div 3\%$
	$\sigma_{\theta, \phi} = 0.03 \div 0.02$	$\sigma_{\theta, \phi} = 0.005$
Цилиндрический	$8.1X_0$	$13.1X_0$



Процедура изготовления счётчиков

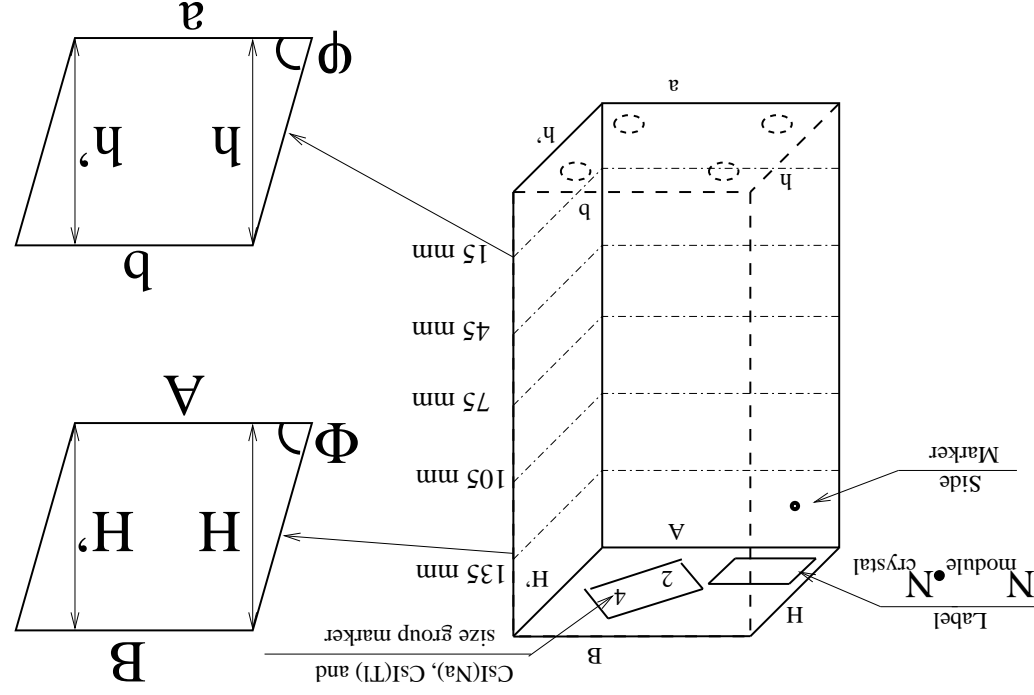
1) Удаление старого лакового покрытия и осмотр кристаллов. Кристаллы, имеющие существенные механические повреждения отбраковывались.

2) Полировка поверхности кристаллов.

