

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

---

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

# Пространственная реконструкция событий в детекторе DarkSide-20k

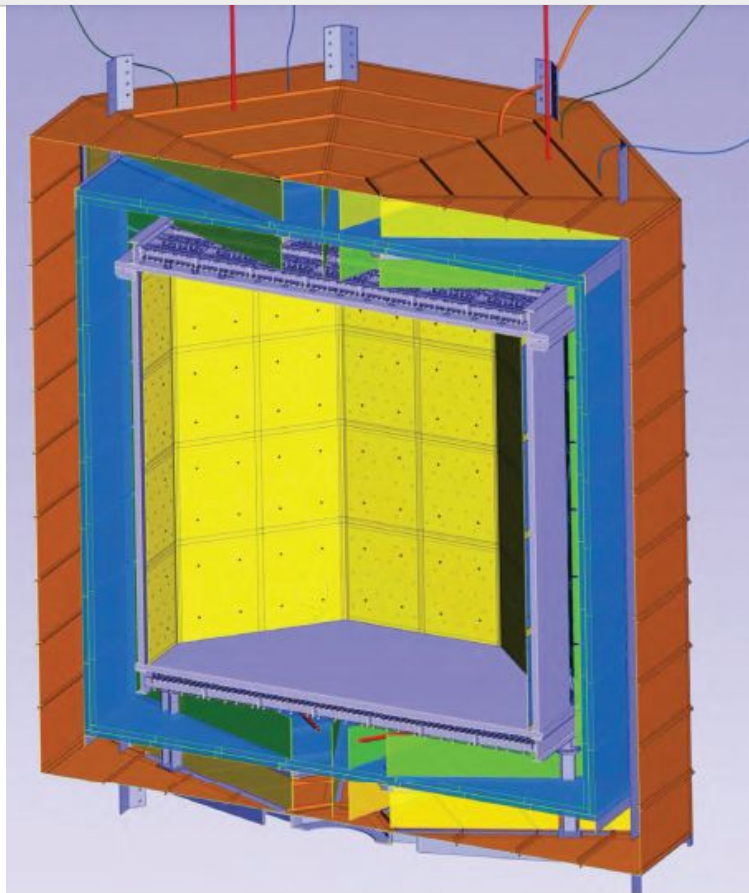
Студентка Полякова Н.А.  
Группы Б17-102  
Научный руководитель А. В. Гробов

---

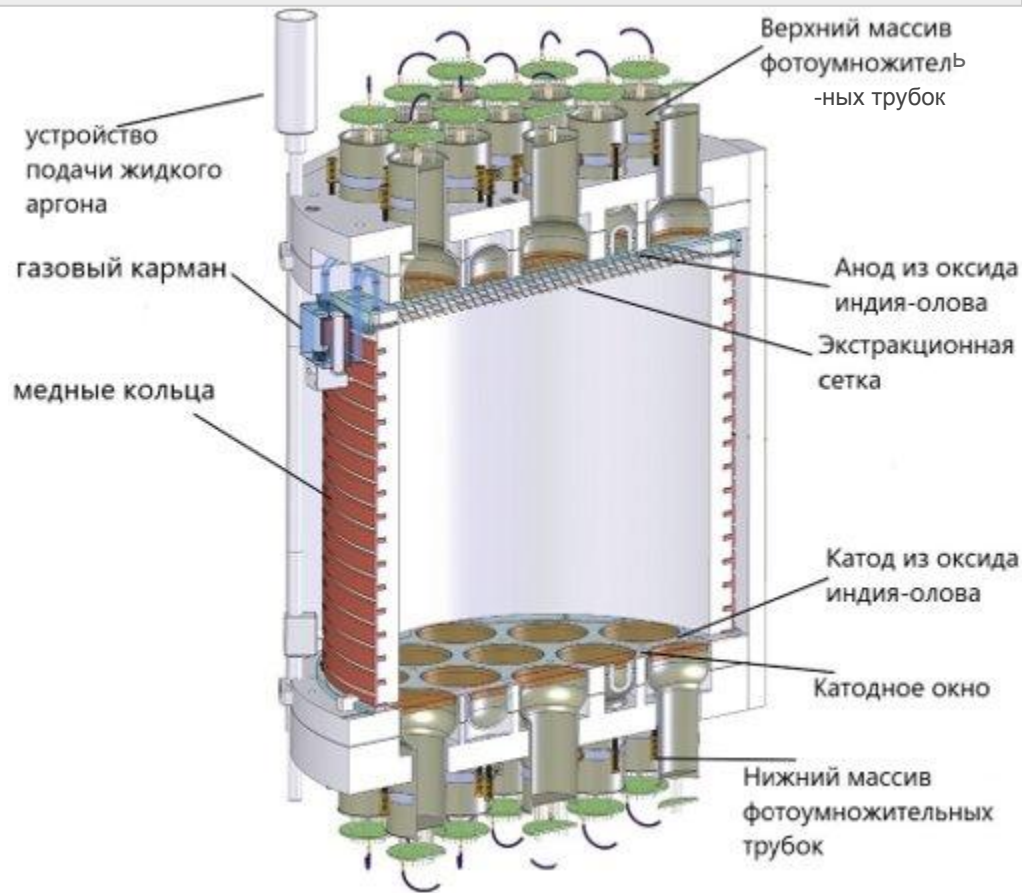
## Цели работы:

1. Изучение принципов работы детектора DarkSide-20k.
2. Создание Монте-Карло данных.
3. Обработка данных с применением машинного обучения и сверточных нейронных сетей при помощи специальных библиотек языка программирования Python.
4. Реконструкция X-Y координат событий в детекторе.
5. Оценка максимального числа вышедших из строя SiPM детектора без потери точности реконструкции.

## DarkSide-20k



## DarkSide-50



## Типы данных

```
graph TD; A[Типы данных] --> B[Сырые данные]; A --> C[Готовые организованные данные]; A --> D[Свои Монте-Карло данные];
```

### Сырые данные

Нереконструированные Монте-Карло данные, предоставленные коллаборацией DarkSide

### Готовые организованные данные

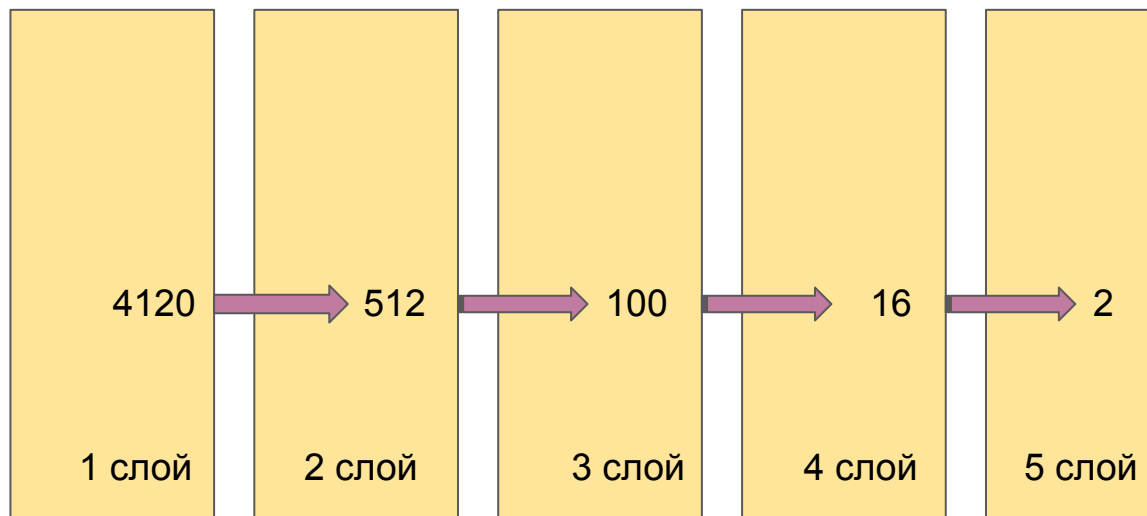
Данные предоставленные коллаборацией DarkSide и представленные в виде таблицы, которая используется для обучения нейронной сети

