

Сессия-конференция секции ядерной физики ОФН РАН, посвящённая  
70-летию В. А. Рубакова



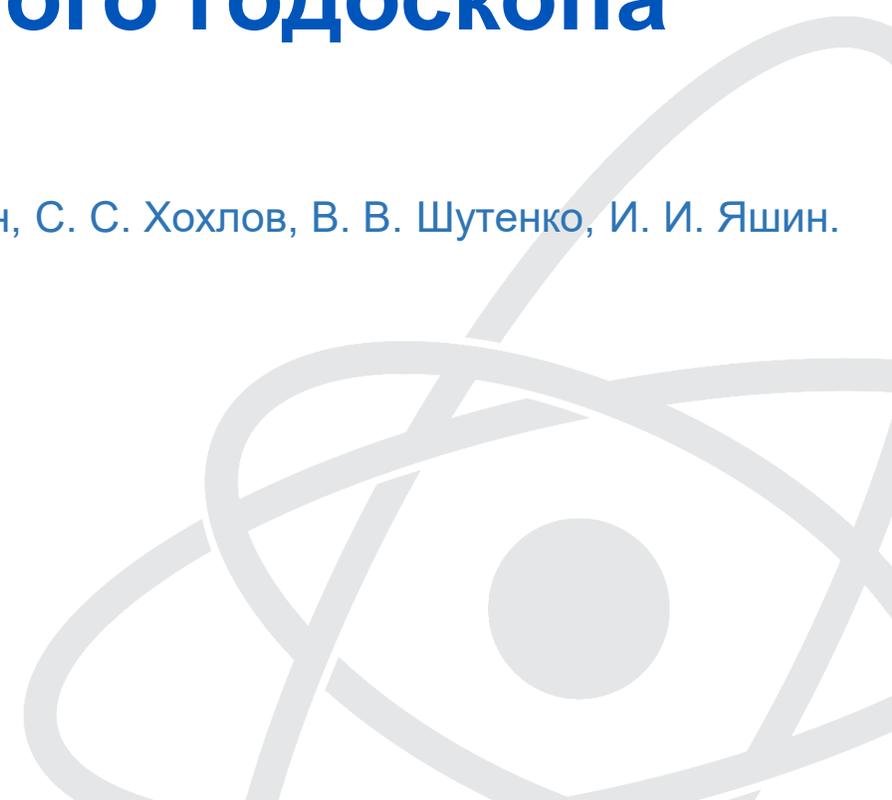
# Исследование характеристик сцинтилляционных детекторов с помощью мюонного годоскопа УРАГАН

М. Ю. Целиненко, Д. М. Громушкин, К. Г. Компаниец, Н. А. Пасюк, А. А. Петрухин, С. С. Хохлов, В. В. Шутенко, И. И. Яшин.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

[MYTselinenko@mephi.ru](mailto:MYTselinenko@mephi.ru)

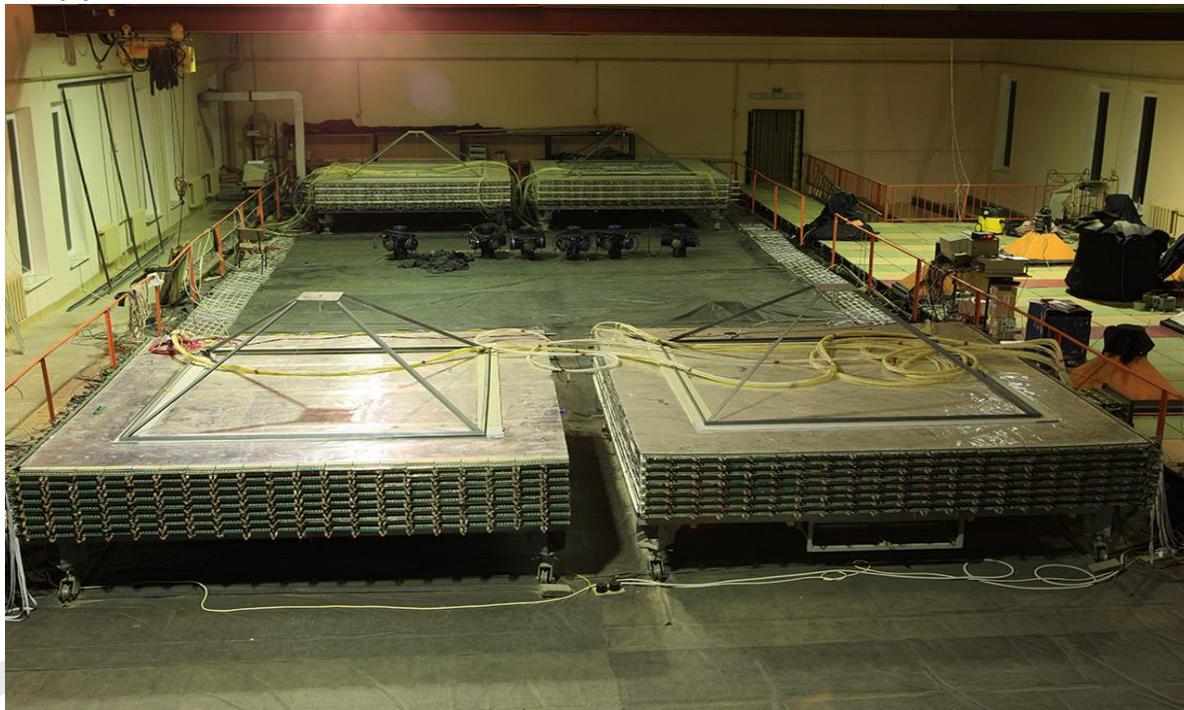
г. Москва  
17-21 февраля 2025 г.



# Постановка задачи

В настоящее время для экспериментов в физике высоких энергий важную роль играют сцинтилляционные детекторы (СД) различных форм и размеров, в связи с чем возникает задача оценки их характеристик, таких: средние амплитуды отклика и пространственная неоднородность световых выходов. Классические методы анализа на основе применения мюонных телескопов зачастую дают заметную неточность и затрачивают достаточно много времени на набор необходимой статистической обеспеченности.

Наша лаборатория использует метод оценки пространственной неоднородности световых выходов СД различной геометрии с помощью потока мюонов с известными параметрами треков, выделяемыми мюонным годоскопом.