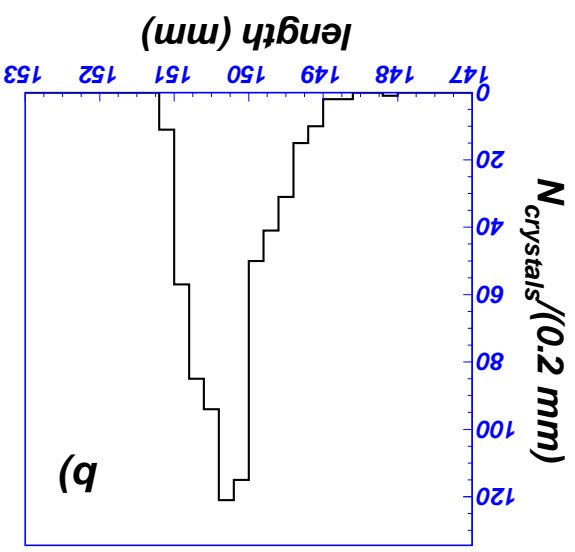
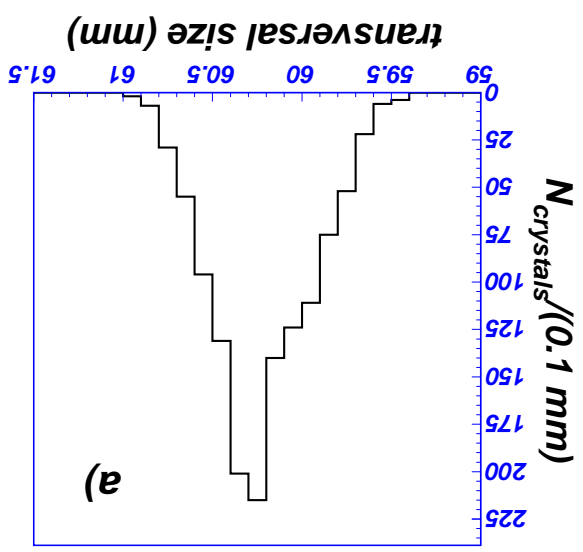
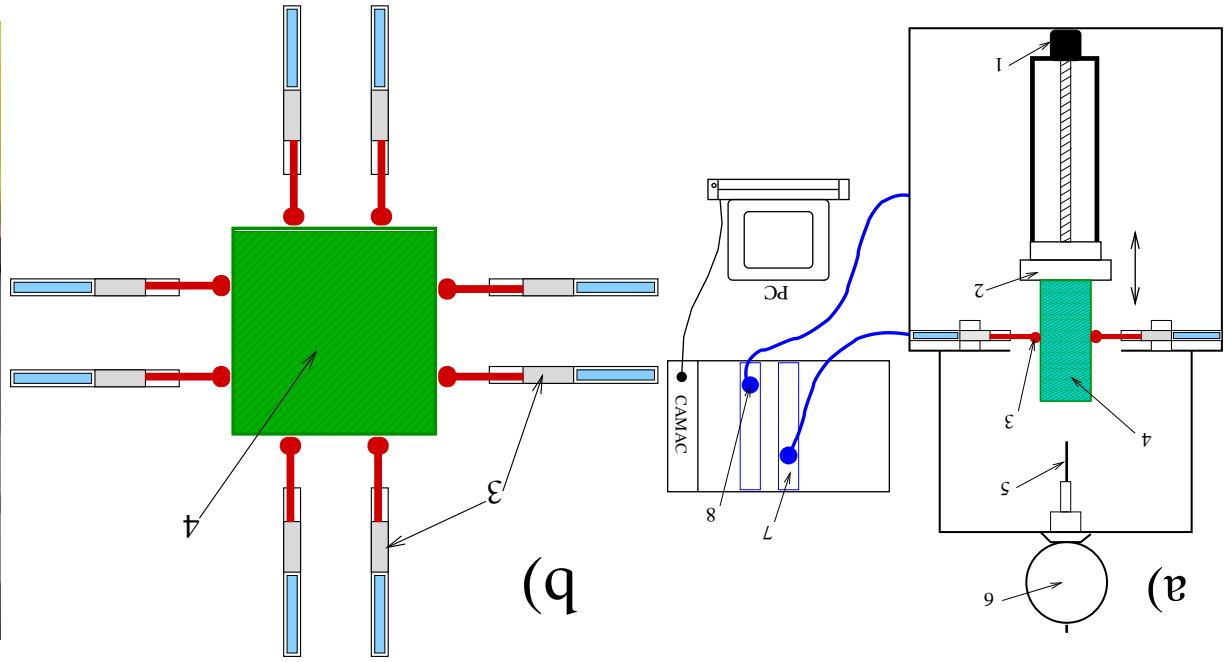
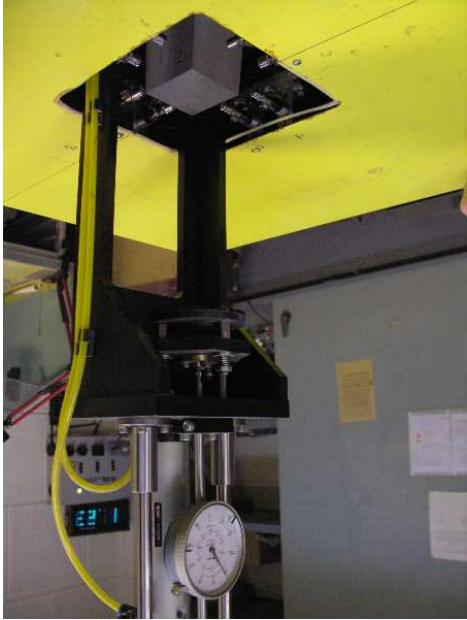
3) Измерение размеров и сцинтилляционных характеристик кристаллов.

4) Оборачивание кристалла диффузным отражателем - пористым тефлоном толщиной 200 мкм, упаковка в контейнер из 20-ти микролитрового алюминиевого лавсана и измерение его параметров.