### Свои Монте-Карло данные

Самостоятельно смоделированные Монте-Карло данные

# Сверточные нейронные сети

Схема нейронной сети



## Алгоритм реконструкции

сбор входных данных

подготовка и реорганизация  
данных

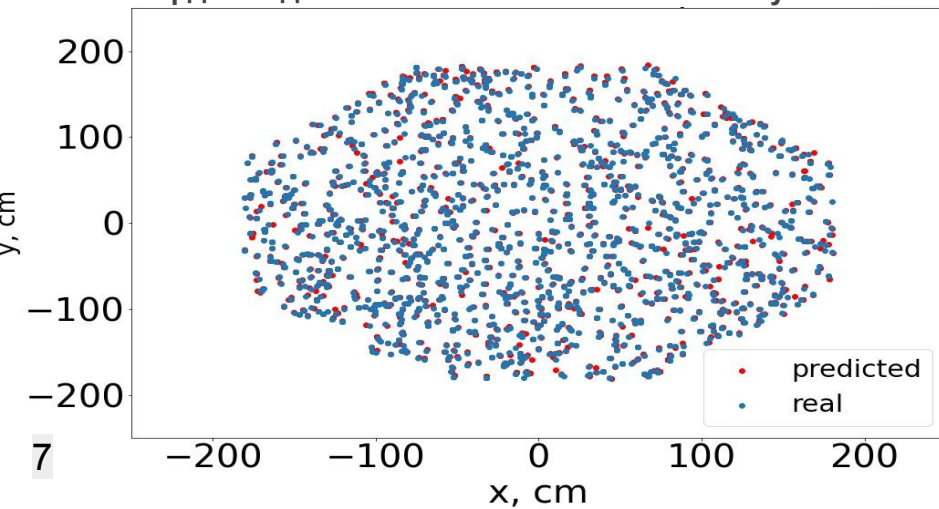
обучение нейросети

оптимизация и подбор  
параметров сети

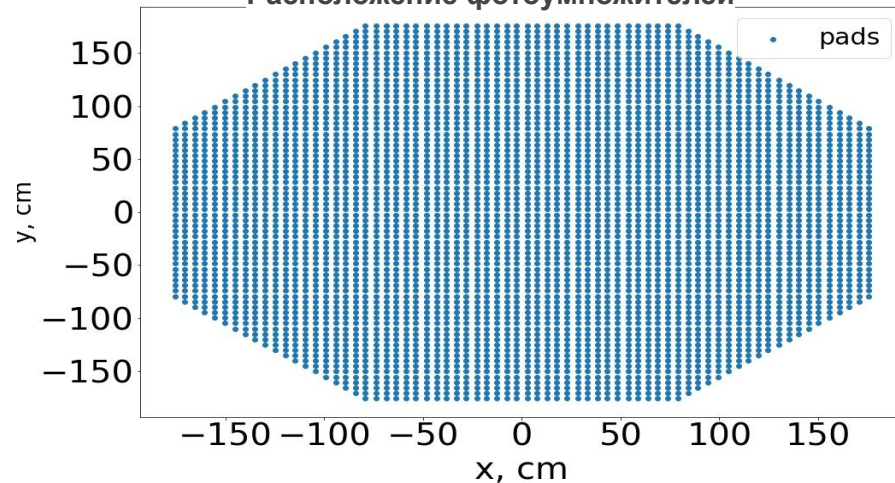
предсказание требуемых  
величин

# Первый пакет данных

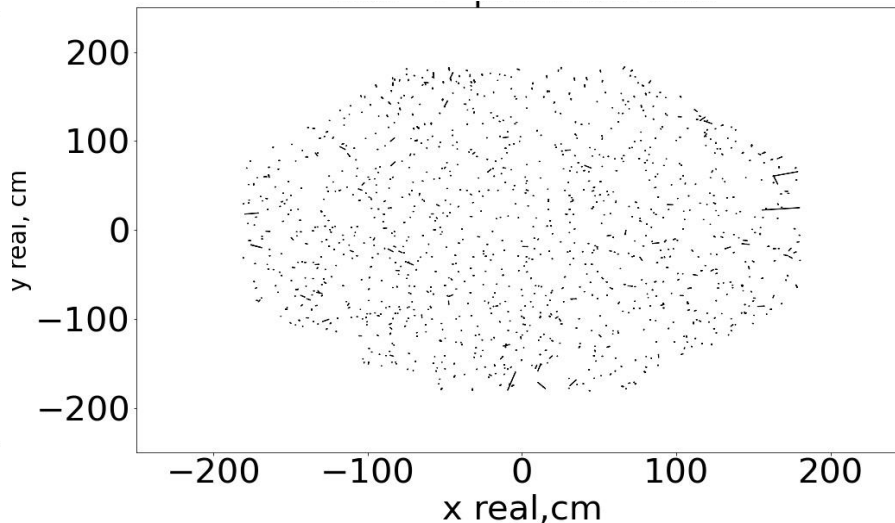
Распределение реальных и предсказанных координат для 20 тысяч событий 30 эпох обучения