**Угловое разрешение**

**$< 1^\circ$**

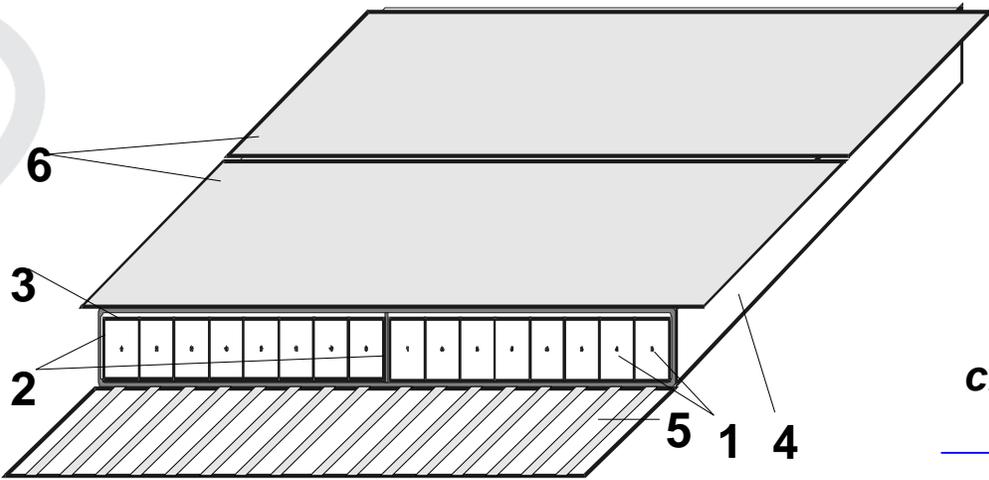
**Пространственная  
точность**

**$\sim 1$  см**

**Площадь**

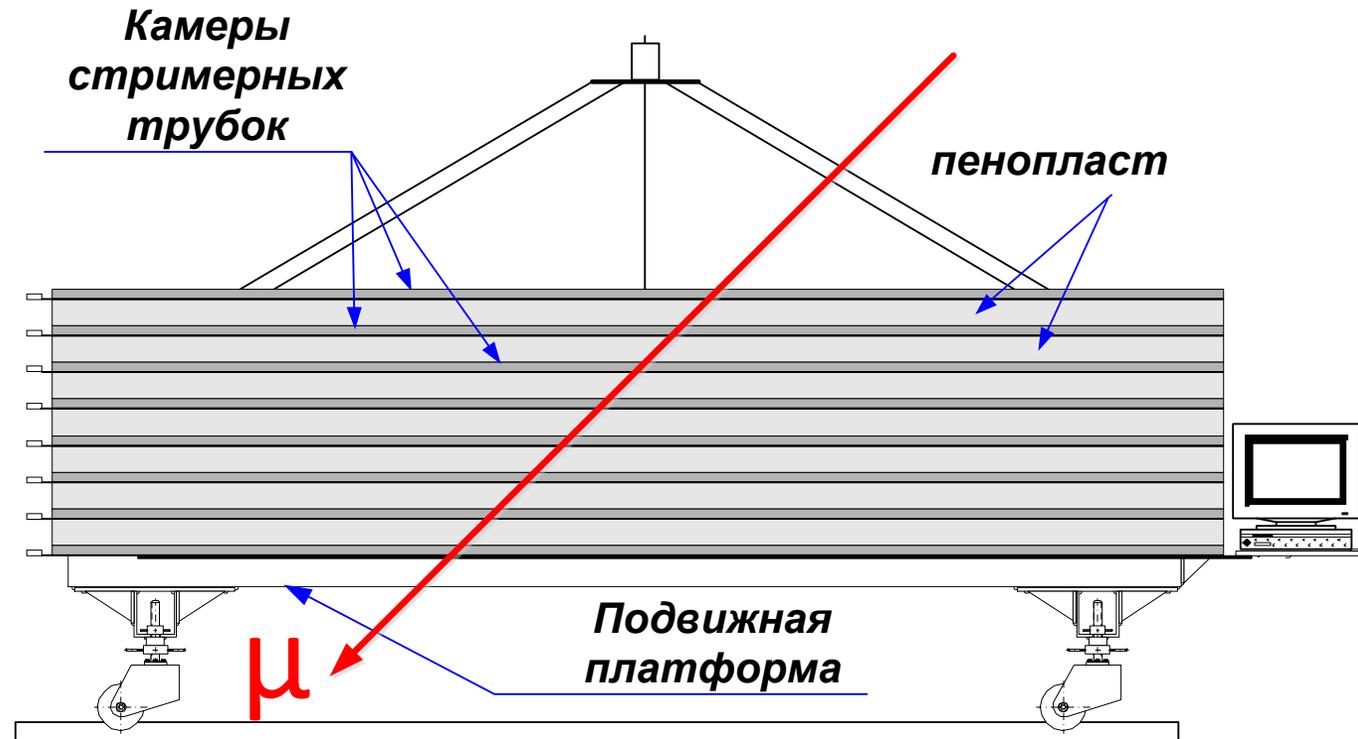
**$4 \times 11.5$  м<sup>2</sup>**

# Структура мюонного годоскопа УРАГАН

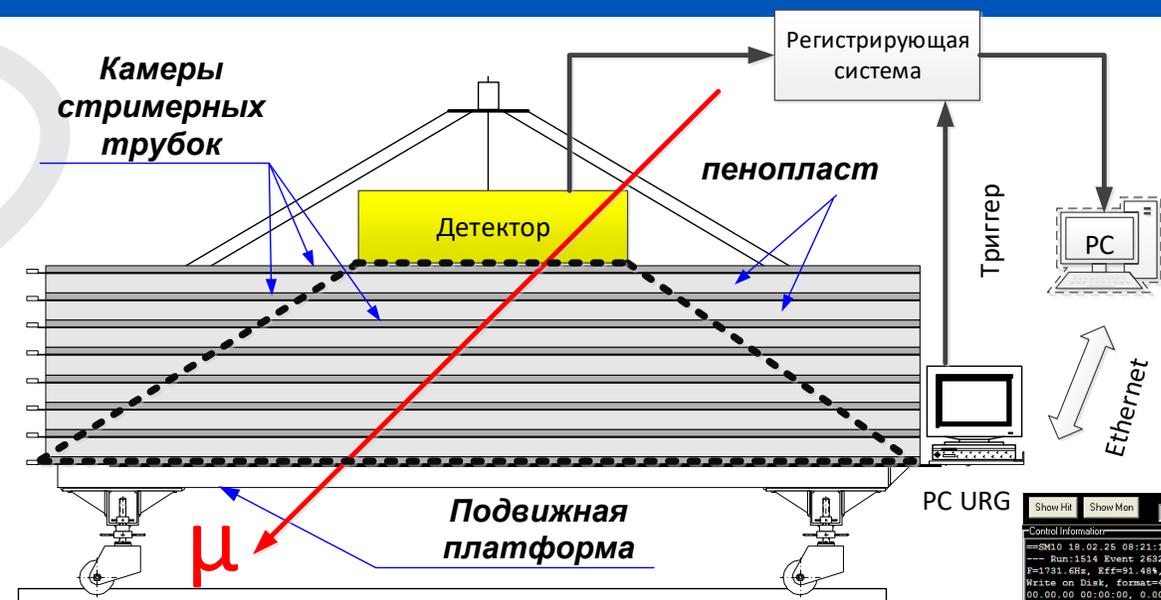


- Режим работы – ограниченный стример.
- Трёхкомпонентная газовая смесь (Ar, CO<sub>2</sub>, пентан).
- Размеры камер 357×16.7×1.5 см<sup>3</sup>.
- Стримерная трубка – квадрат 9×9 мм<sup>2</sup>.

