

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

(государственный университет)

КАФЕДРА «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И КОСМОЛОГИЯ»

Выпускная квалификационная работа магистра на тему:

**Исследование характеристик детекторов  
заряженных фрагментов-спектаторов для  
эксперимента  $VM@N$  на пучке электронов**

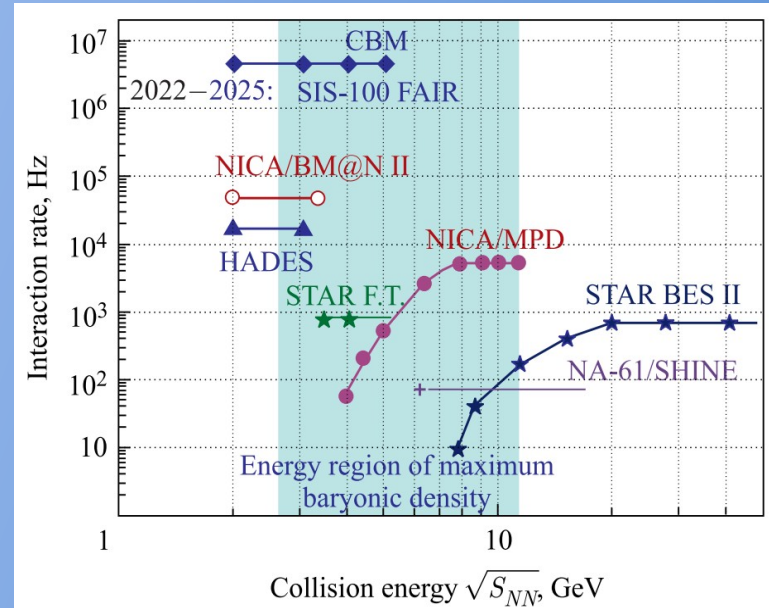
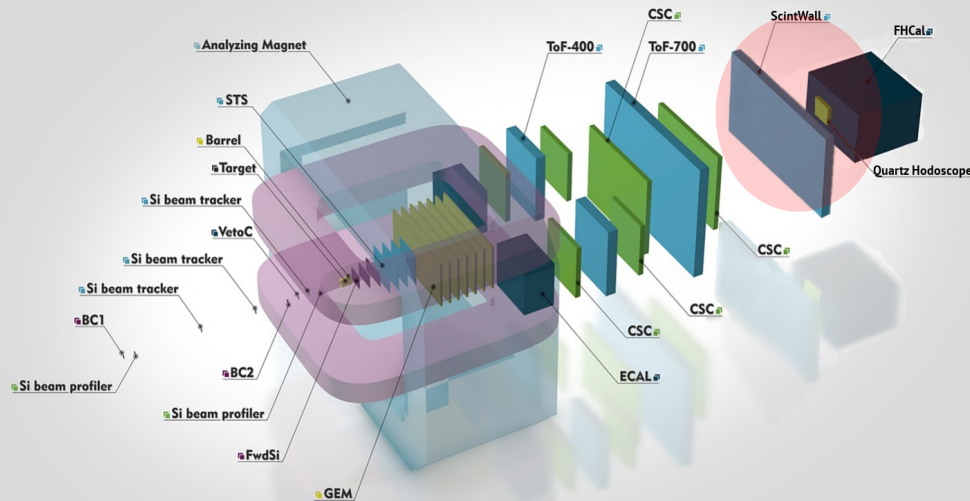
**Герасимов Дмитрий Павлович**

(студент группы M02-011яф)

Научный руководитель: Губер Фёдор Фридрихович,  
к.ф-м.н, внс ИЯИ РАН

# Эксперимент VM@N

- VM@N (Baryonic Matter at Nuclotron) - первый эксперимент на выведенном пучке ускорительного комплекса NICA-Нуклотрон по исследованию ядро-ядерных взаимодействий при энергиях ионов пучка до 4.5 АГэВ (до 3.5 ГэВ в с.цм).
- Программа экспериментов на VM@N включает изучение уравнения состояния ядерной материи, изучение свойств адронов в плотной ядерной среде, рождение гиперядер в ядро-ядерных столкновениях.