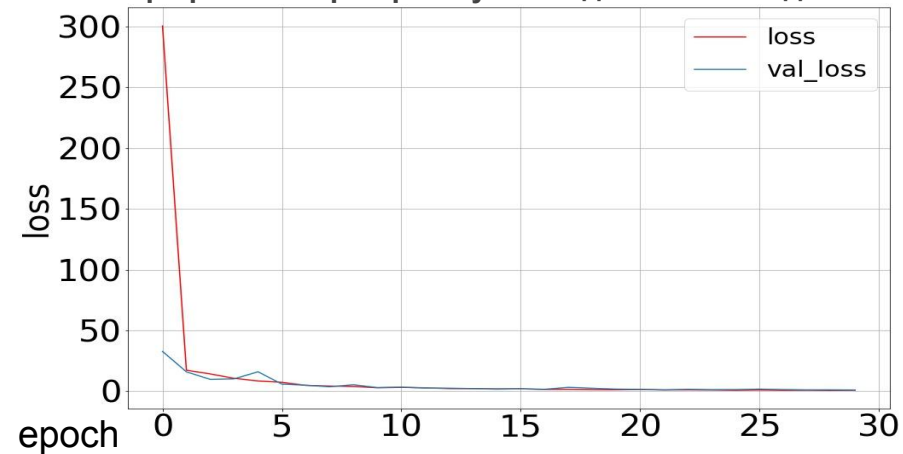
Расположение фотоумножителей



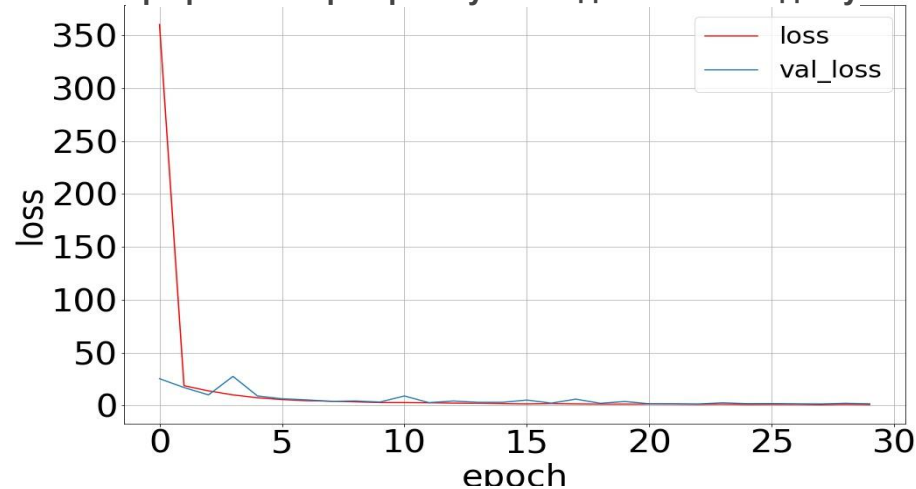
Распределение разности предсказанных и реальных координат



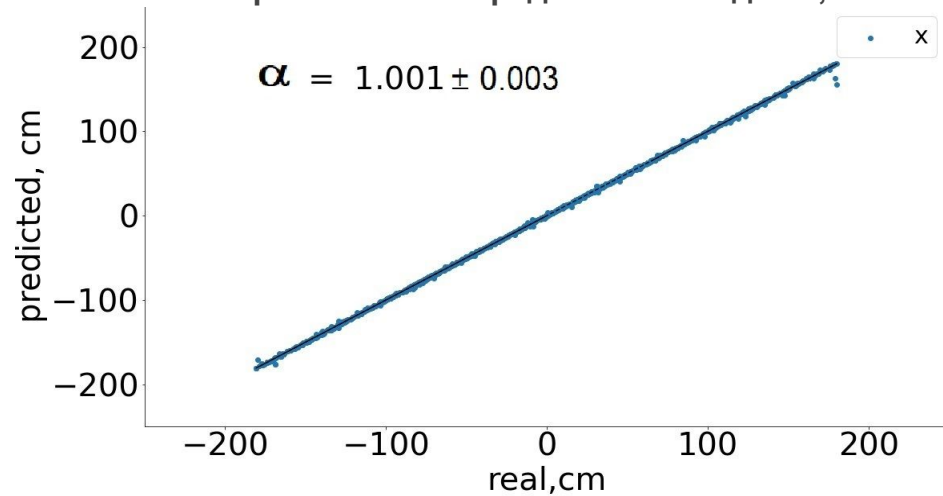
Графики потерь при обучении для 20 тысяч для x



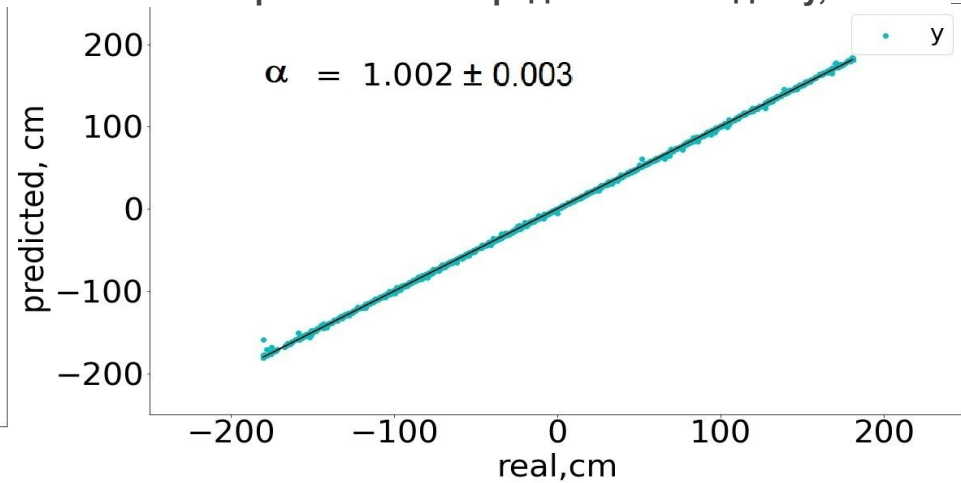
Графики потерь при обучении для 20 тысяч для y

