



# Проектирование орбитального детектора солнечных космических лучей.

Михаил Зелёный<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>ИЯИ РАН, <sup>2</sup>МФТИ (НИУ), <sup>3</sup>ИКИ РАН

11 апреля, 2019, г. Москва

---



# Орбитальный детектор

---

## Задачи:

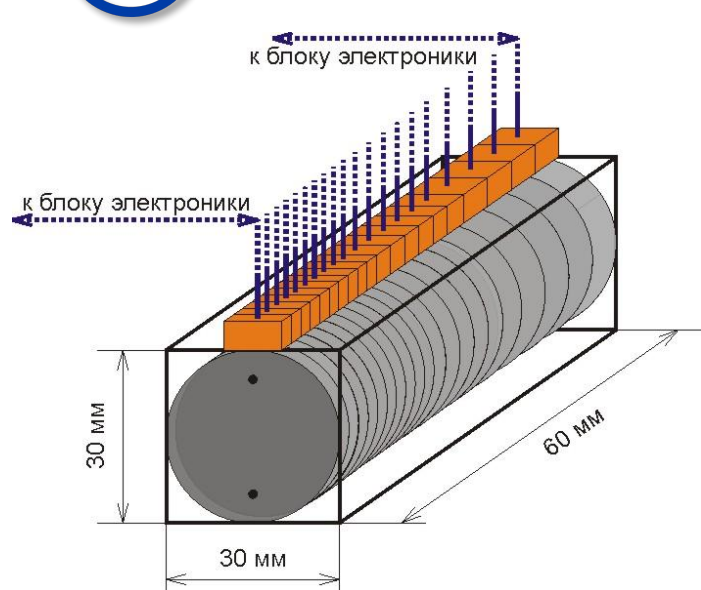
- Проведение исследований солнечных космических лучей и солнечных вспышек;
- Обеспечение радиационной безопасности для космонавтов и электроники

## Технические требования:

- Протоны от 10 МэВ до 100 МэВ;
- Электроны от 1 МэВ до 10 МэВ;
- Загрузки от  $10^6$  Гц;
- Канал связи 1-10 МБ/сутки;
- Размеры 8 см x 6 см x 6 см;
- Масса до 700 грамм.