- 1 - анодные нити (Ø 100 мкм)
- 2 - профиль из 8 трубок
- 3 - крышка профиля
- 4 - пластиковый контейнер
- 5 - пластина X-стрипов
- 6 - пластина Y-стрипов



# Методика тестирования



- Выбор триггерной зоны исходя из геометрии тестируемого детектора.
- Триггирование регистрирующей системы детектора от локальной машины УРАГАН.
- Данные с PC передаются на ПК стенда.
- Проверка пересечения реконструированным в УРАГАНе треком с детектором, анализ отклика в случае успеха.
- Заполнение матриц – мюнограмм.

XZ проекция

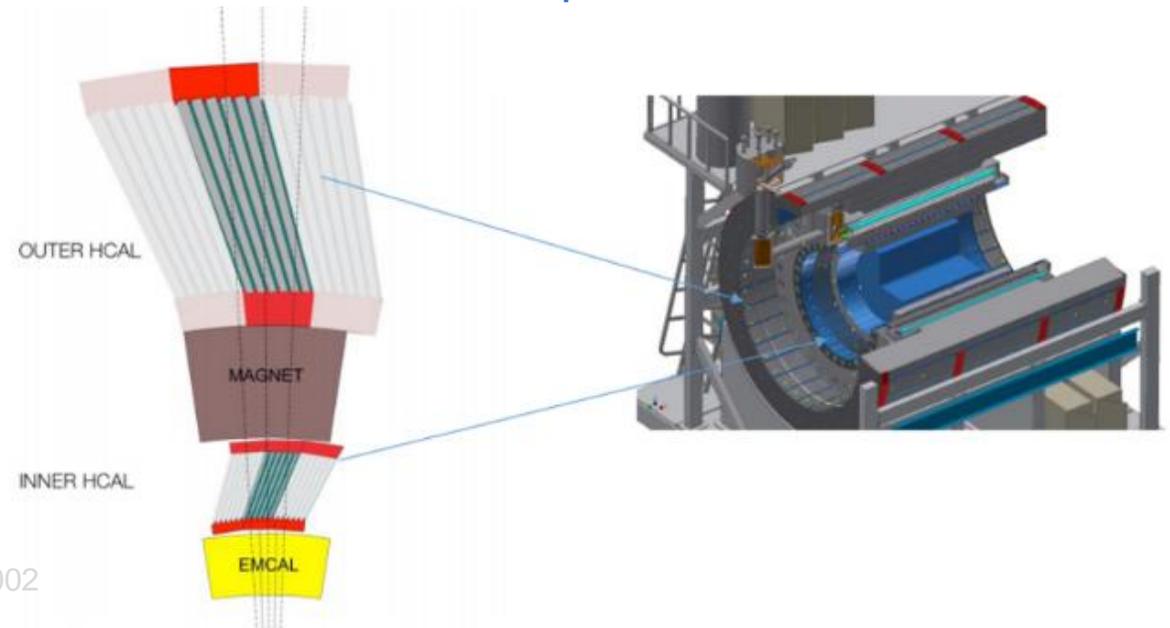
YZ проекция



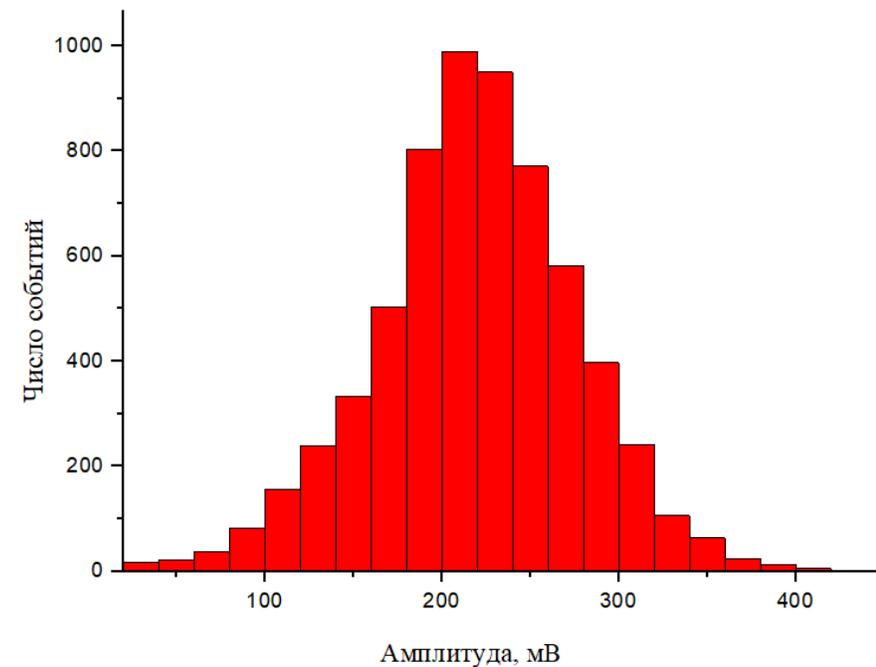
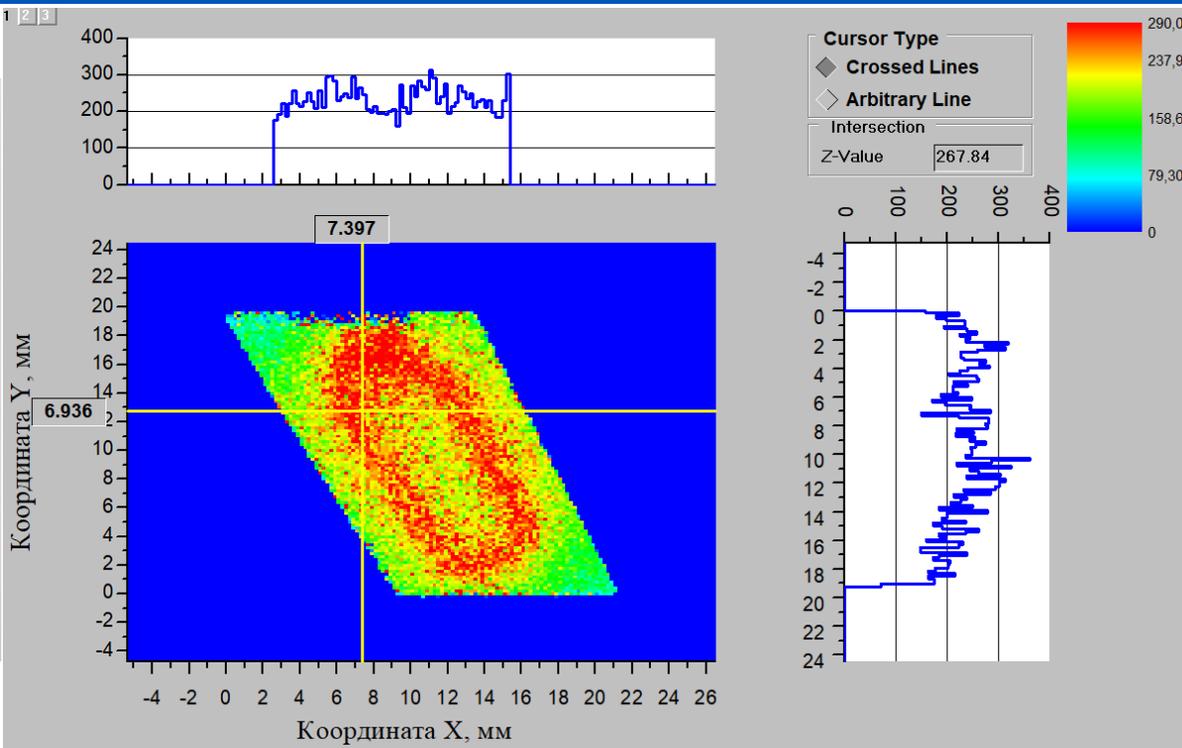
# Эксперимент sPhenix