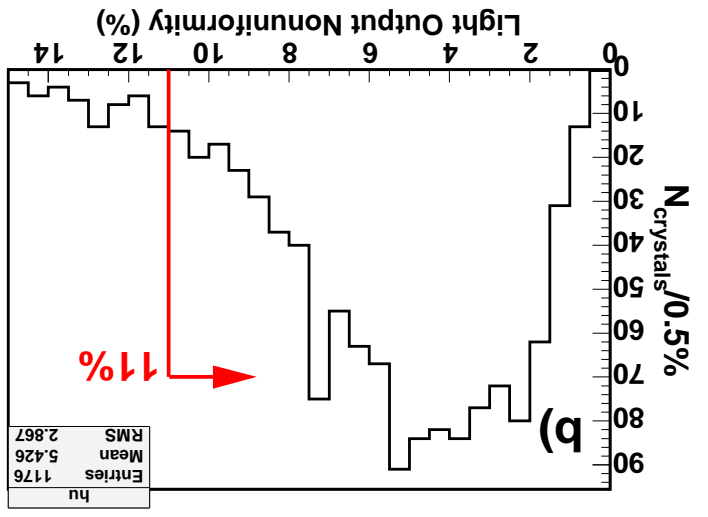
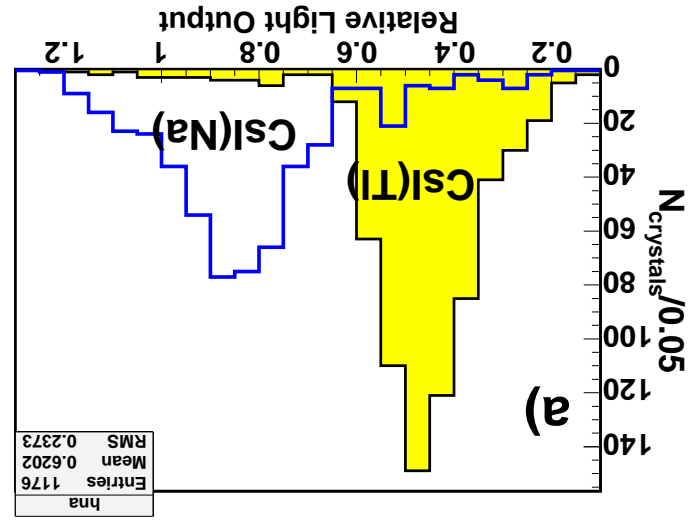
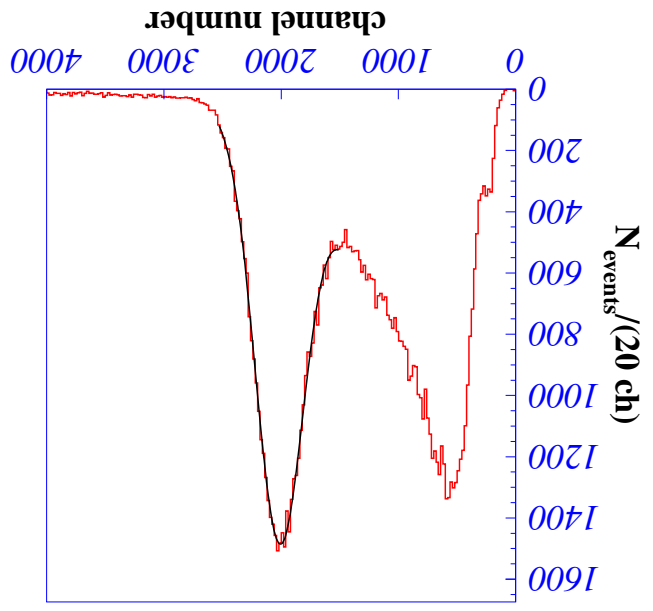
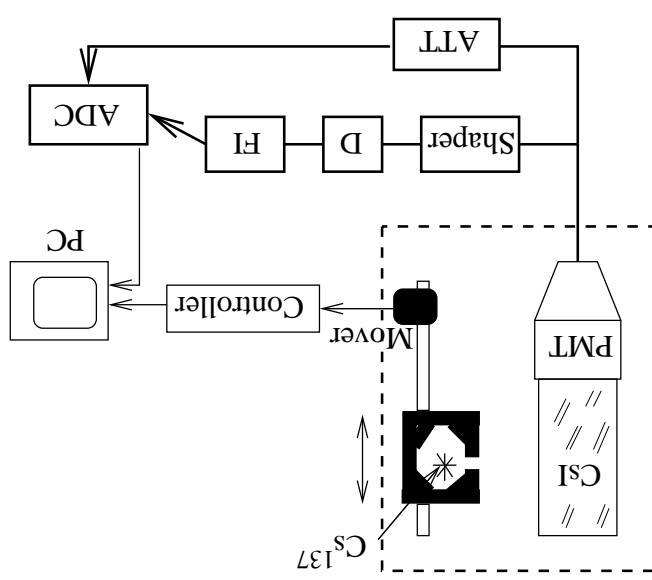
5) Маркировка кристаллов с указанием типа легирования и группы по поперечным размерам.