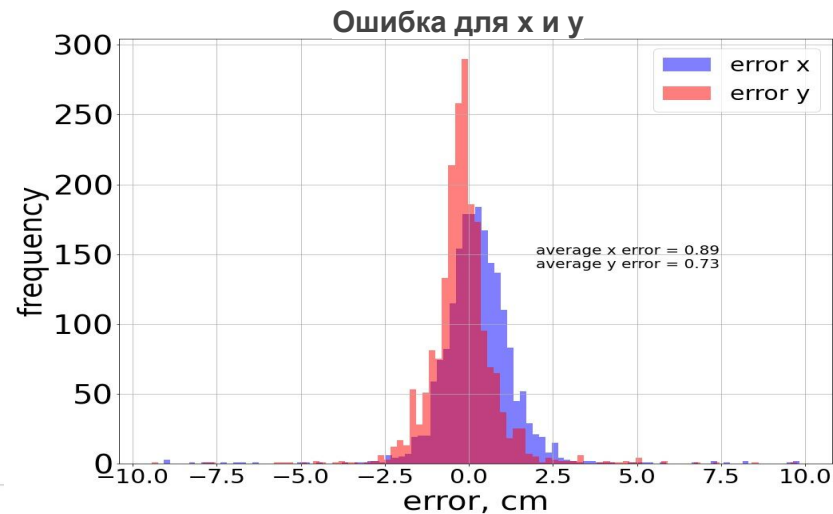
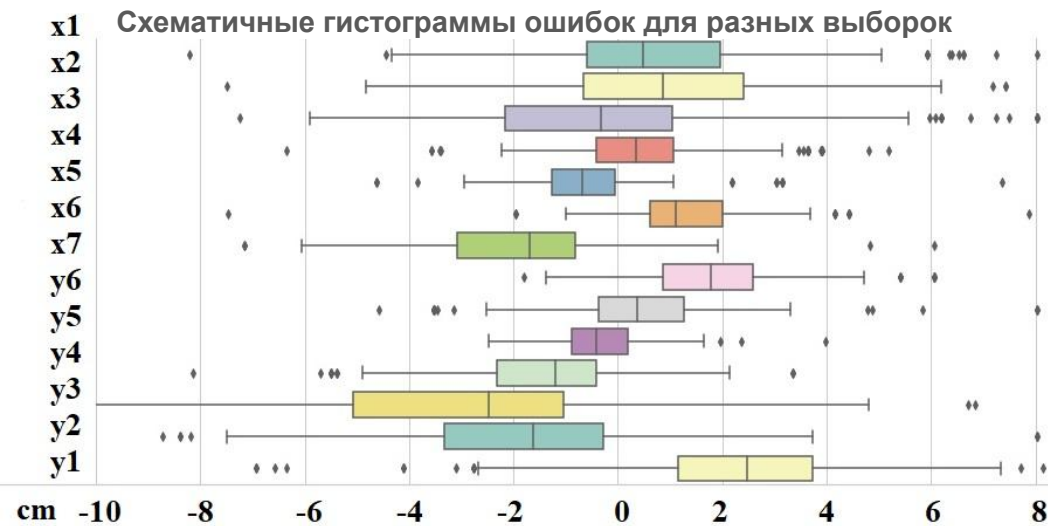
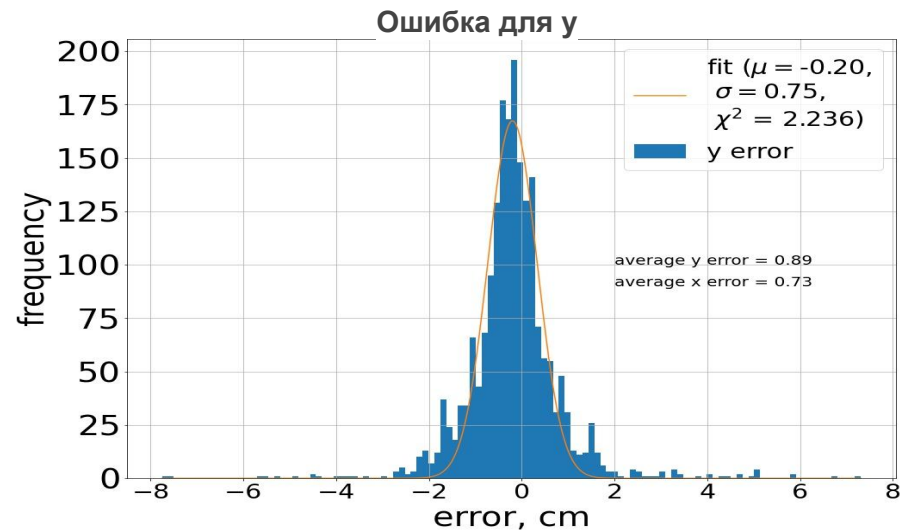
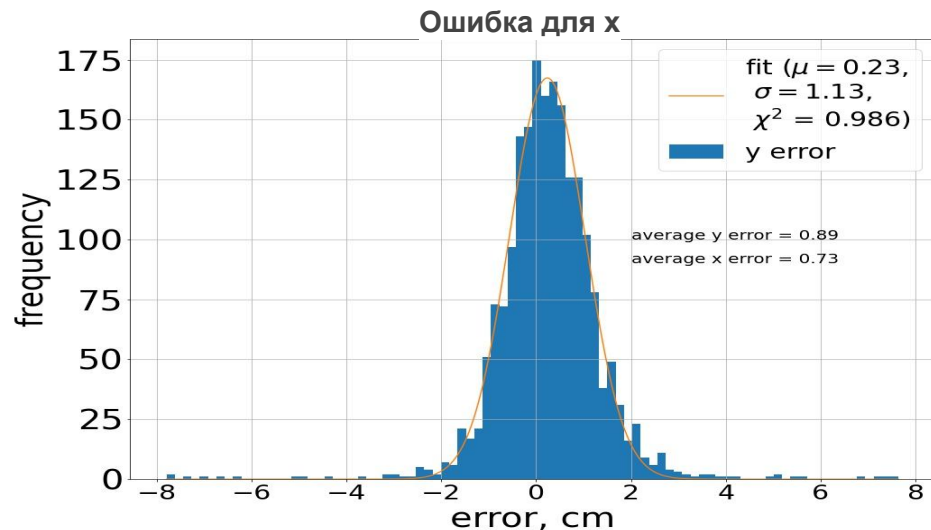


Зависимость реального от предсказанного для x, 20 тыс.



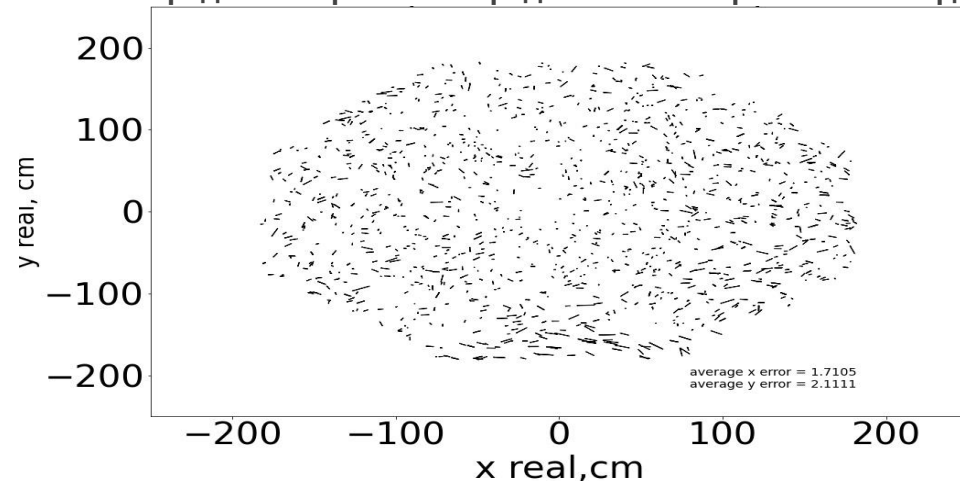
Зависимость реального от предсказанного для y, 20 тыс.