- Проводится на коллайдере тяжелых ионов (RHIC) Брукхейвен, США.
- Изучение кварк-глюонной плазмы.
- Проводились работы по калибровке детекторов Outer HCAL и INNER HCAL
- Регистрирующими элементами являются сцинтилляционные тайлы – параллелограммы различных геометрических размеров, производства АО Унипласт, г. Владимир.



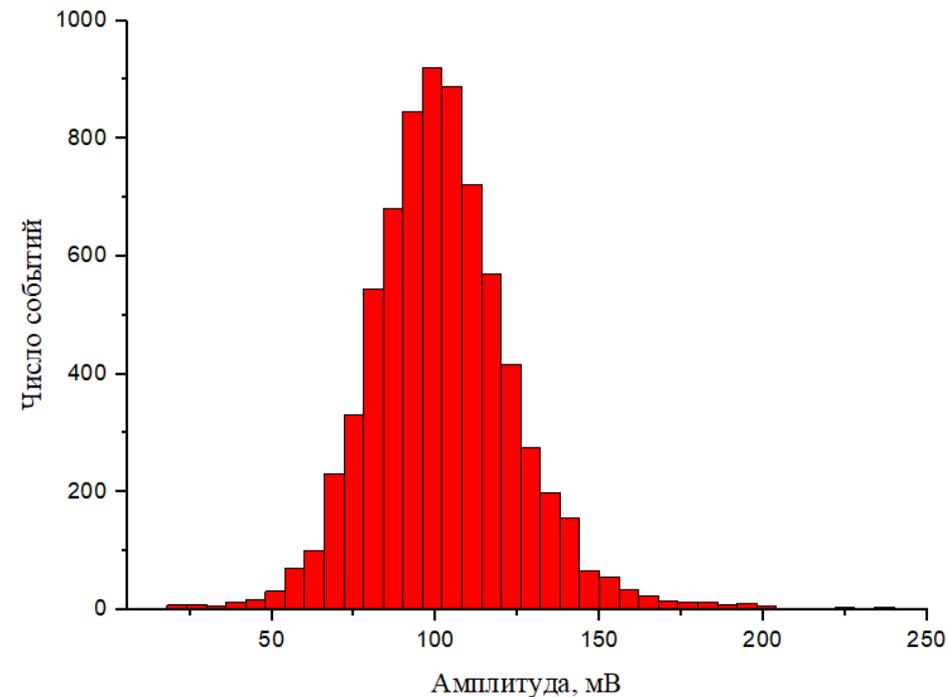
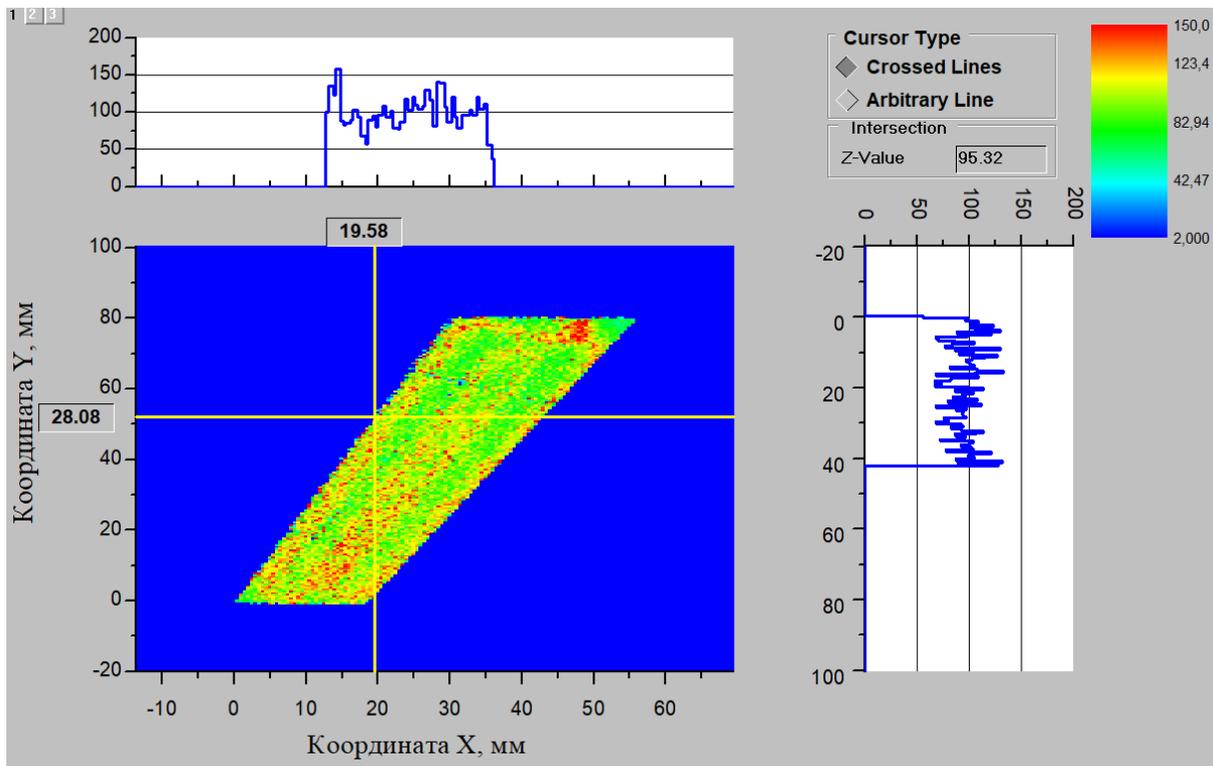
# Детекторы адронного калориметров эксперимента sPhenix



