

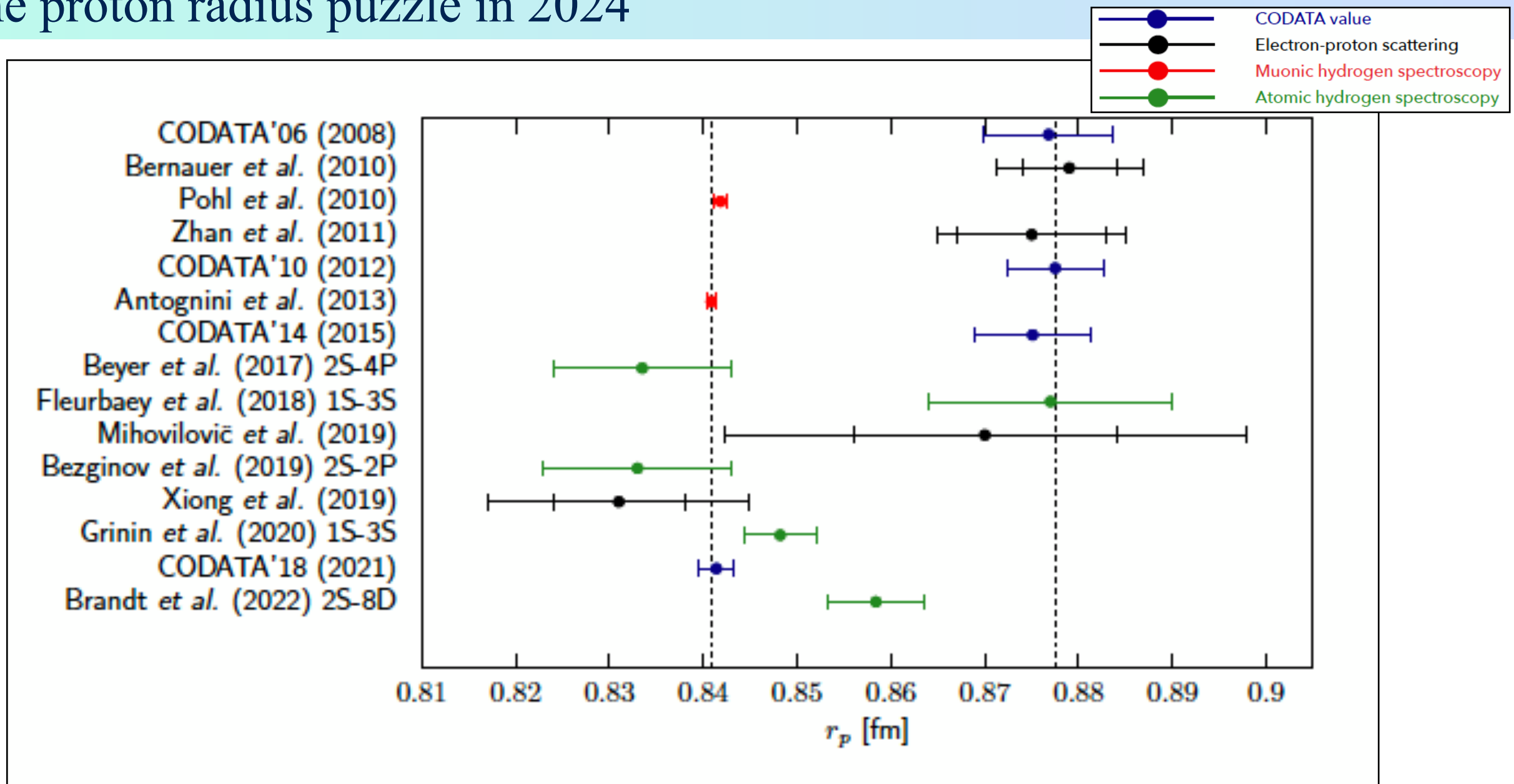


# Прецизионное измерение зарядового радиуса протона в эксперименте по упругому рассеянию электрона на протоне

## Эксперимент ПРОТОН

П. Кравченко

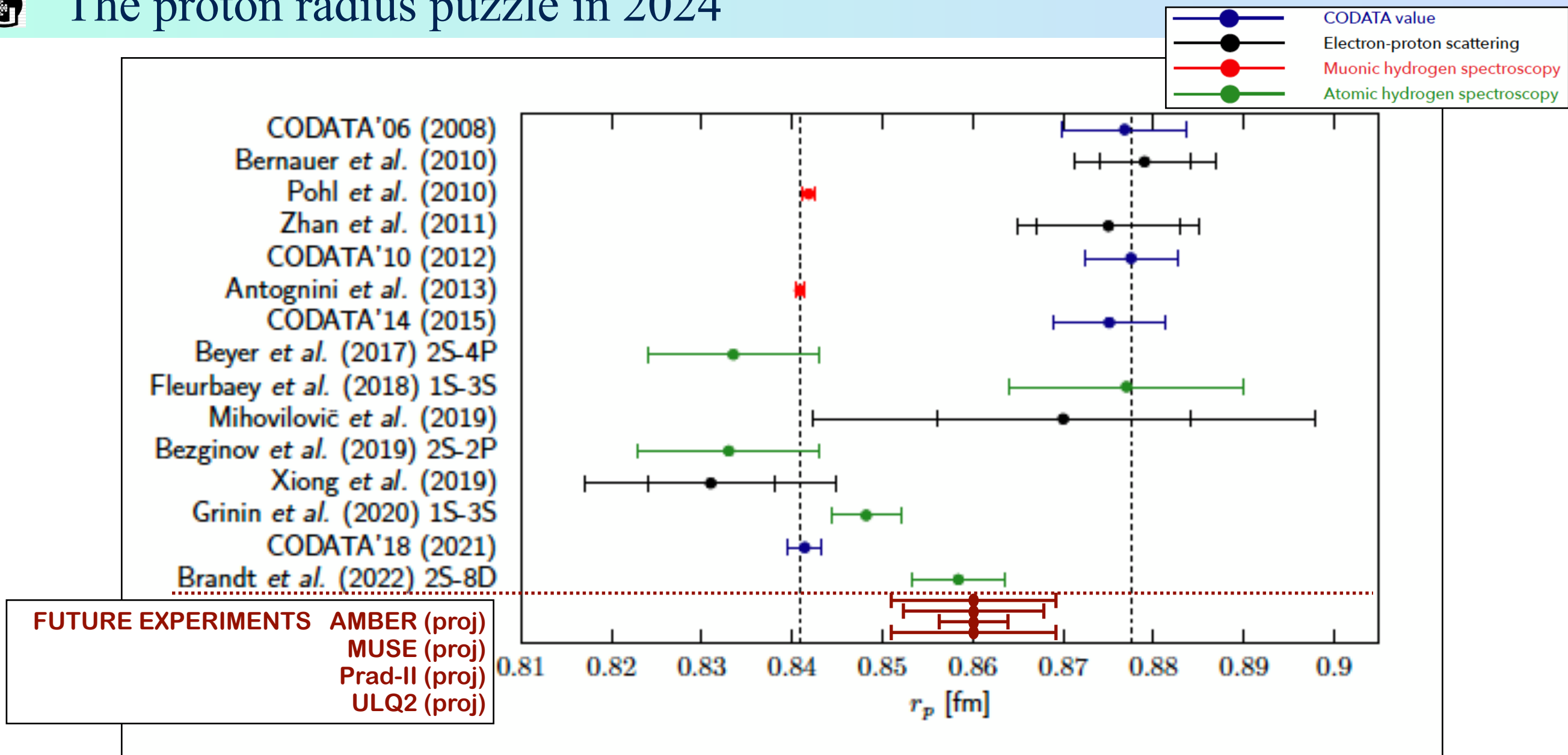
# The proton radius puzzle in 2024



$r_p$	Electron	Muon
Spectroscopy	Inconsistent	0.8409(4)fm
Scattering	Inconsistent	N/A

Нужны новые измерения  
Ре-анализ существующих экспериментальных данных

# The proton radius puzzle in 2024



$r_p$	Electron	Muon
Spectroscopy	Inconsistent	0.8409(4)fm
Scattering	Inconsistent	N/A

Эксперименты по  $e/\mu$ -рассеянию :