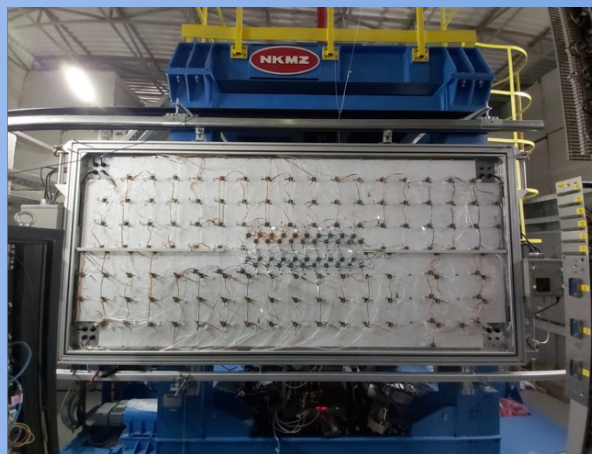
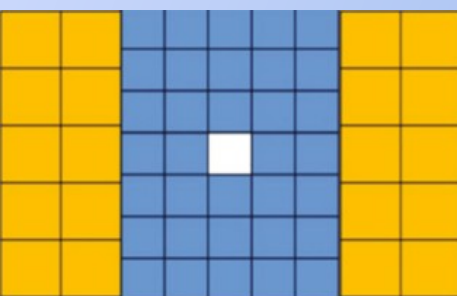
Тема квалификационной работы связана с разработкой пучкового годоскопа и сцинтилляционных детекторов для сцинтилляционной стенки для эксперимента VM@N, исследованием их отклика на пучках электронов.

# Передние детекторные системы VM@N

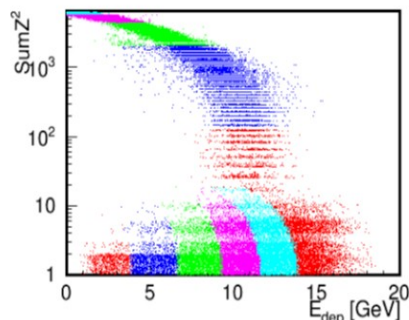
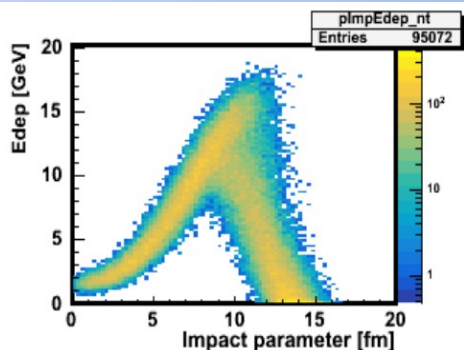
**FHCal** – передний адронный калориметр для измерения геометрии ядро-ядерных столкновений;

**FQH** – передний кварцевый годоскоп (перекрывает пучковое отверстие в калориметре);

**ScWall** – передняя многоканальная сцинтилляционная стенка для измерения заряженных фрагментов-спектаторов.



Все эти детекторные системы разработаны и изготовлены в ИЯИ РАН



Из корреляции между выделенной энергией в FHCal и амплитудой сигнала в FQH можно однозначно определить центральность взаимодействия.

Зарядовые распределения фрагментов-спектаторов, измеренные ScWall необходимы для уточнения параметров моделей фрагментации.