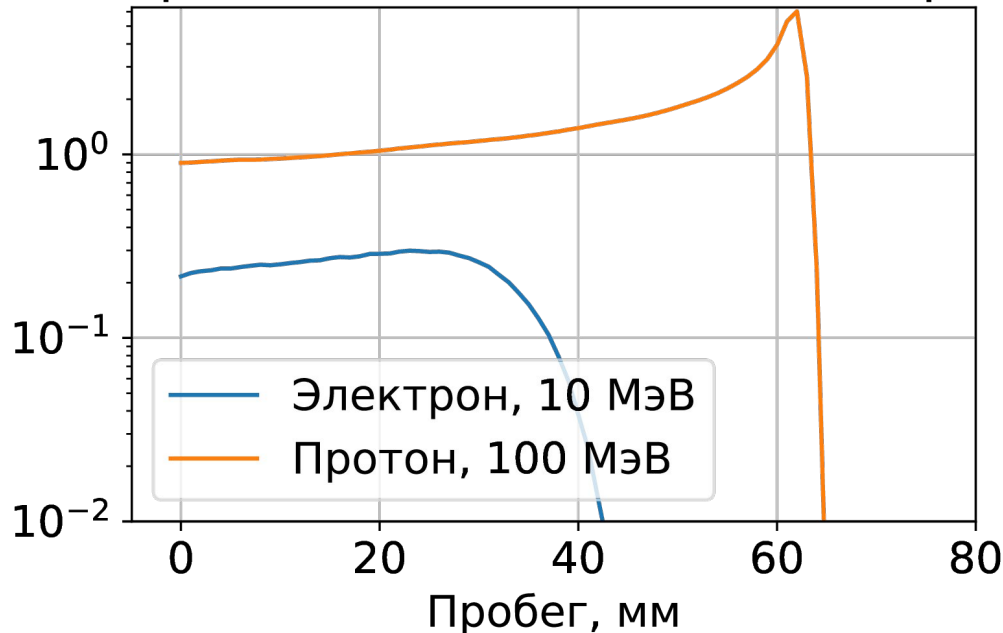
# Методика измерения



Сцинтилляционный  
сегментированный детектор

Ионизационные потери,  $\frac{dE \text{ МэВ}}{dx \text{ мм}}$

Кривые ионизационных потерь





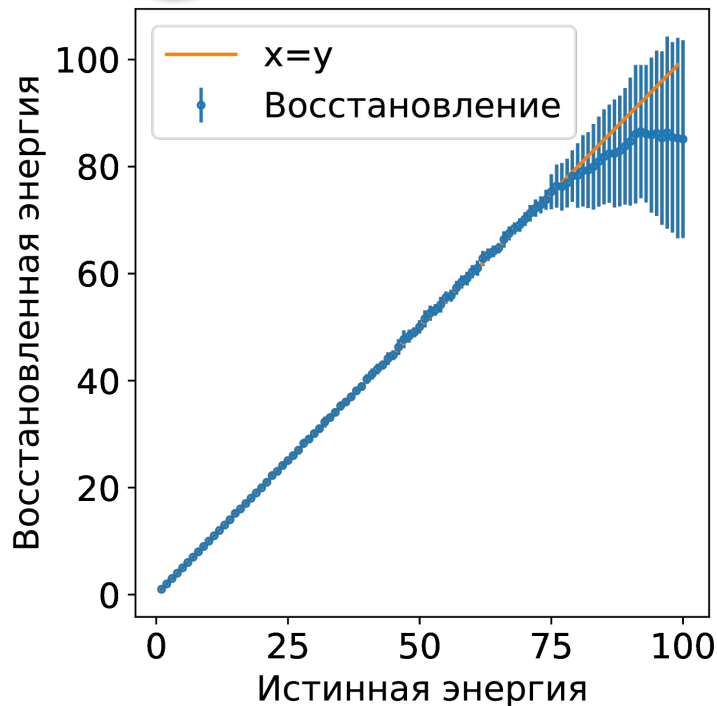
# Режимы работы

---

- Одночастичный (счетный) режим работы для нагрузок менее  $10^4 - 10^5$  Гц
- Интегральный режим (при нагрузках  $>10^6$  Гц и узких каналах связи)