Измерение размеров кристаллов



Измерение сцинтиляционных параметров кристаллов



$$L_i = A_i/A_0 \quad (? = 1 \div 9)$$

$$\bar{L} = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 L_i$$

$$\eta = \frac{\bar{L}}{L_{\max} - L_{\min}}$$

Блок амплитудных дискриминаторов и сумматоров (АДИС)

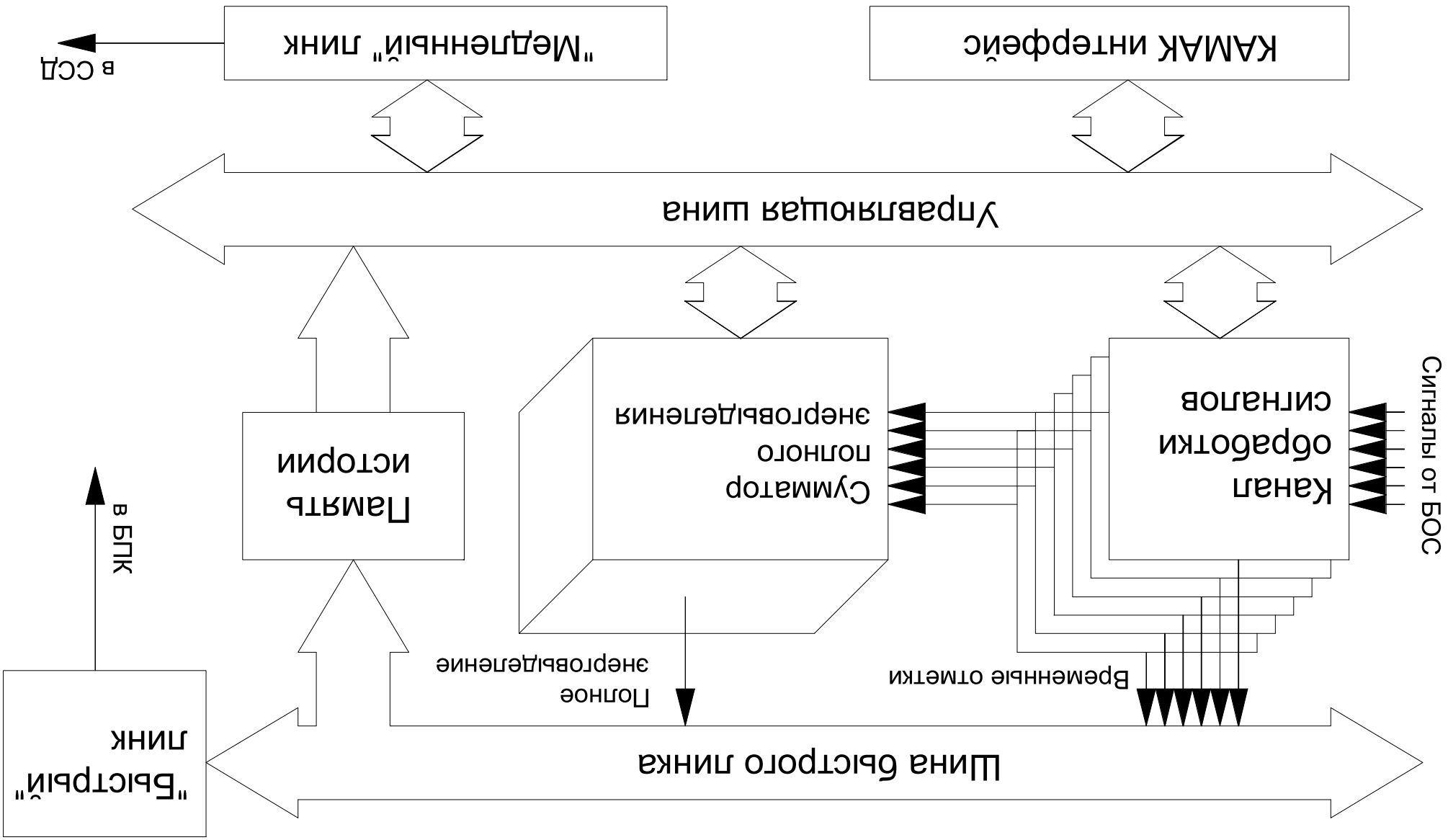
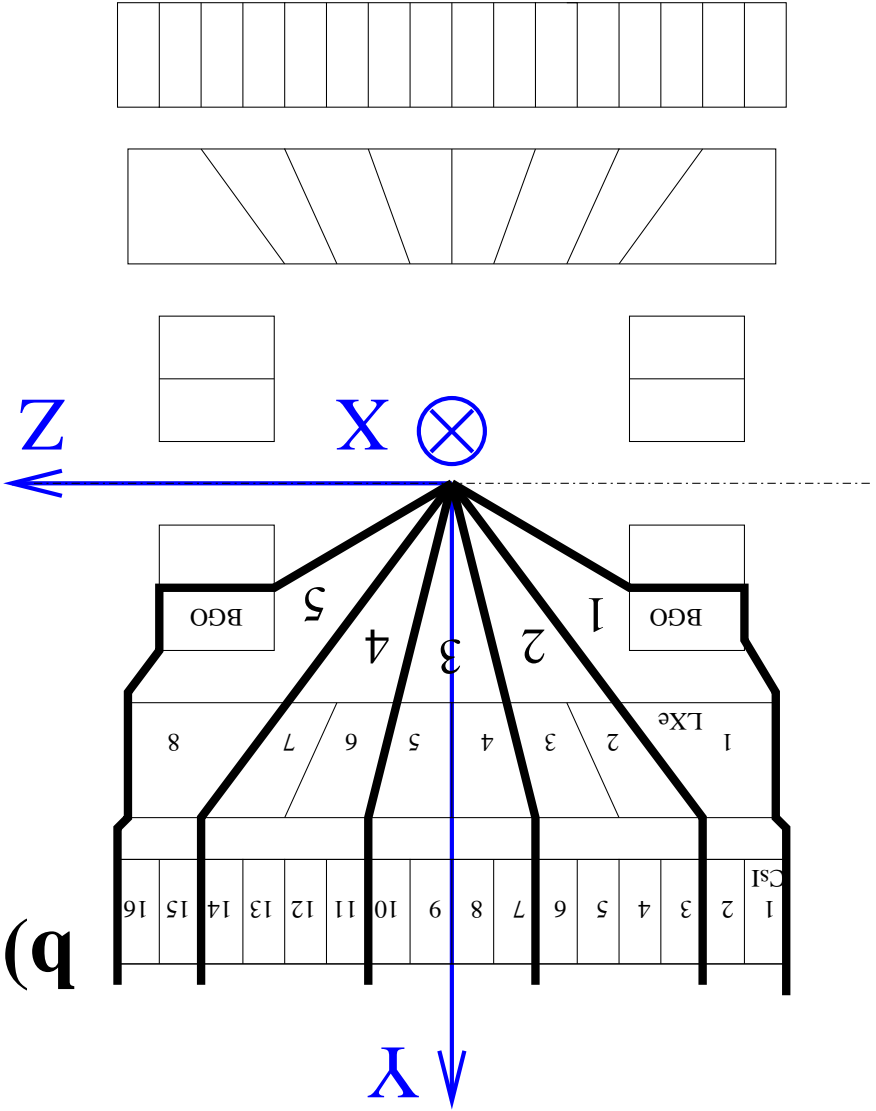
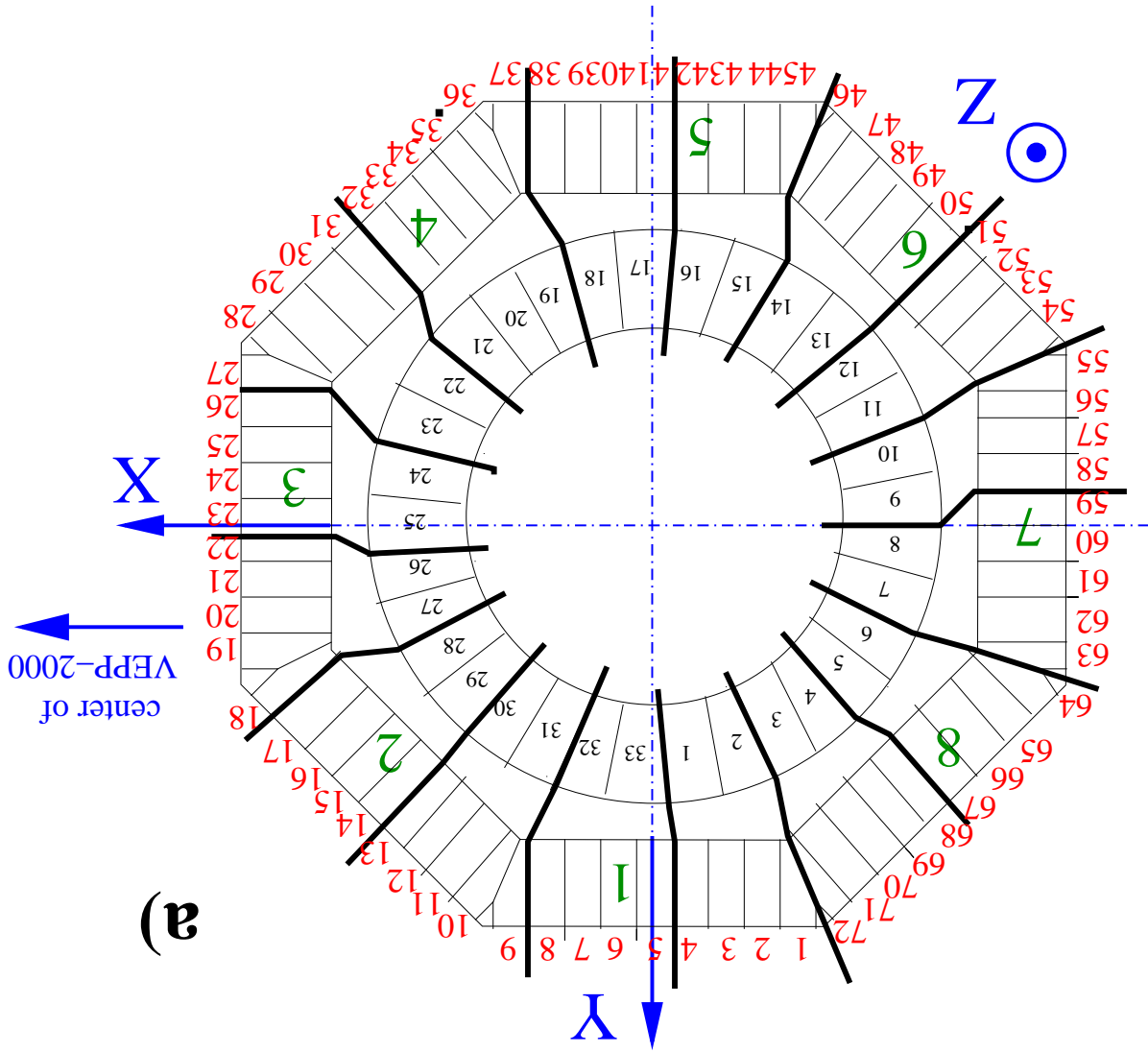
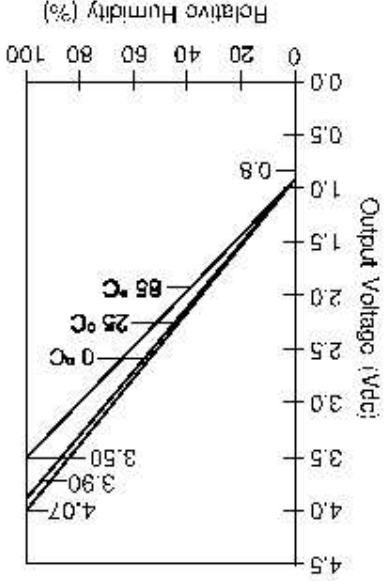