# FQH – передний пучковый кварцевый годоскоп

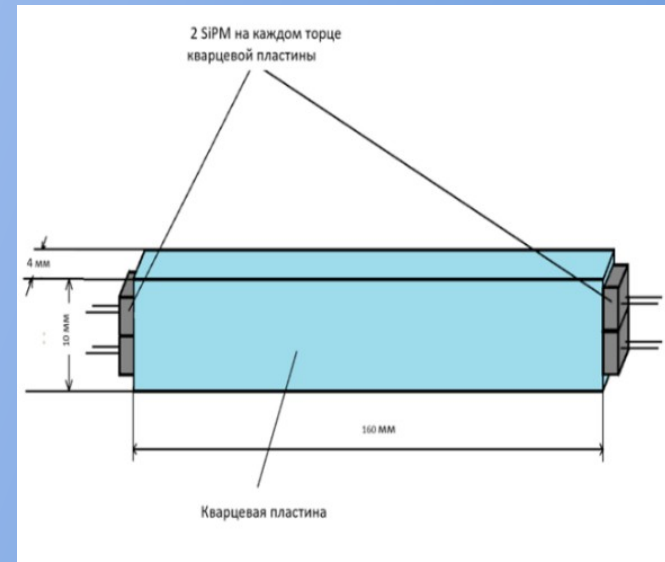
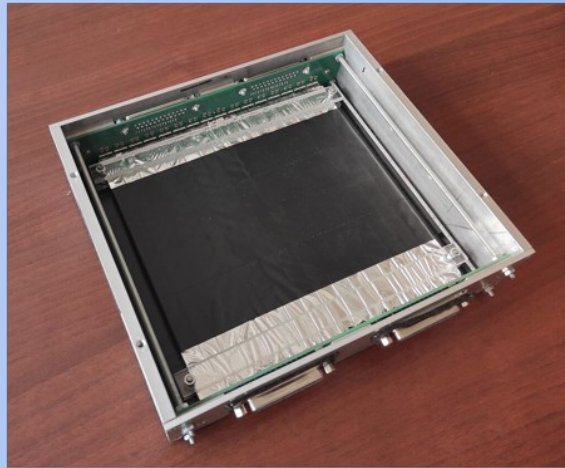
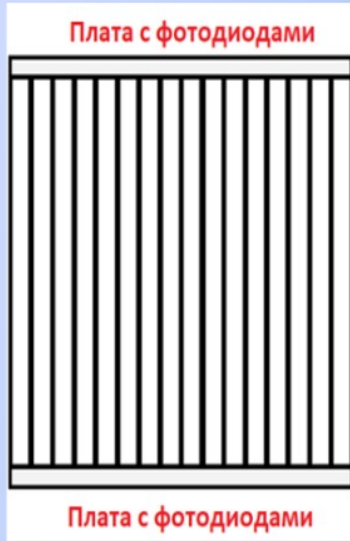


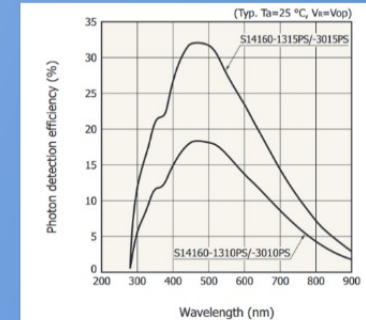
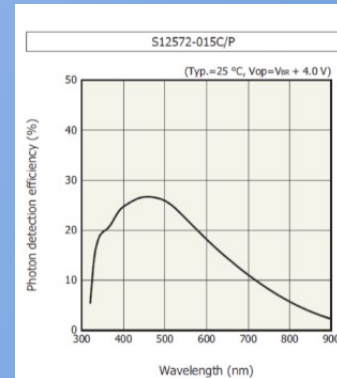
Схема FQH

FQH в собранном виде

Схема одного кварцевого детектора FQH

- FQH – 16 кварцевых черенковских детекторов.
- Размер каждого детектора 4 x 10 x 160 мм.
- Чувствительная область FQH – 160 x 160 мм<sup>2</sup>
- Свет с каждого кварцевой пластины детектируется с двух противоположных торцов парами кремниевых фотоумножителей.
- Сигналы с фотодетекторов регистрировались в тестах на пучке с помощью диджитайзера CAEN

Одна из задач дипломной работы – измерение световыхода и неоднородности светосбора вдоль кварцевой пластины



*Зависимость квантовой эффективности от длины волны для MPPC S12572-015P, слева (использован в в тесте) и для MPPC S14160-3015PS (будет использоваться на VM@N)*

# Установка для тестирования кварцевого годоскопа

Измерения световыхода и неоднородности светосбора кварцевых детекторов FQN проводились на пучке электронов синхротрона «Пахра» в ФИАН (Троицк).