# Максимальное правдоподобие



$$L(E, \theta) = \prod P(\text{ион. потери} | E, \theta)$$

Разрешение: 5%



# Статистическая регуляризация

$$f = K * \varphi$$

$f$  — Ион. потери

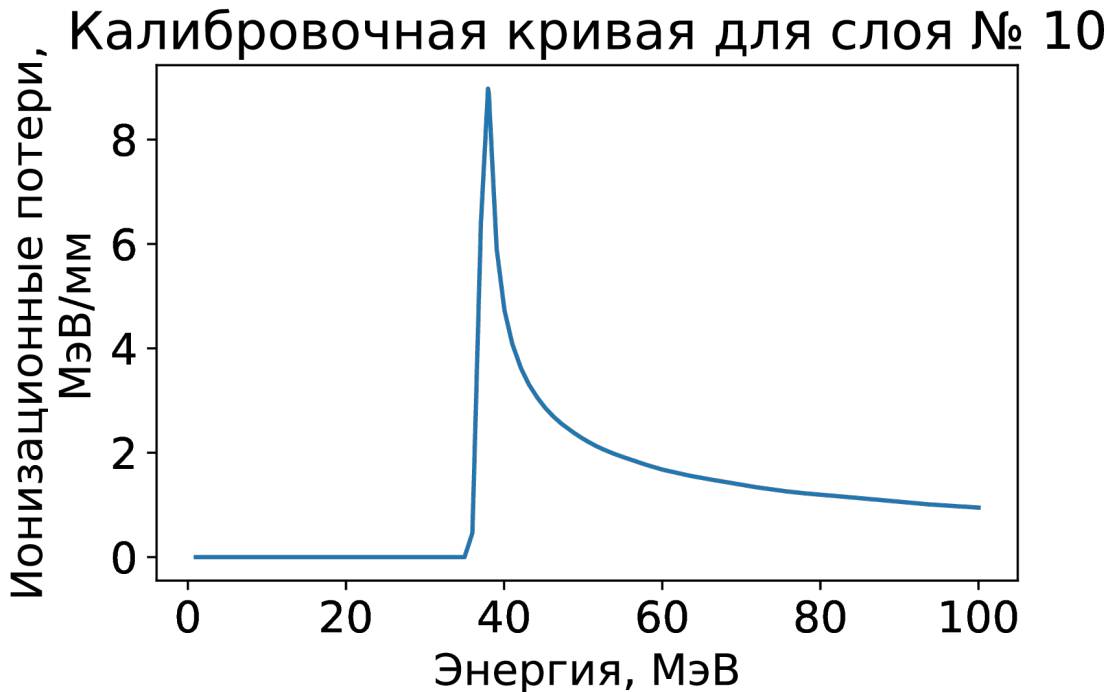
$K$  — аппаратная функция