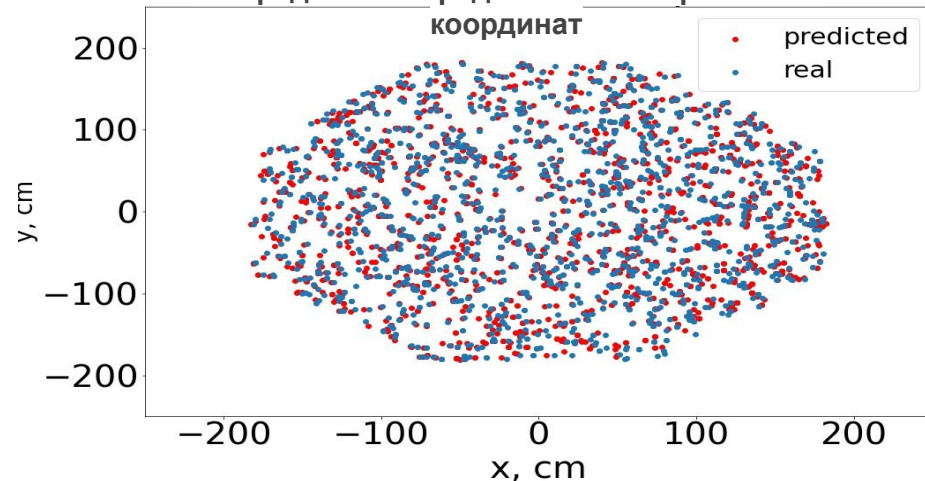


## Второй пакет данных

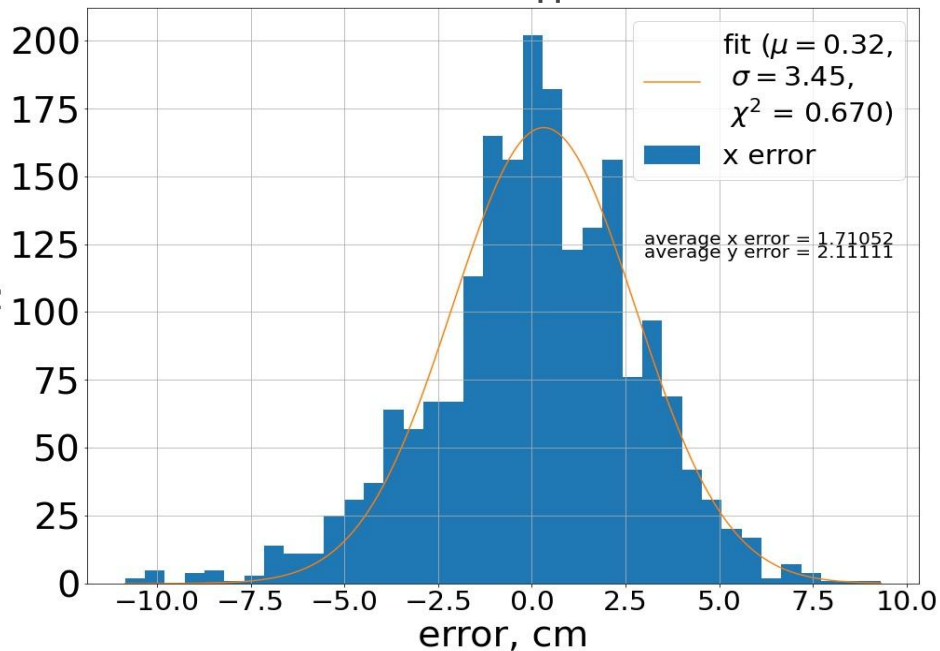
Распределение разности предсказанных и реальных координат



Распределение предсказанных и реальных координат



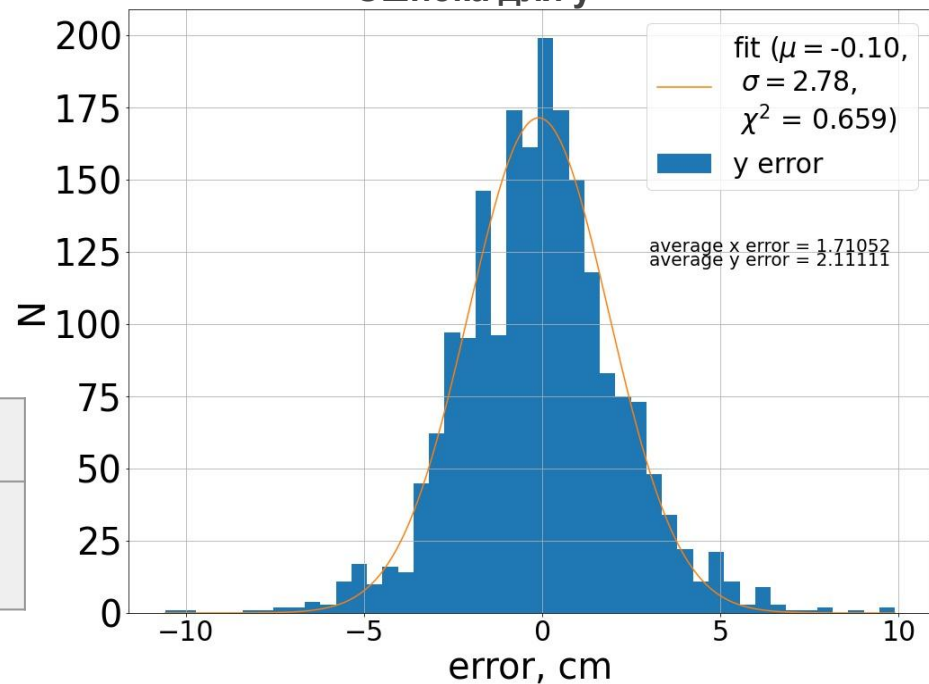
### Ошибка для x



|                | x, cm | y, cm |
|----------------|-------|-------|
| Средняя ошибка | 1.71  | 2.11  |

## Распределение ошибки

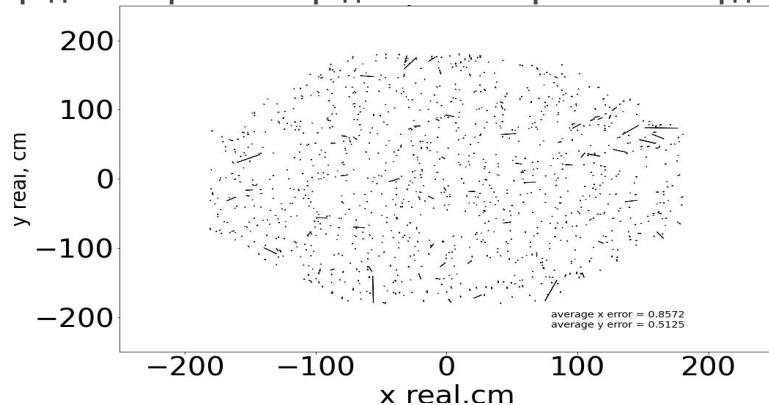
### Ошибка для y



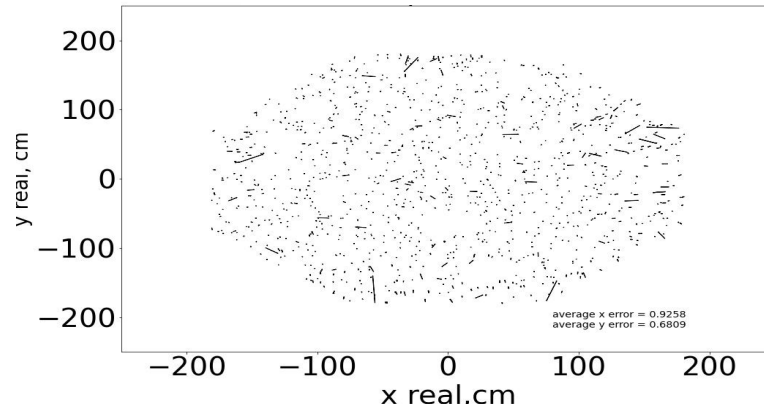
# Определение максимального числа SIPM, вышедших из строя