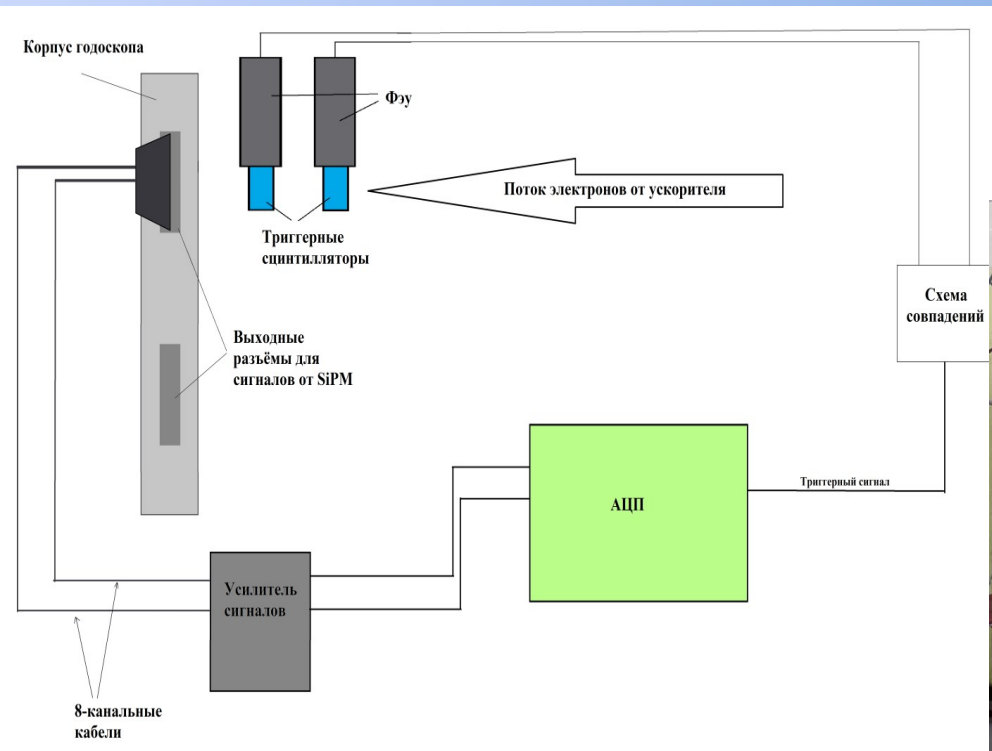


Схема установки

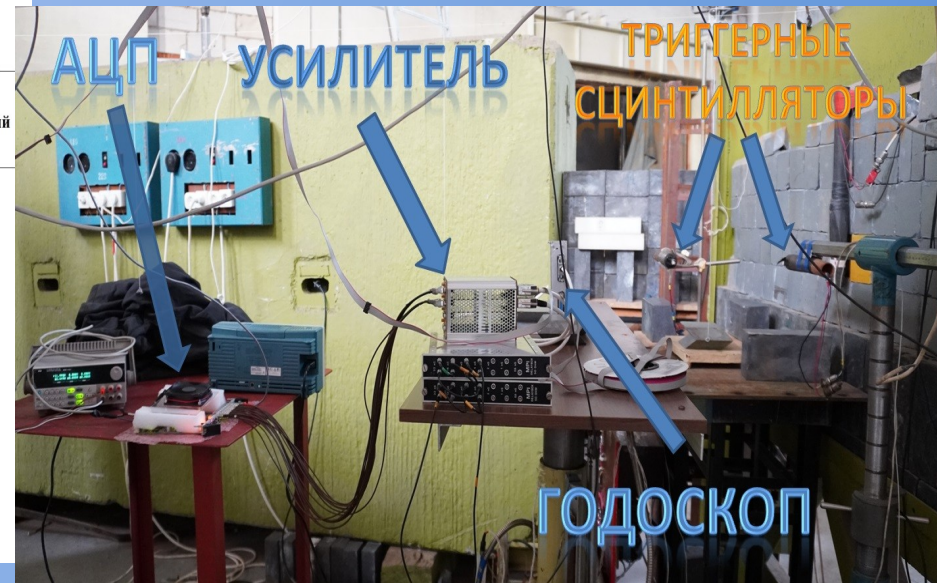
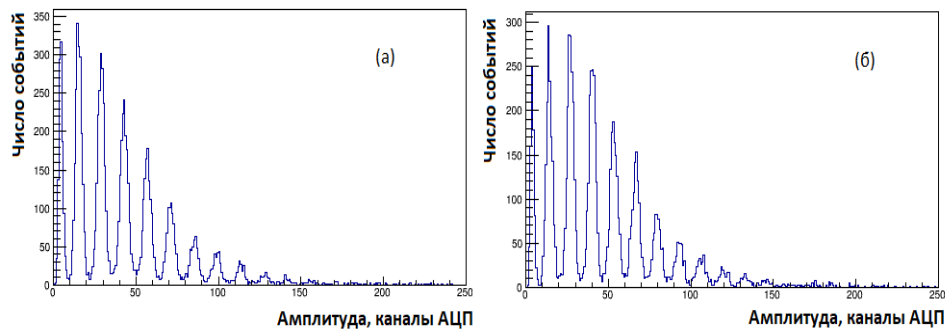