$\varphi$  — энергетический спектр

**Application of Turchin's method  
of statistical regularization**

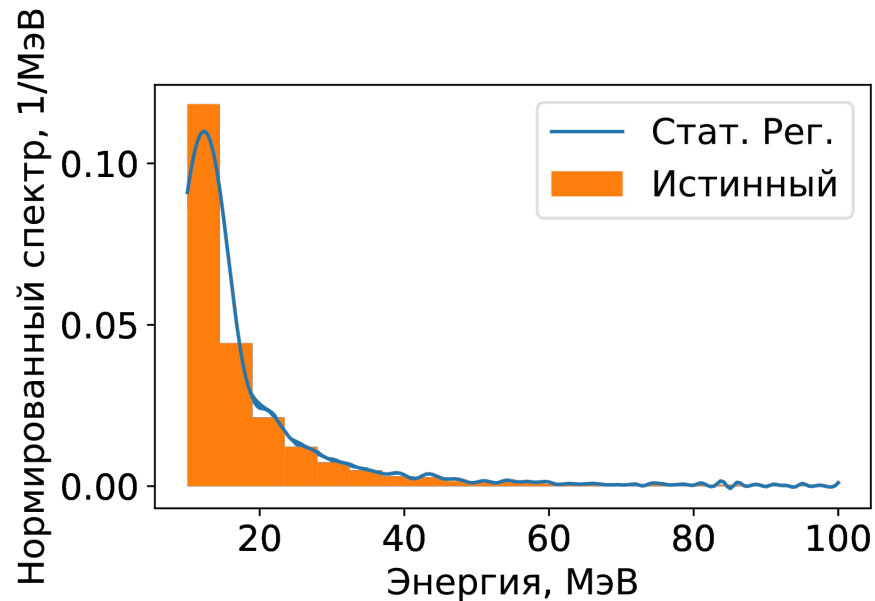
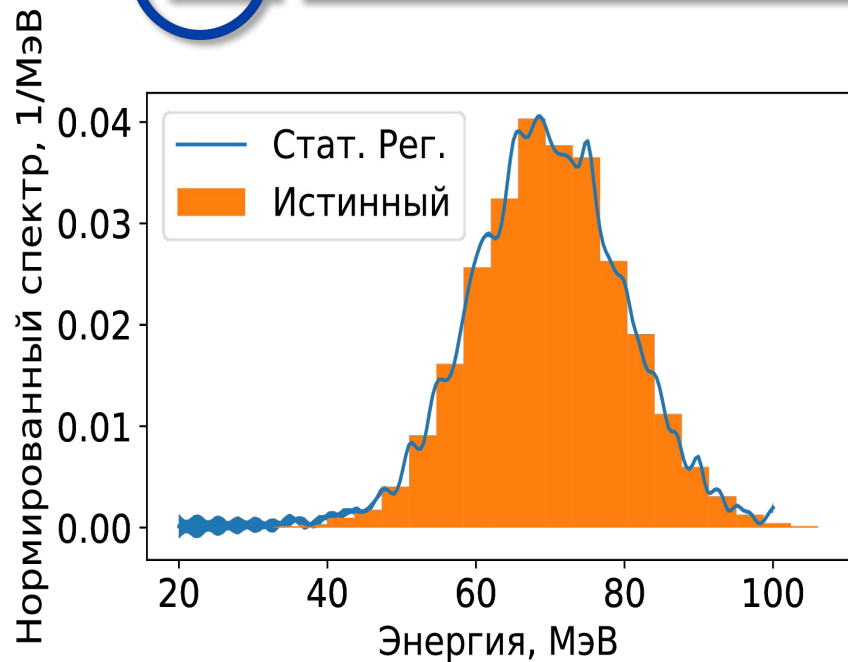
<https://doi.org/10.1051/epjconf/201817707005>

```
pip install statreg
```