Распределение разности предсказанных и реальных координат

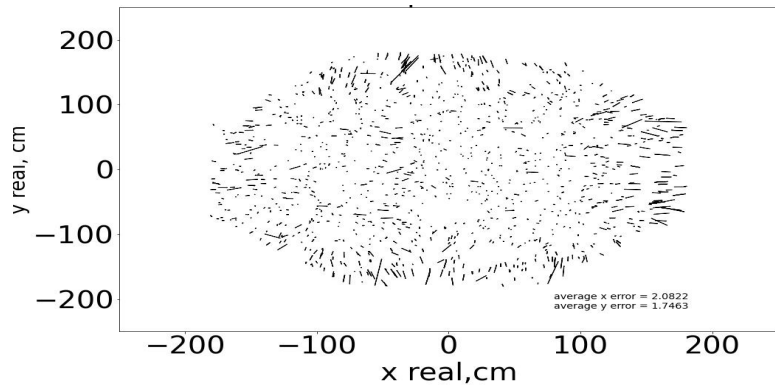
0



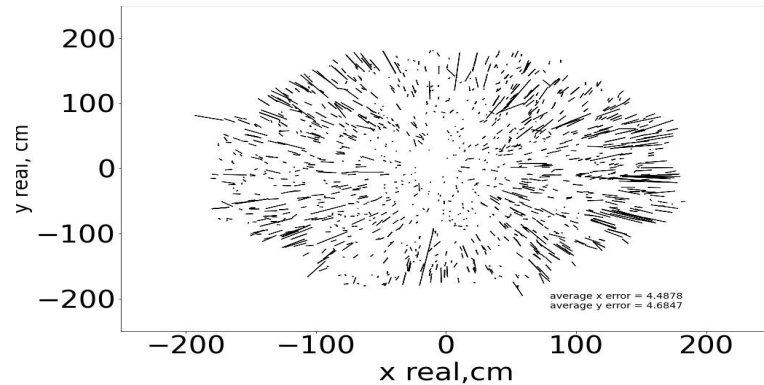
250



500

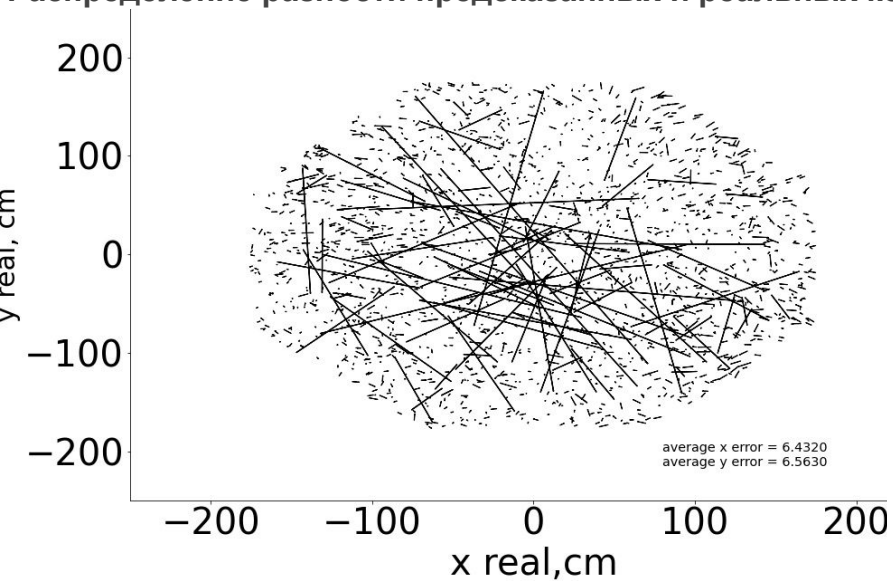


1000



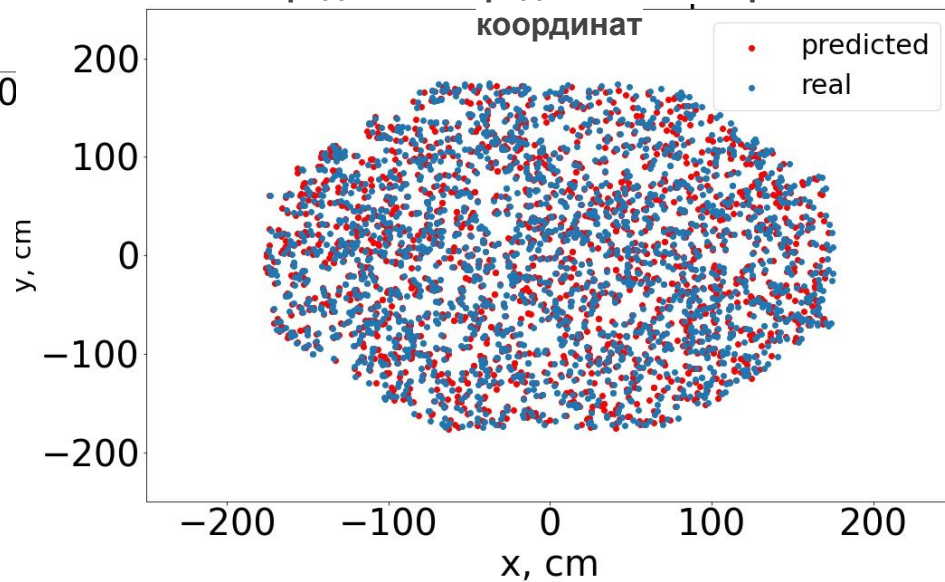
12

## Распределение разности предсказанных и реальных координат



## Создание Монте-Карло данных

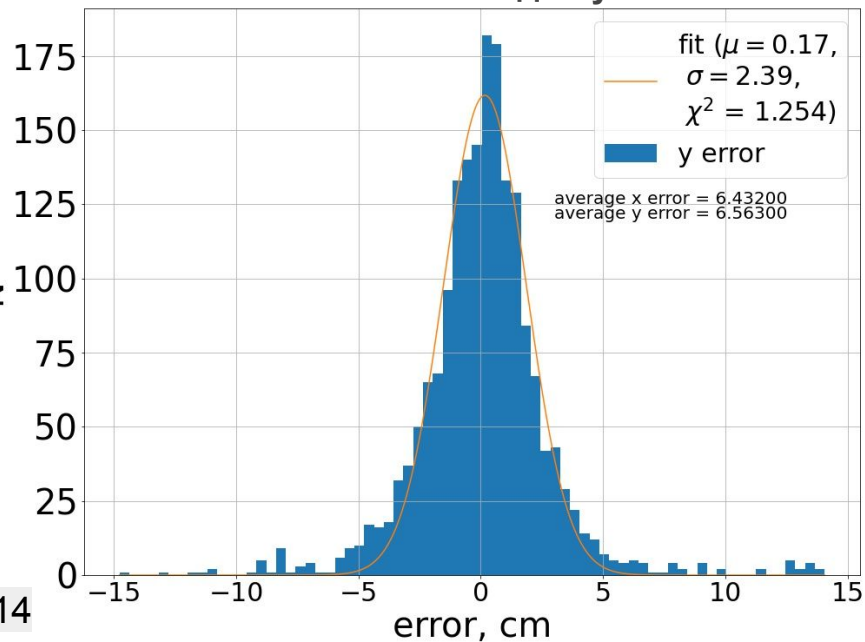
### Распределение предсказанных и реальных координат