Фото установки на пучке электронов

# Результаты измерения световыхода и неоднородности светосбора кварцевых детекторов FQH

## Световыход

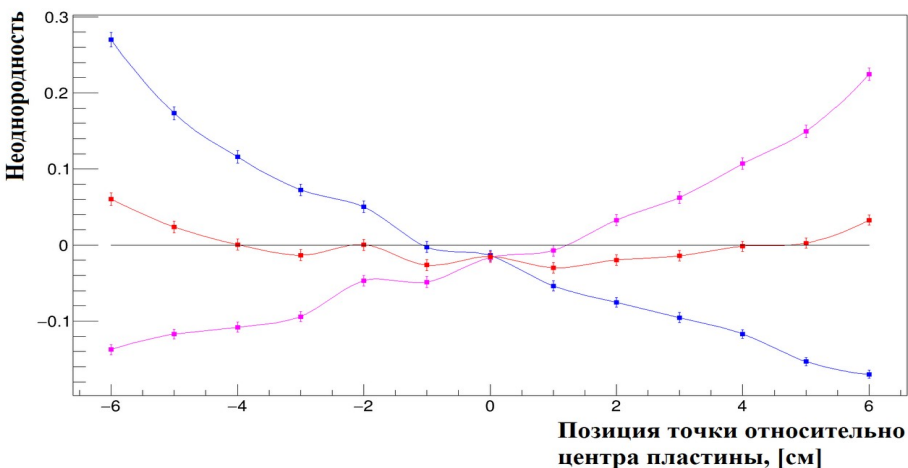


Вид амплитудного спектра с каждой из двух пар фотодиодов кварцевого детектора

Из соотношения количества нулевых и ненулевых событий в этом амплитудном спектре, согласно свойствам пуассоновского распределения, было определено среднее амплитудное значение спектра.

- ↙ Световыход при считывании сигналов парой фотодиодов только с одного из торцов кварцевой пластины - от 2 до 3 фотоэлектронов.
- ↙ Световыход при считывании сигналов четырьмя фотодиодами с обоих торцов кварцевой пластины детектора находится в пределах от 4.5 до 4.9 фотоэлектронов.

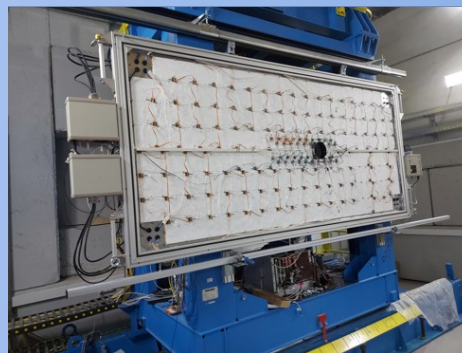
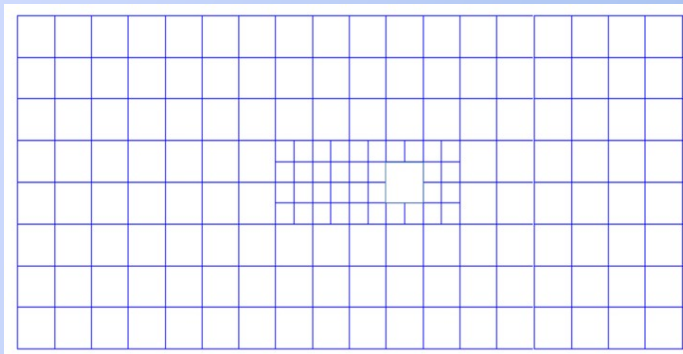
## Неоднородность светосбора



- ↙ Неоднородность светосбора в кварцевой пластине при считывании света только парой МРРС с одного из торцов пластины детектора достигает 42%.
- ↙ Неоднородность светосбора при считывании сигналов парами фотодиодами с обоих торцов кварцевой пластины детектора - в пределах  $\pm 5\%$ .