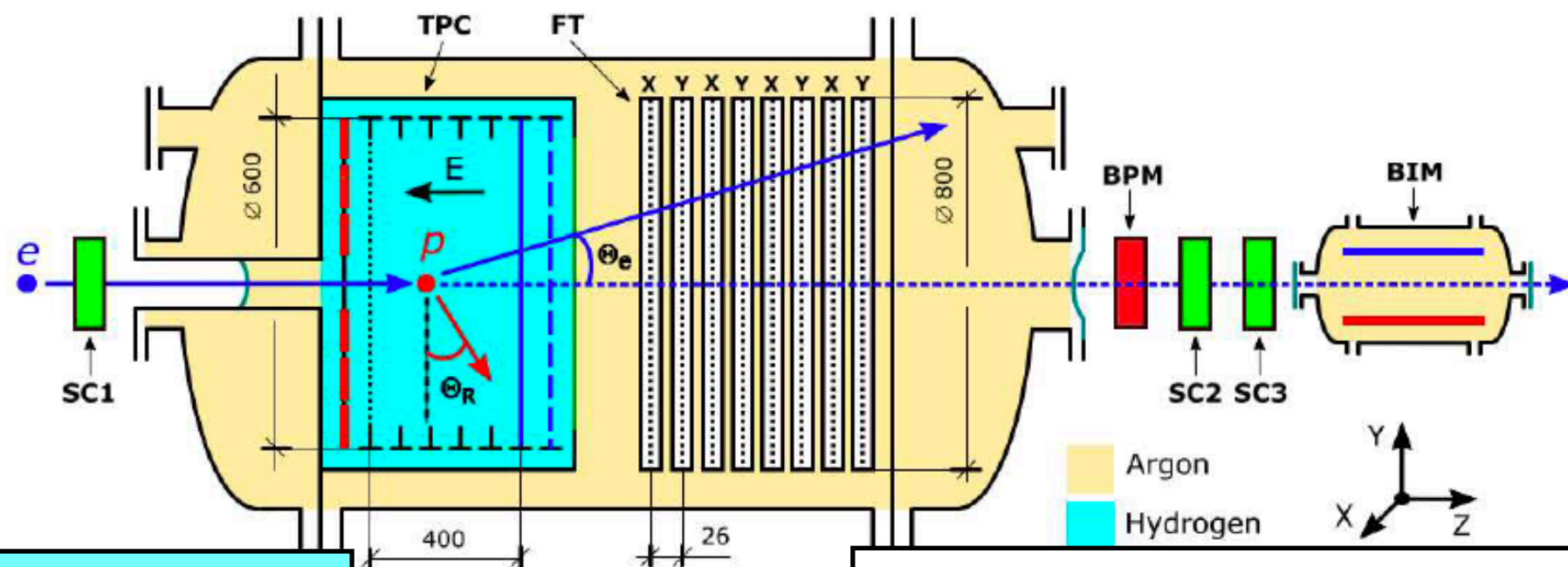
более высокий уровень точности и чистоты новых экспериментов

область более низких значений

измерение абсолютного сечения в **единых экспериментальных условиях**

**эксперимент ПРОТОН**  
(идея А.А.Воробьева)

Прецизионные измерения сечения упругого  $ep$ - рассеяния с регистрацией протона отдачи в **активной водородной мишени** с высоким разрешением в области малой передачи импульса:  $Q^2 \sim 0.001 - 0.04 \text{ GeV}^2$



## **Активная мишень (TPC):**

водородная время-проекционная камера высокого давления (20 бар)

- Главное преимущество: независимое от энергии  $e^-$  — определение величины квадрата переданного импульса  $Q^2$
- Измеряемые параметры: энергия и угол вылета протона отдачи