Схема разбивки калориметра на триггерные субрашши



Система датчиков измерения температуры и влажности

Объём оборудования 5-ю датчиками температуры и 1-м датчиком влажности



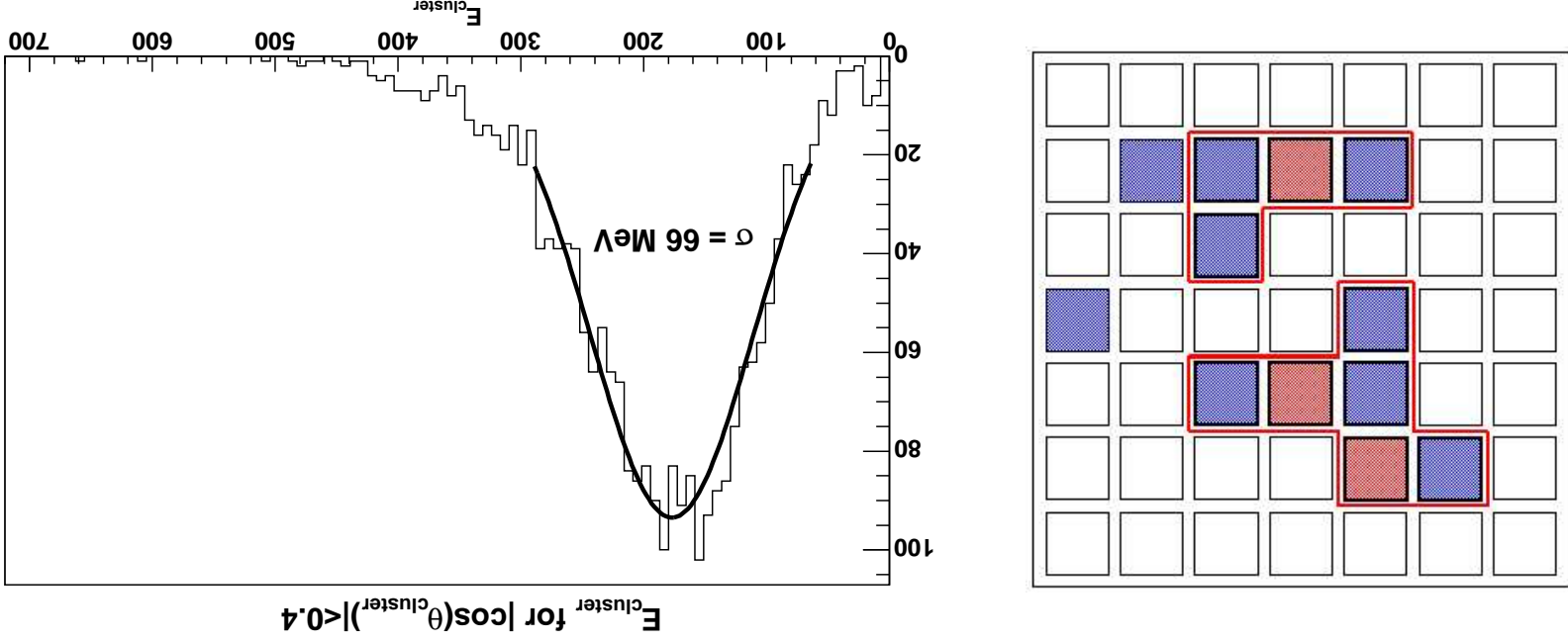
Датчик температуры (марки Pt100, 12061) представляет собой резистор с сопротивлением 100 Ом при температуре $T = 0^\circ\text{C}$, с увеличением температуры его сопротивление растёт по закону $R = (100 + 0.385 \cdot T)$ Ом, где T -температура в градусах Цельсия.

Датчик влажности (марки HIH3610-002) представляет из себя делитель

напряжения с опорным напряжением $U_0 = 5$ В. Зависимость выходного напряжения от влажности при температуре $T = 25^\circ\text{C}$: $U_{\text{out}} = U_0 \cdot (0.0062 \cdot RH + 0.16)$, где RH - относительная влажность в %.

Программа реконструкции кластеров в калориметре

Разработан и реализован алгоритм поиска кластеров в CSI калориметре.



В первую очередь находится кристалл с энерговыведением больше чем **20 МэВ**, он считается основой кластера. Далее к этому кластеру добавляются соседние кристаллы, если энерговыведение в них больше **4 МэВ**. Если же энерговыведение в соседнем кристалле также больше **20 МэВ**, то он относится к ядру кластера, и уже рядом с ним ведётся дальнейший поиск кристаллов с энерговыведением превышающим **4 МэВ** для присоединения к кластеру.