Похожие результаты были получены для всех 16 детекторов годоскопа.

# ScWall – передняя многоканальная сцинтилляционная стенка



ScWall:

36 сцинт. дет.  $7,5 \times 7,5 \times 1\text{см}^3$ ,

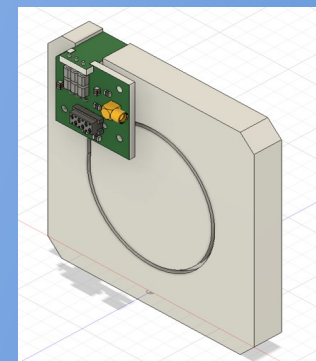
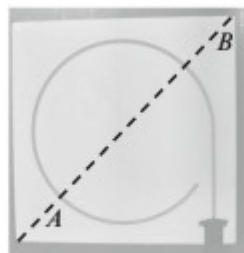
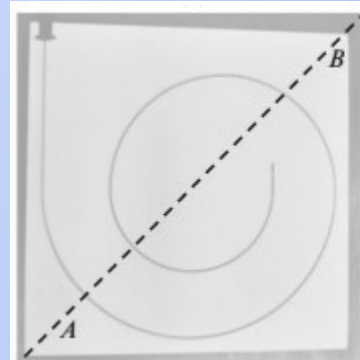
138 сцинт. дет.  $15 \times 15 \times 1\text{см}^3$ .

Сцинт. – производство «Унипласт».

Оптоволокно WLS Y11(200) S-type  
диаметром 1 мм производства  
компании Kuraray

$5 \times 15 \times 1\text{см}^3$

$7,5 \times 7,5 \times 1\text{см}^3$



MPPC S13360-1325CS,  
Hamamatsu (Япония).

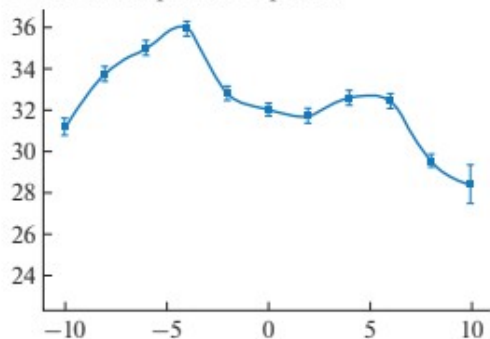
Площадь активной области  $1.3 \times 1.3 \text{мм}^2$ ,  
квантовая эффективность 25%,  
коэффициент усиления  $7 \cdot 10^5$ .

**Одна из задач дипломной работы – измерение световых выходов и неоднородности светосбора вдоль диагонали сцинтилляционных пластин для 2х типов отражателей сцинтилляционных пластин.**

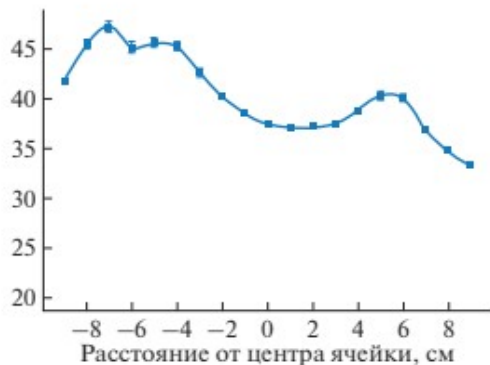
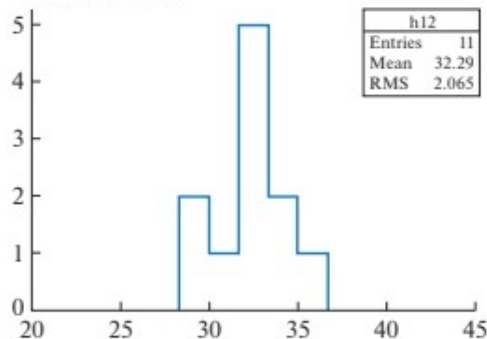
# Результаты измерения световыхода и неоднородности светосбора больших сцинтилляционных детекторов для ScWall

Измерения световыхода и неоднородности светосбора сцинтилляционных детекторов для ScWall также проводились на пучке электронов синхротрона «Пахра» в ФИАН (Троицк).