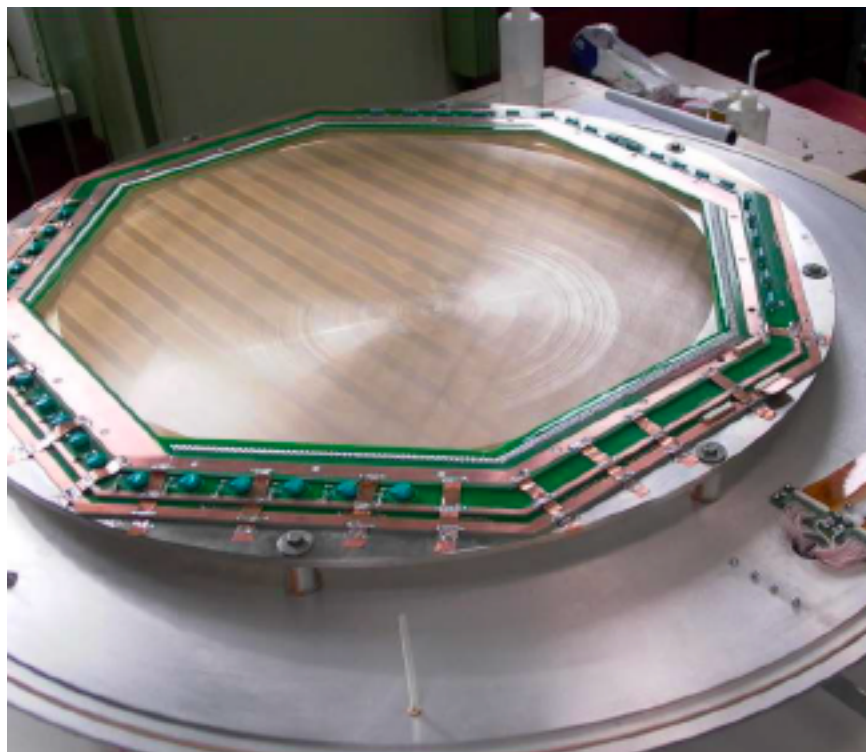
## **Трековая система (FT):**

8 МПК с катодным съемом информации

- Назначение: восстановление трека рассеянного электрона
- Измеряемые параметры: угол рассеянного электрона

**ТРЕБОВАНИЯ:** Стабилизация всех экспериментальных условий  
давление, температура, концентрация газовых примесей;  
однородность и стабильность электрического поля ТРС;  
стабильность цепи формирования и усиления сигналов;  
прецизионное измерение расположения анодных и катодных проволок.