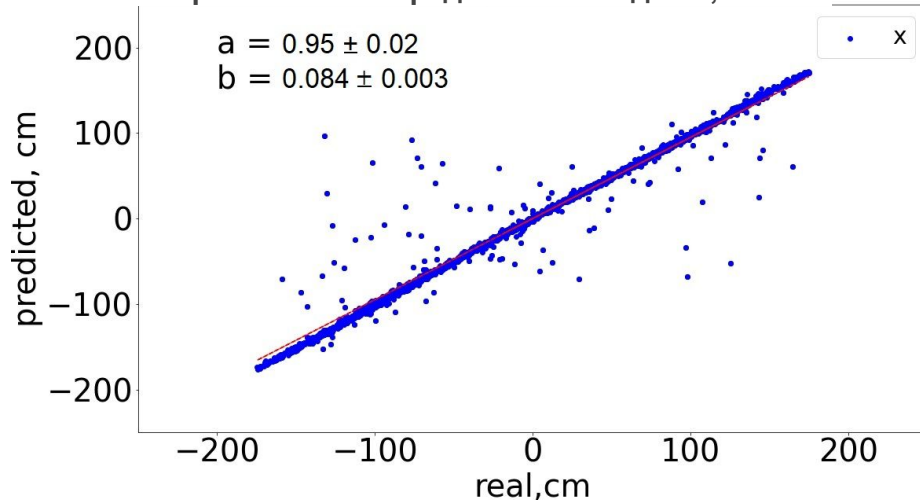
|                | x, cm | y, cm |
|----------------|-------|-------|
| Средняя ошибка | 6.43  | 6.53  |

# Основные графики и распределения

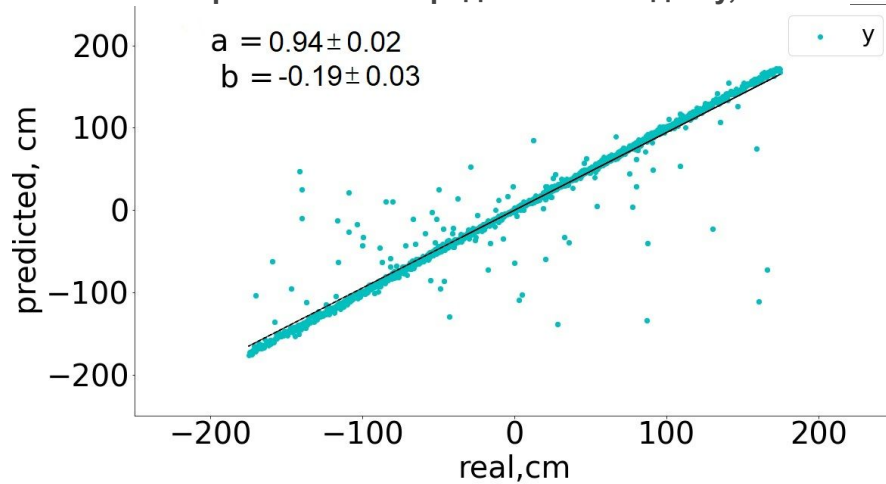
Ошибка для y



Зависимость реального от предсказанного для x, 20 тыс.



Зависимость реального от предсказанного для y, 20 тыс.



# Результаты

- Изучены основные принципы работы DarkSide-20k.
- Отобрана и реорганизована информация о событиях, на основе которой была обучена нейросеть.

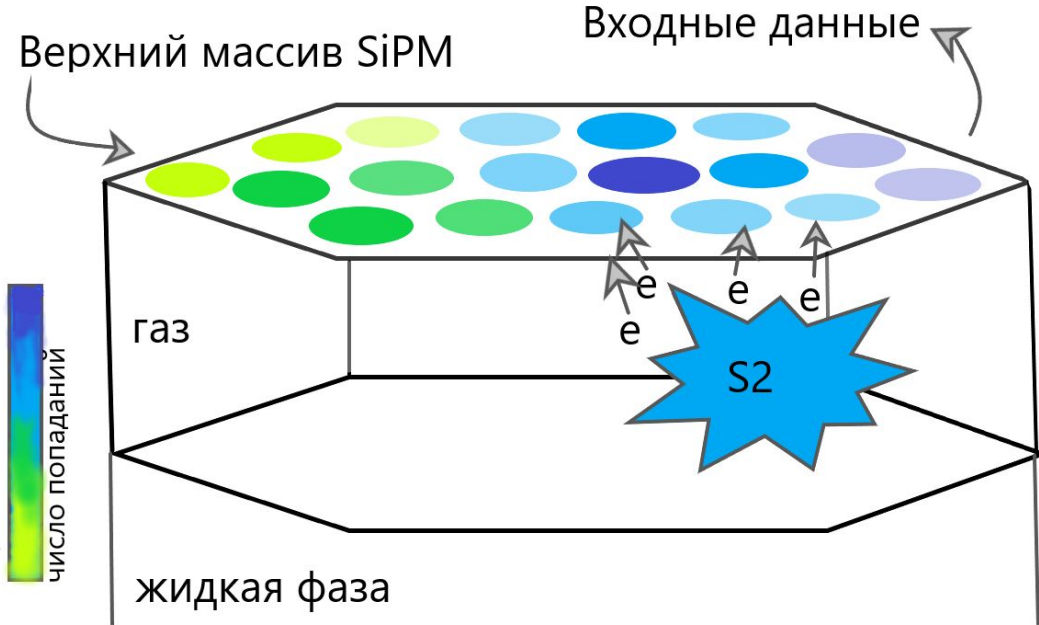
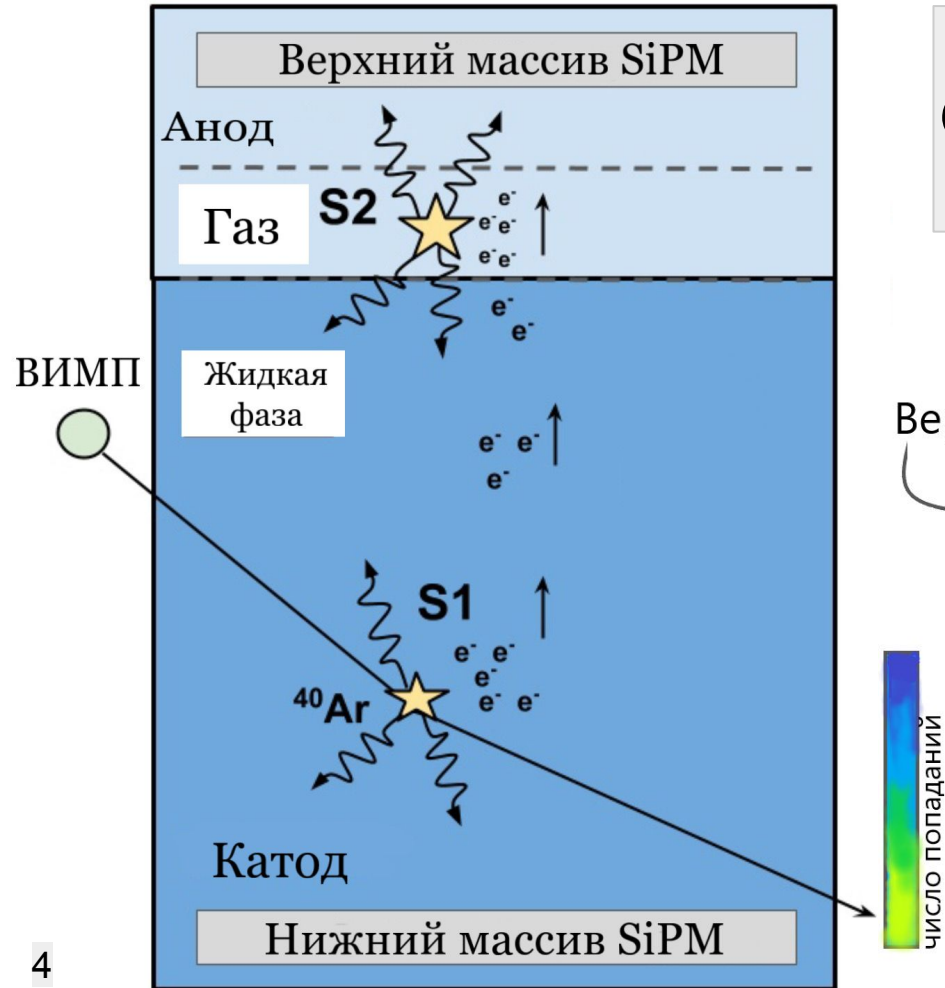
|                | х, см (готовые) | у, см (готовые) | х, см | у, см | х, см (свои) | у, см (свои) |
|----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|--------------|--------------|
| средняя ошибка | 0.89            | 0.73            | 1.71  | 2.11  | 6.43         | 6.53         |