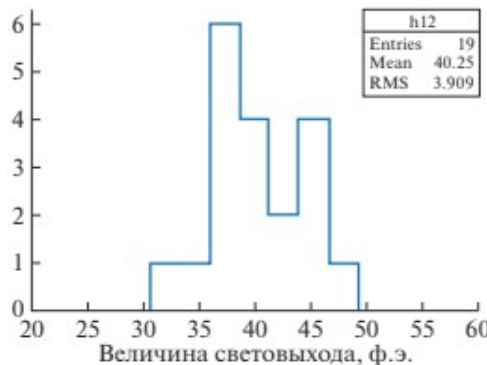
Количество фотоэлектронов



(a) Число отсчетов



(б)



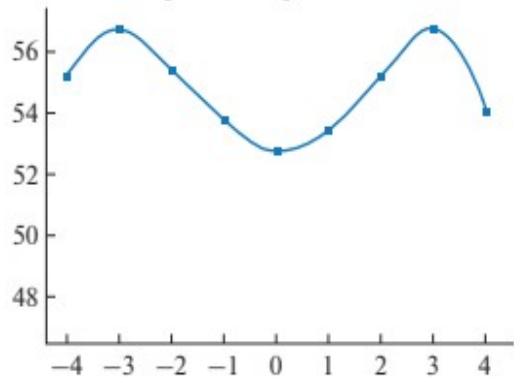
отражатель TYVEK

диффузный отражатель

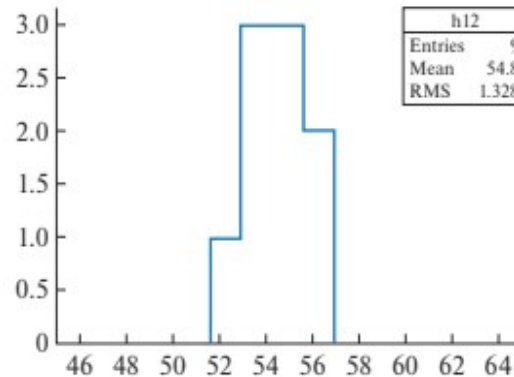


# Результаты измерения световыхода и неоднородности светосбора маленьких сцинтилляционных детекторов для ScWall

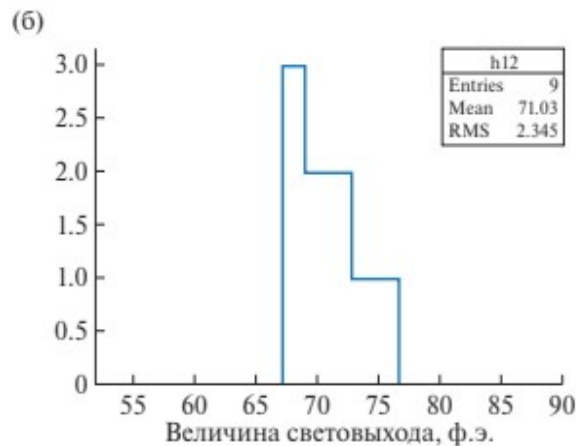
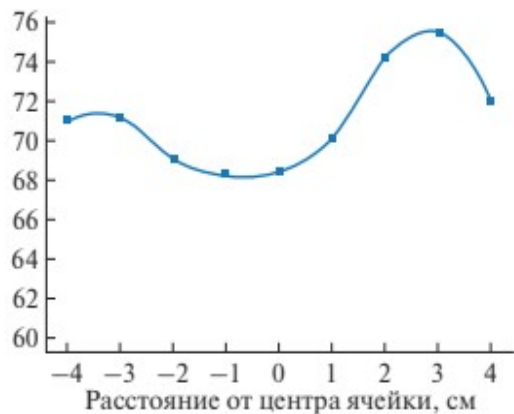
Количество фотоэлектронов



(a) Число отсчетов



отражатель TYVEK



диффузный отражатель

# Заключение (I)

Задачей данной квалификационной работы было проведение исследований на пучке электронов на синхротроне «Пахра» в ФИАН световыходов и неоднородностей светосбора с кварцевых черенковских детекторов переднего пучкового годоскопа и образцов сцинтилляционных детекторов с разными отражающими покрытиями для выбора этих детекторов для сцинтилляционной стенки эксперимента VM@N.