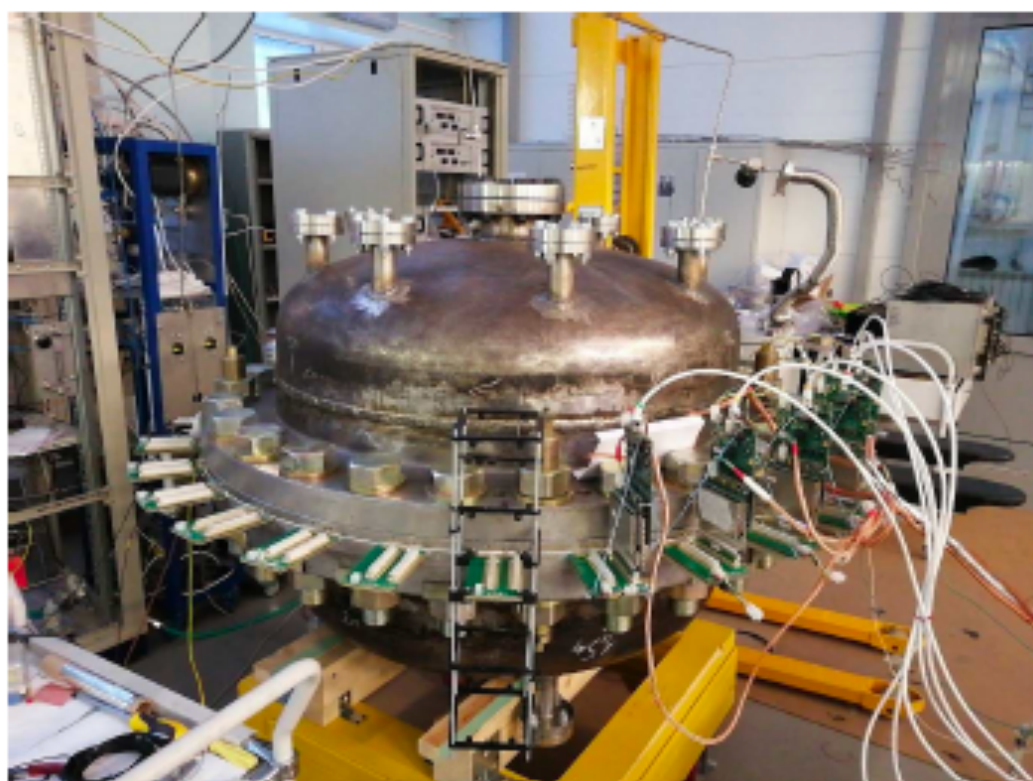
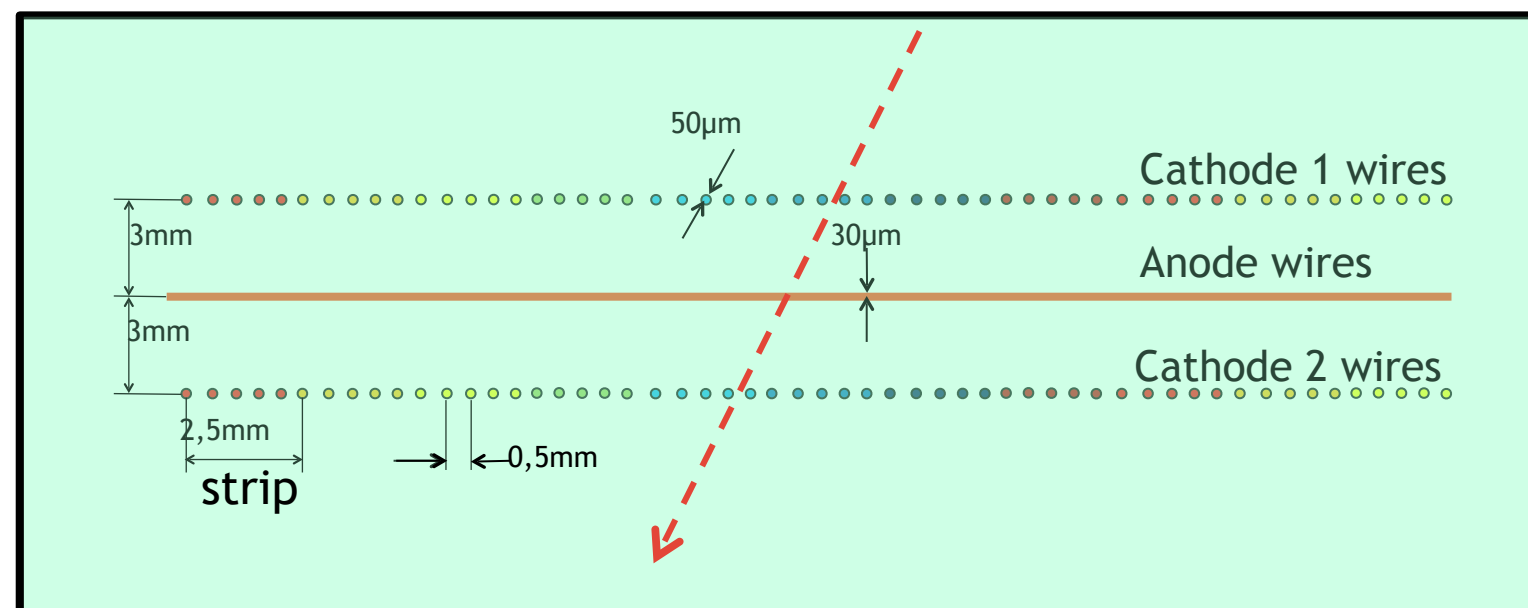
**В 2022 году была собрана первая тестовая сборка.**