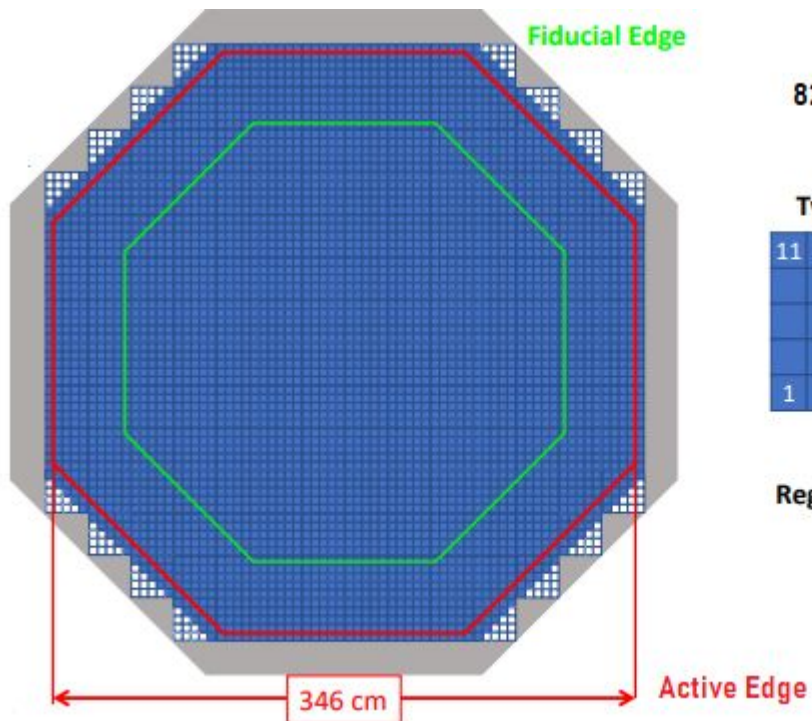
- Подобраны оптимальные параметры обучения, такие чтобы реконструкция была точной.
- Определено число SIPM, которые могут выйти из строя при работе детектора, чтобы реконструкция событий оставалась точной.

| Выключенные SIPM | 0    | 250  | 500  | 1000 |
|------------------|------|------|------|------|
| $\Delta x$ , см  | 0.86 | 0.93 | 2.08 | 4.49 |
| $\Delta y$ , см  | 0.51 | 0.68 | 1.75 | 4.69 |

**Спасибо за внимание!**

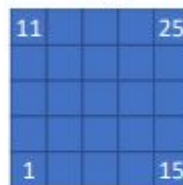
Откуда берутся входные данные?





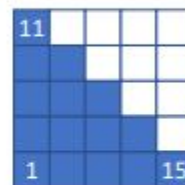
8240 channels

Two Types of PDUs



PDU

Regular PDU  
312



PDU

Triangular PDU  
32

Исходные  
данные

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 2 | 3 | 1 |
| 2 | 2 | 4 | 1 | 3 |
| 0 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| 1 | 3 | 0 | 2 | 6 |
| 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 0 |
| 5 | 2 | 3 | 5 | 2 |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 2 | 0 |
| 3 | 0 | 2 |

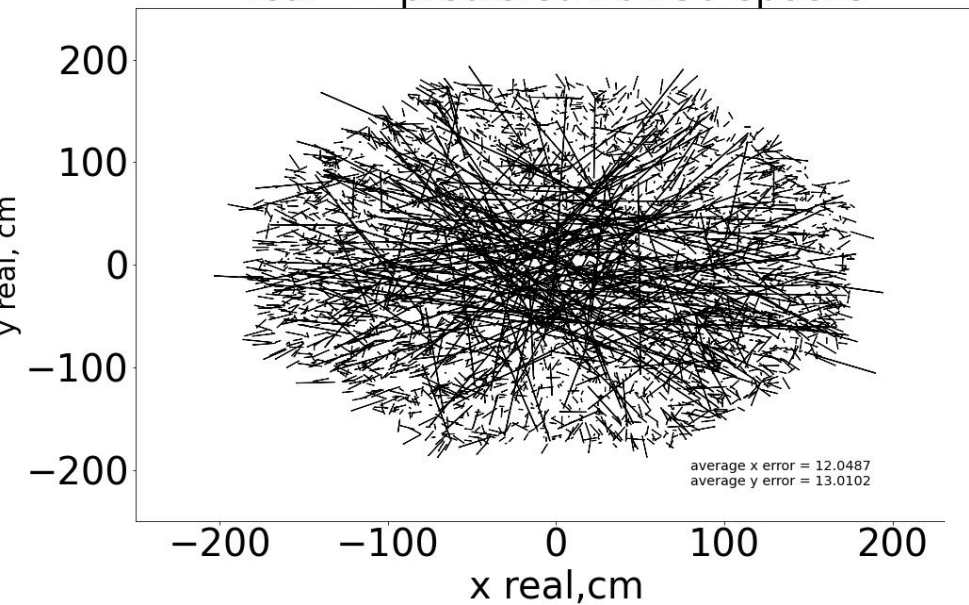
Ядро  
свертки

|    |    |    |
|----|----|----|
| 7  | 19 | 18 |
| 13 | 18 | 21 |
| 12 | 12 | 19 |
| 7  | 16 | 18 |
| 25 | 24 | 23 |

Полученные  
данные

$$\Delta y = \frac{\sum_{i=1}^n |y_{pred} - y_{real}|}{n}, \Delta x = \frac{\sum_{i=1}^n |x_{pred} - x_{real}|}{n}$$

real --> predicted 20k 30 epochs



Distribution 20k 30 epochs