В результате проведенных исследований получены следующие результаты:

# Заключение (II)

## Для кварцевых детекторов годоскопа FQH :

- ¬λ Значения световыхода при считывании сигналов парой фотодиодов только с одного из торцов кварцевой пластины детектора находится в пределах от 2 до 3 фотоэлектронов.
- ¬λ Световыход при считывании сигналов четырьмя фотодиодами с обоих торцов кварцевой пластины детектора находится в пределах от 4.5 до 4.9 фотоэлектронов.
- ¬λ Неоднородность световыхода в кварцевой пластине при считывании света только парой МРРС с одного из торцов пластины детектора достигает 42%.
- ¬λ Неоднородность световыхода при считывании сигналов парами фотодиодами с обоих торцов кварцевой пластины детектора находится в пределах  $\pm 5\%$ .

# Заклучение (III)

## Для сцинтилляционных детекторов ScWall:

- > Диффузионный отражатель, образованный в результате травления специальным химическим раствором поверхности сцинтиллятора, обеспечивает более высокий световой выход, чем отражатель TYVEK – 40 фотоэлектронов против 32 фотоэлектронов для сцинтилляционных детекторов  $15 \times 15 \text{ см}^2$  и, соответственно, 71 против 55 фотоэлектронов для детекторов  $7.5 \times 7.5 \text{ см}^2$ .
- > Однако, измерения показали, что пространственная неоднородность светосбора в сцинтилляционных детекторах меньше для детекторов с отражателем из TYVEK, чем с диффузионным отражателем. Для детекторов  $15 \times 15 \text{ см}^2$  с TYVEK неоднородность светосбора составляет около 6%, что почти в 2 раза меньше, чем для детектора с диффузионным отражателем. Для детекторов  $7.5 \times 7.5 \text{ см}^2$  неоднородность светосбора составляет около 2.4% для отражателя TYVEK и 3.2% для химического отражателя.

Спасибо за внимание!

Точка на кварцевой пластине детектора	Сторона 1			Сторона 2		
1	11084	1549	1621.18	10001	466	531.124
2	10656	1523	1578.44	9478	345	394.309
3	10575	1496	1573.64	9576	497	567.308
4	10256	1355	1428.7	9413	512	579.644
5	10054	1266	1341.84	9348	560	630.515
6	9857	1144	1229.07	9419	700	781.242
7	10089	1138	1226.41	9705	754	839.048
8	10091	1087	1177.93	9826	822	910.546
9	10000	975	1062.7	9917	892	978.97
10	9846	883	971.389	9960	997	1086.41
11	10349	750	831.484	10769	1170	1254.79
12	10762	799	888.514	11220	1257	1350.32
13	10538	674	752.858	11171	1307	1390.59
14	9967	584	655.21	10686	1303	1379.35

$$N_{0\_NEW} = N_0 + N * Q, \quad Q = q_1 * q_2 \quad q_{1,2} = \frac{N_0}{N}$$

$$N_p = \ln \left( \frac{N}{N_{0\_NEW}} \right)$$

$$dN_p = \sqrt{\left( \left( \frac{1}{N} \right)^2 * dN^2 + \left( \frac{1}{N_{0\_NEW}} \right)^2 * dN_{0\_NEW}^2 \right)}$$

$$\Delta = \frac{N_p - \text{mean}N_p}{\text{mean}N_p}$$

$$d\Delta = \sqrt{\left( \left( \frac{1}{\text{mean}N_p} \right)^2 * dN_p^2 + \left( \frac{N_p}{\text{mean}N_p^2} \right)^2 * d\text{mean}N_p^2 \right)},$$