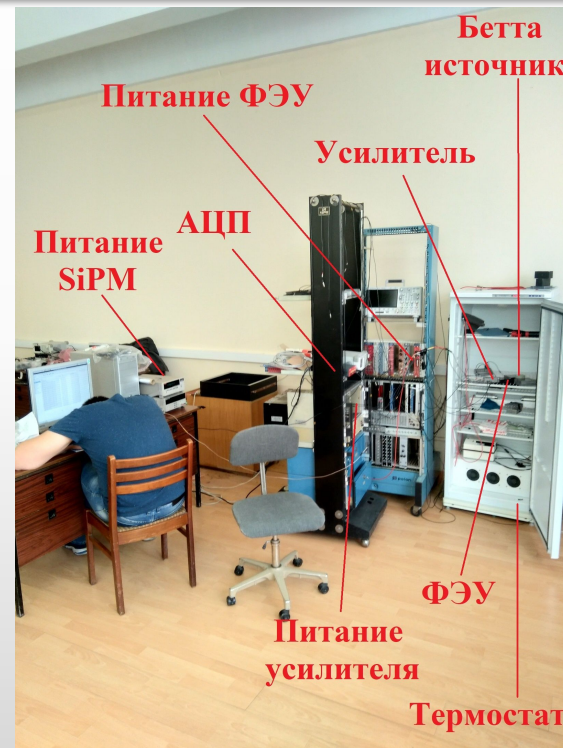


# Статистическая регуляризация





# Создание макета

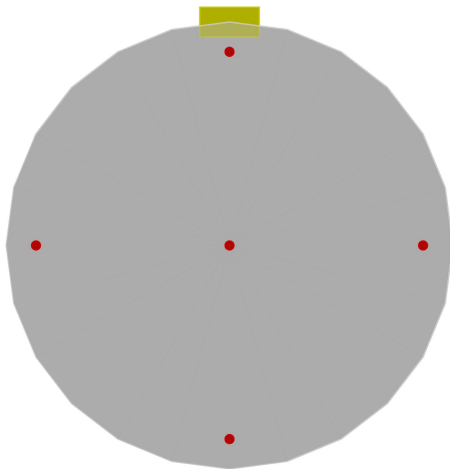




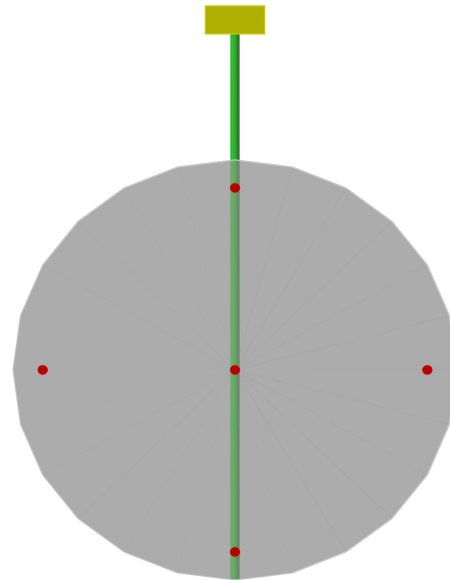


# Крепление SiPM

---



SiPM крепится к  
сцинтиллятору

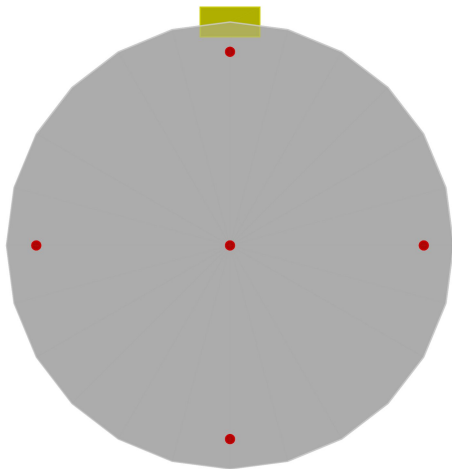


SiPM крепится к  
оптоволокну



# Крепление SiPM

---

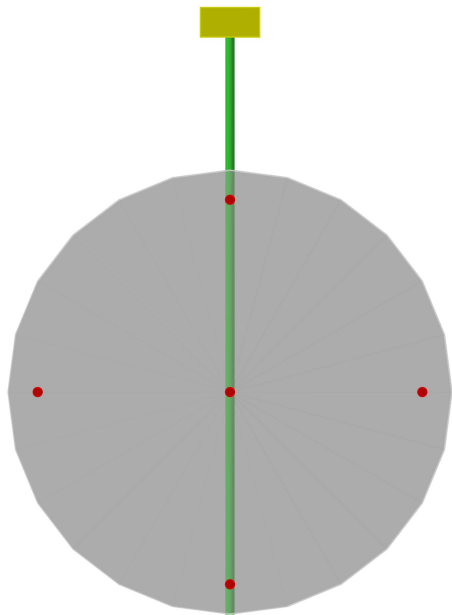


- Светосбор ~35 фотоэлектронов
- Плохая однородность светосбора — на краю на 40% меньше