Средняя амплитуда, мВ	$221.1 \pm 0.9$
Среднеквадратичное отклонение ( $\sigma_A$ ), мВ	$51.2 \pm 2.1$
Количество мюонов в ячейке, шт	18
Неоднородность отклика, %	23

$$\Delta \langle A \rangle = \frac{\sigma_A}{\bar{A}} * 100\%$$

# Детекторы адронного калориметров эксперимента sPhenix



**Средняя амплитуда, мВ**

**100.3 ± 0.2**

**Среднеквадратичное отклонение ( $\sigma_A$ ), мВ**

**18.7 ± 0.4**

**Количество мюонов в ячейке, шт**

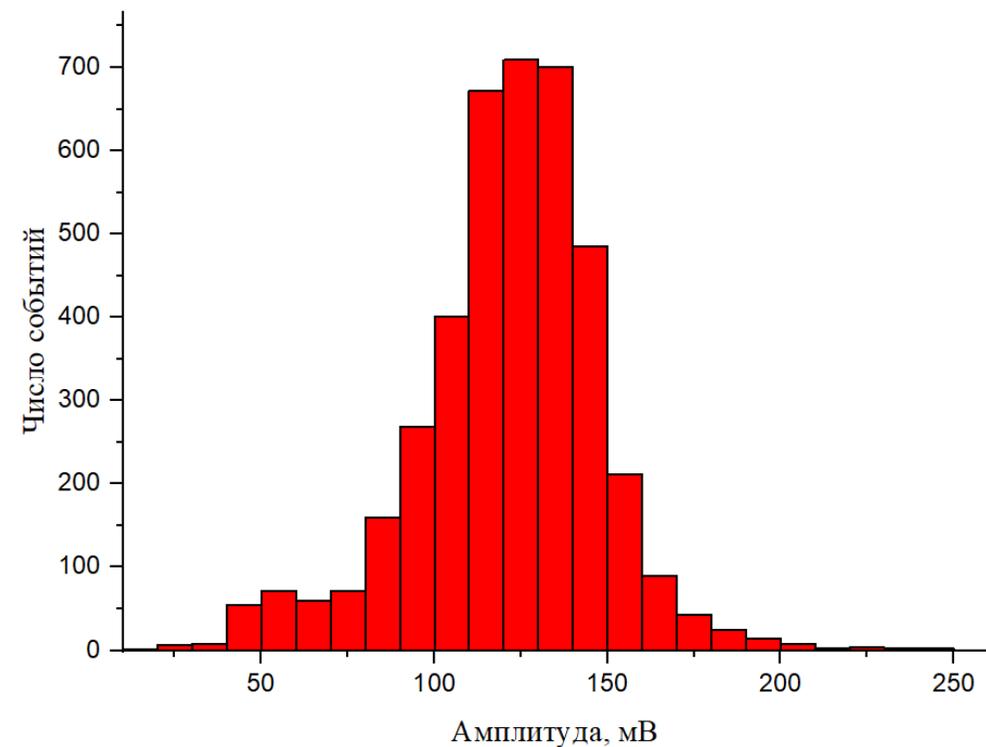
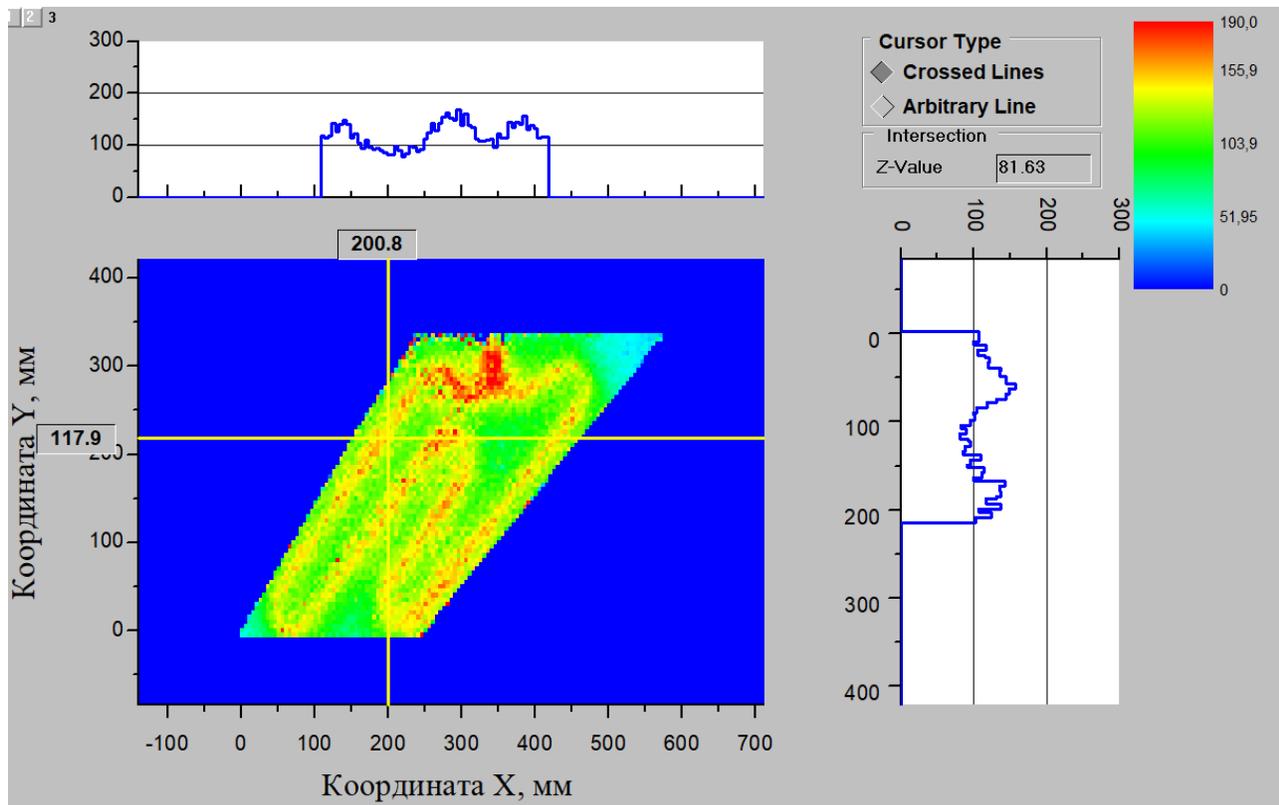
**20**

**Неоднородность отклика, %**

**19**

$$\Delta \langle A \rangle = \frac{\sigma_A}{\bar{A}} * 100\%$$

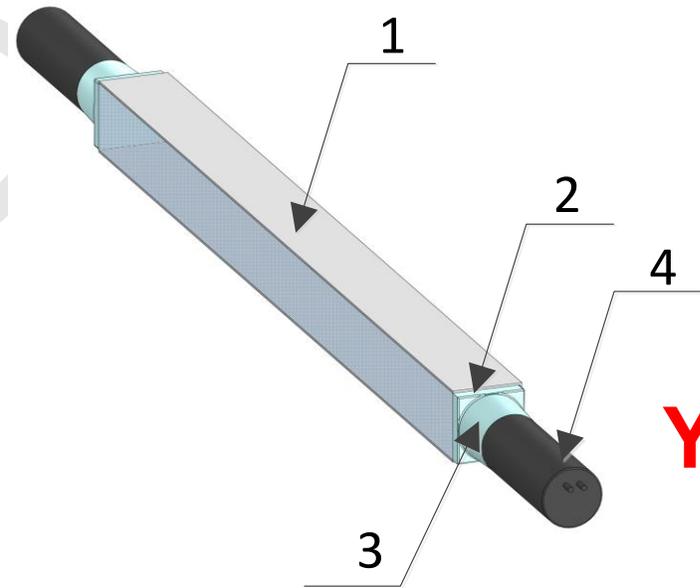
# Детекторы адронного калориметров эксперимента sPhenix