# Крепление SiPM

---

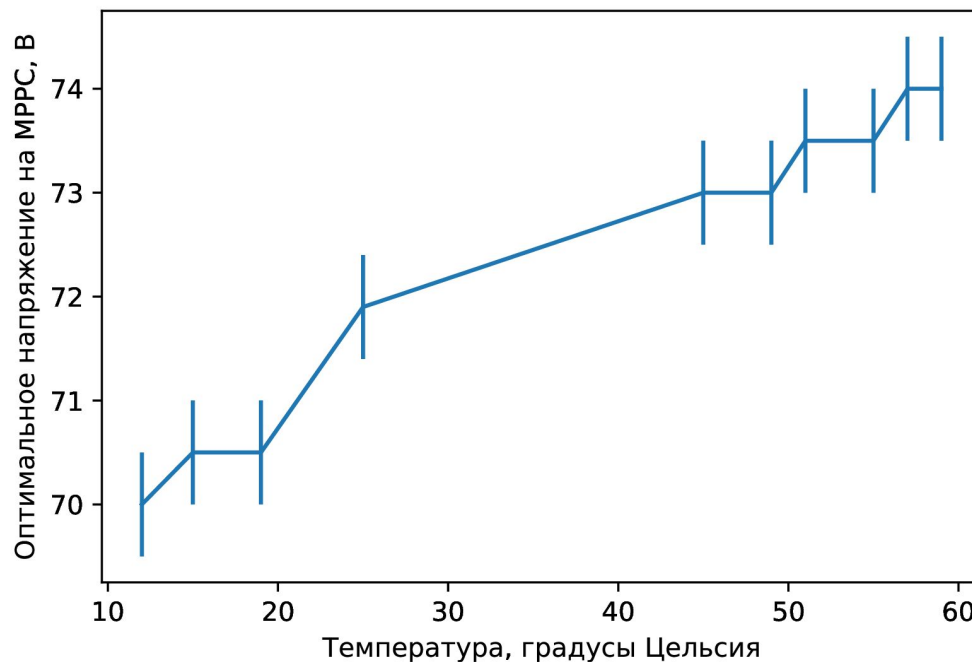


- Хуже светосбор ~10 фотоэлектронов
- Хорошая однородность светосбора — на краю на 7 % меньше
- Удобнее при монтаже



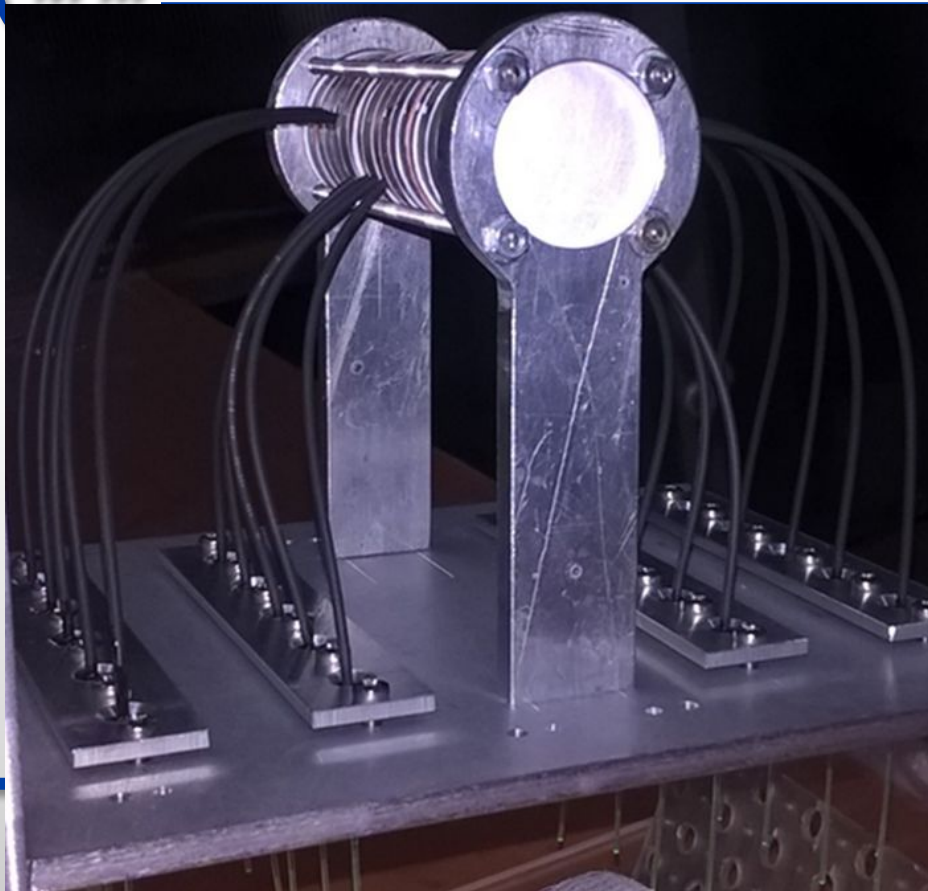
# Температурные характеристики SiPM

- MPPC Hamamatsu SiPM S12575-015P
- От  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$
- $\sim 0.8$  Вольт на  $10^{\circ}\text{C}$