<b>Средняя амплитуда, мВ</b>	<b>125.1 ± 0.6</b>
<b>Среднеквадратичное отклонение (<math>\sigma_A</math>), мВ</b>	<b>18.7 ± 1.4</b>
<b>Количество мюонов в ячейке, шт</b>	<b>96</b>
<b>Неоднородность отклика, %</b>	<b>16</b>

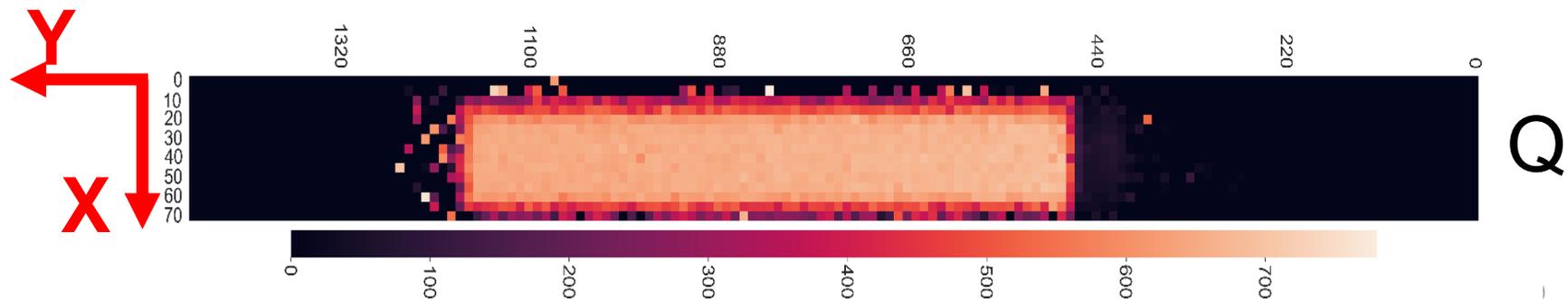
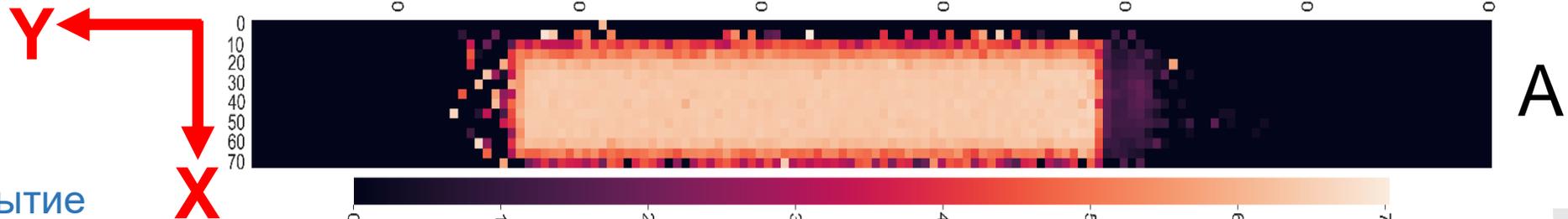
$$\Delta \langle A \rangle = \frac{\sigma_A}{\bar{A}} * 100\%$$

# Нейтринный детектор

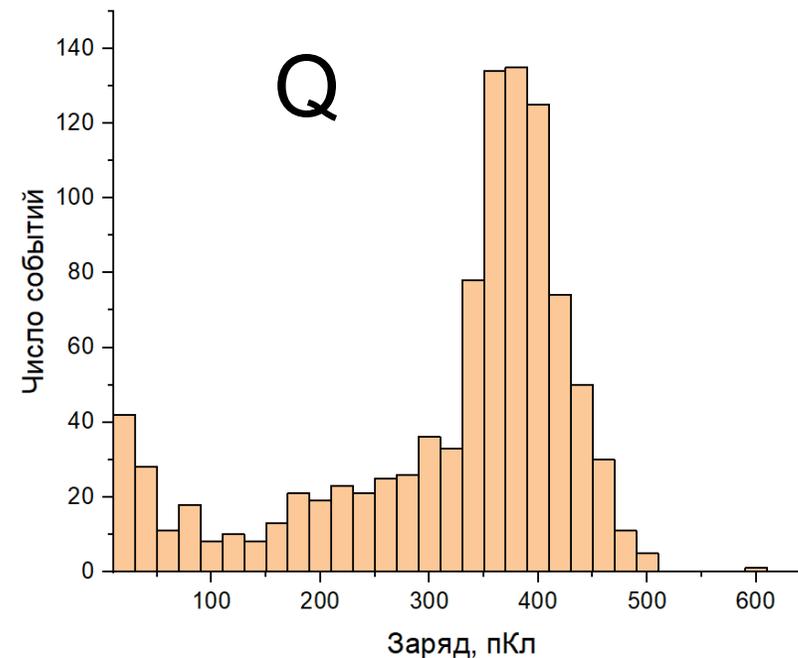
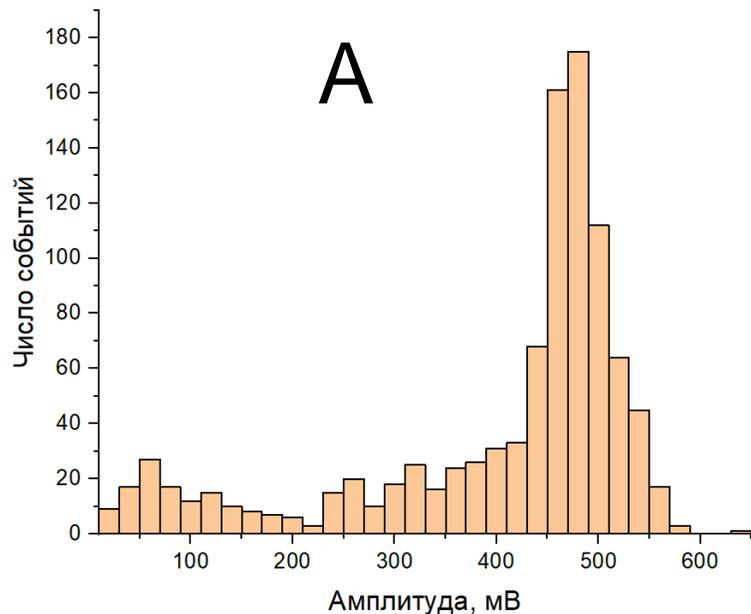


- Регистрация реакторных антинейтрино.
- Механизм регистрации  $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$ .
- Геометрические размеры  $50 \times 50 \times 640 \text{ мм}^3$ .

- 1 - Светоизолирующее покрытие
- 2 - Сцинтиллятор на основе полистирола с добавлением РОРОР
- 3 - Световод
- 4 - ФЭУ



# Нейтринный детектор

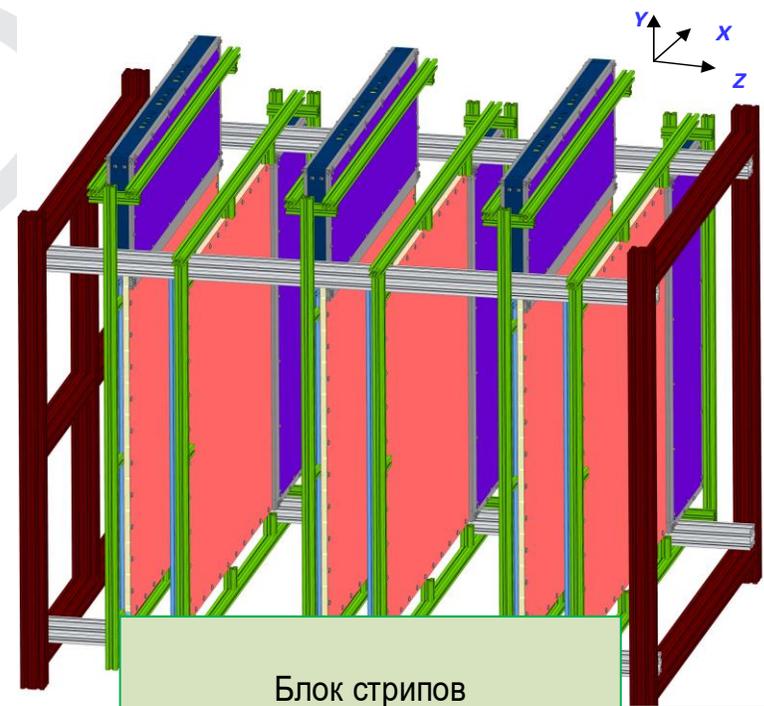


Средняя амплитуда, мВ	$476.1 \pm 1.6$
Средний заряд, пКл	$379.7 \pm 1.8$
Среднеквадратичное отклонение ( $\sigma_A$ ), мВ	$27.5 \pm 3.6$
Среднеквадратичное отклонение ( $\sigma_Q$ ), пКл	$38.1 \pm 5.2$
Количество мюонов в ячейке, шт	15
Неоднородность отклика, %	10

$$\Delta \langle A \rangle = \frac{\sigma_A}{\bar{A}} * 100\%$$

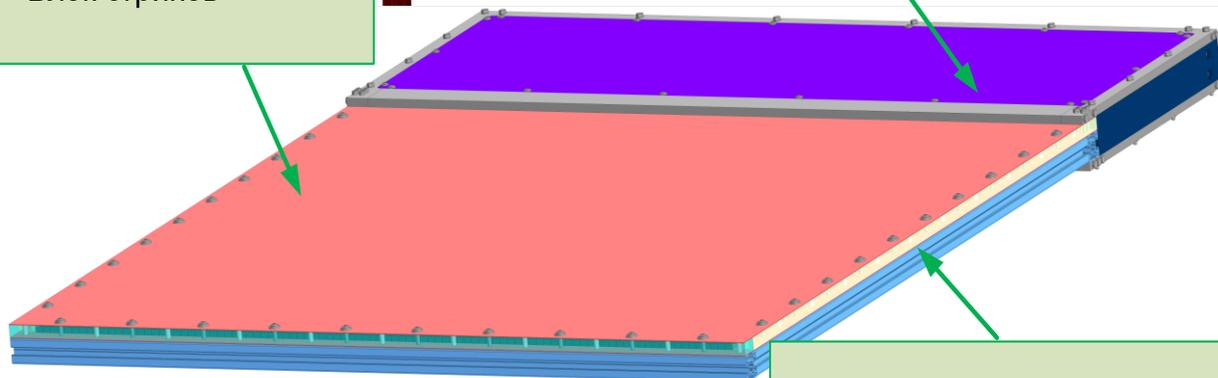
# Тестирование многоканальных систем (мобильный мюонный годоскоп)

- Сцинтилляционные стрипы ( $10 \times 1000 \times 7$  мм<sup>3</sup>) производства АО Унипласт, г. Владимир.
- 6 координатных плоскостей (КП).
- В каждой КП 192 стрипа уложенных в 2 слоя, по 96 шт. в каждом.
- 6 плат считывания на каждую КП.
- 1152 канала регистрации.