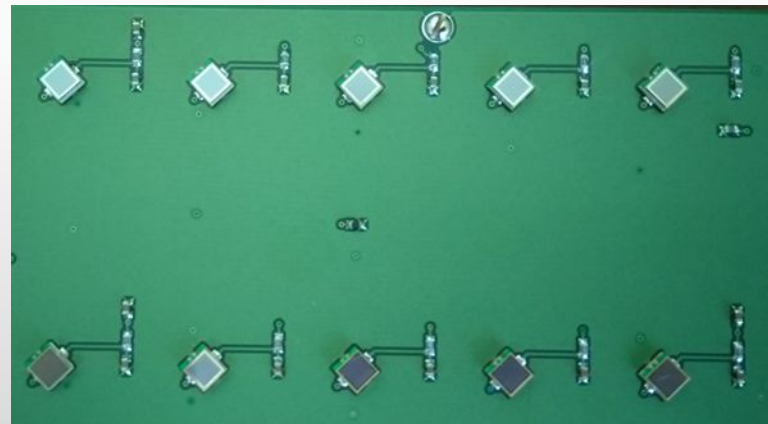




# Сборка макета



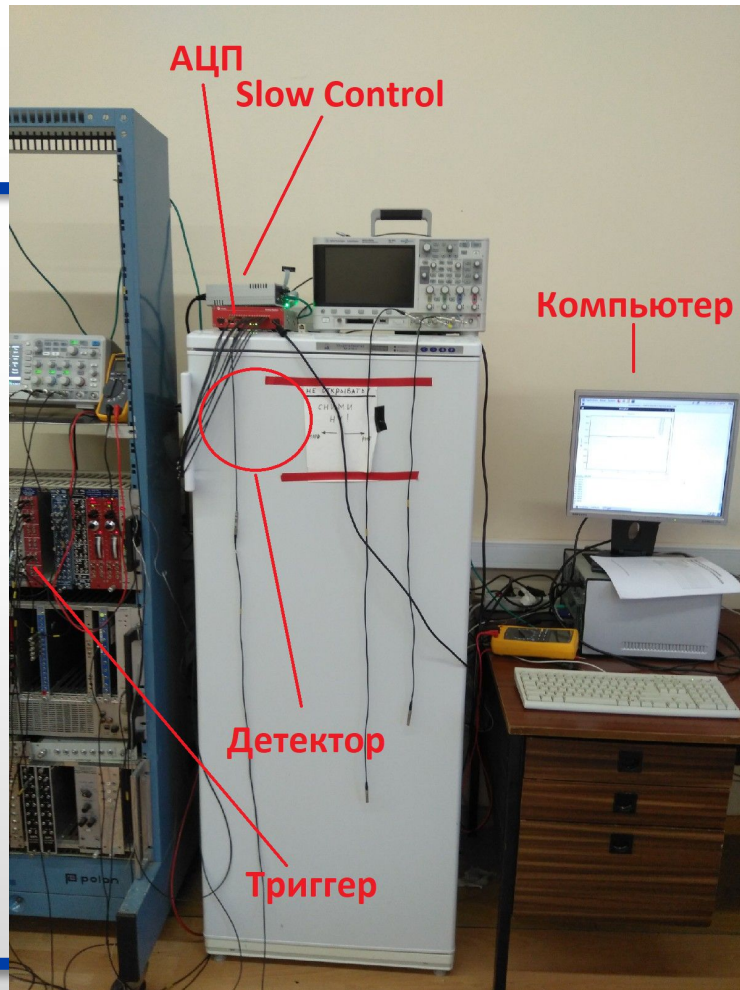
15 шайб из полистирола  
толщина 4 мм  
диаметр 3 см





# Текущий статус

- Калибровка на космических мюонах
- Подготовка макета и электроники к испытаниям на протонном пучке





# Заключение

---

- Спроектирован компактный орбитальный детектор.
  - Ожидаемое энергетическое разрешение 5 %
  - Определение угла падения частицы в одночастичном режиме
- Ведется сборка и испытания лабораторного макета:
  - Исследованы способы крепления SiPM
  - Исследованы температурные характеристики SiPM
  - Собрана протонная часть макета





Спасибо  
за внимание