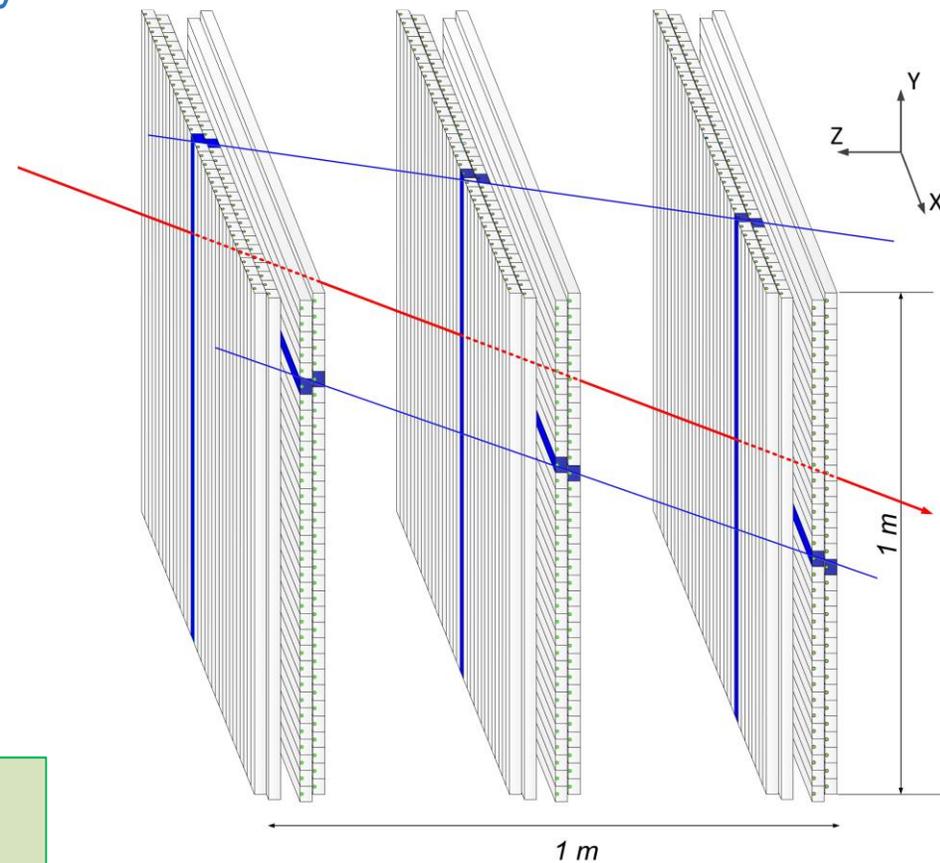


Блок стрипов

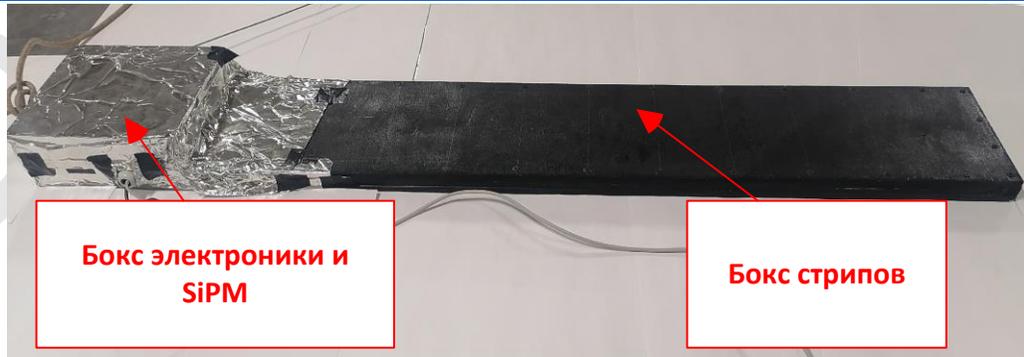
Корпус разводки электроники



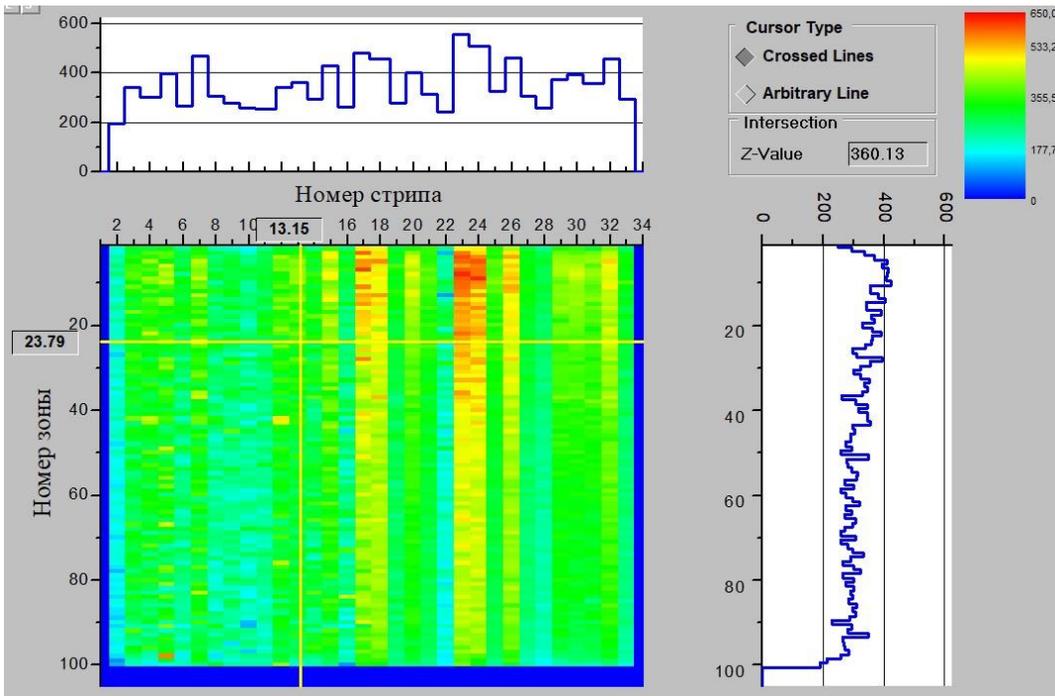
Несущая рама ОПП ММГ



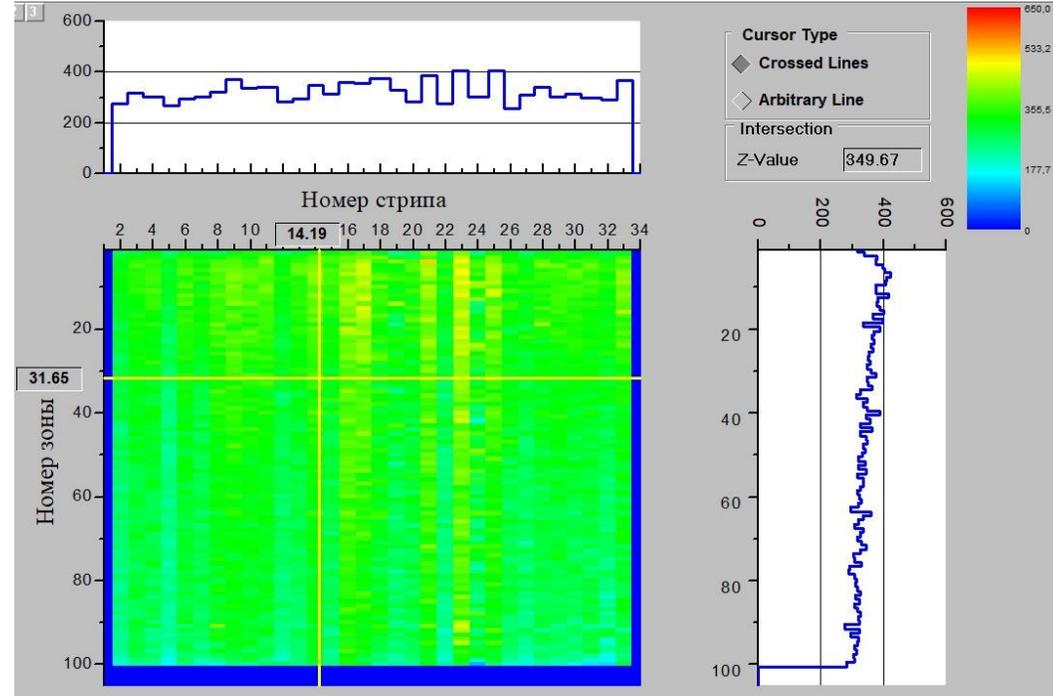
# Тестирование многоканальных систем (мобильный мюонный годоскоп)



- Процедура настройки откликов заключается в следующем:
- Проводится специальный набор, по результатам которого оценивается неравномерность откликов каналов и проверяется их работоспособность
  - Производится изменение конфигурации считывающей платы путем выбора напряжения питания SiPM и настройки порогов компараторов.



До настройки  $\Delta \langle A \rangle = 29\%$



После настройки  $\Delta \langle A \rangle = 14\%$

# Заключение

## Калибровка с помощью мюонного годоскопа дает возможность:

- эффективно проводить тестирование детектора в потоке мюонов с известными треками;
- анализировать спектры откликов на одиночные мюоны;
- проводить оценку эффективности срабатывания;
- оценивать пространственную однородность светосбора детекторов.

## В случае калибровки многоканальных систем:

- проверять работоспособность всех каналов детектора;
- проводить настройку откликов каналов;
- оценивать уровень кросс-канальных наводок.

**Спасибо за внимание!**