Разработка конструкции : А.А.Васильев, М.Е.Взнуздаев

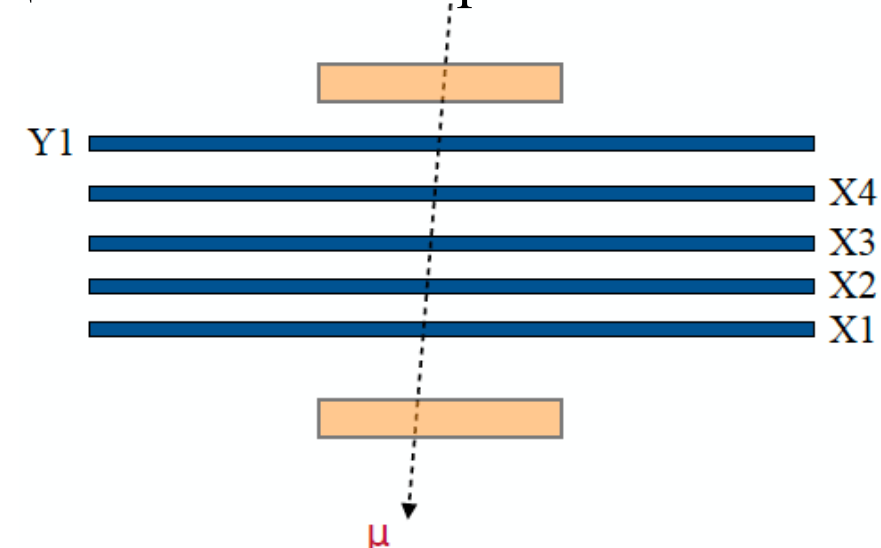
Разработка камер: Б.В.Бочин, Г.Е.Гаврилов, С.М.Микиртычьянц

Газовая система+slow control+HV: Л.М.Коченда, П.А.Кравцов, В.А.Трофимов

Разработка электроники: П.В.Неустроев, В.И.Яцура, Н.В.Грузинский, Э.М.Спириденков



- Два тестовых сеанса
- 96%Ar+4%CH<sub>4</sub> P=1, 20 bar
- Cosmic trigger
- 5 пропорциональных камер: 4 X+1 Y



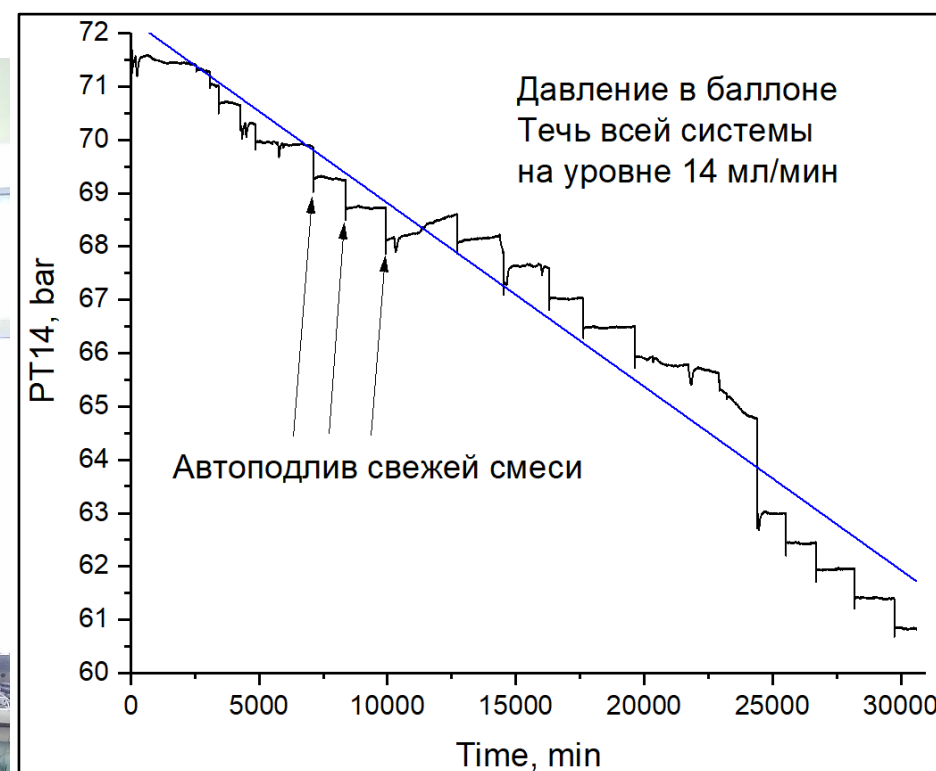


# Выполненные работы 2024 года. Газовая система

Ганжа В. А.  
Коченда Л.М.  
Кравцов П.А.

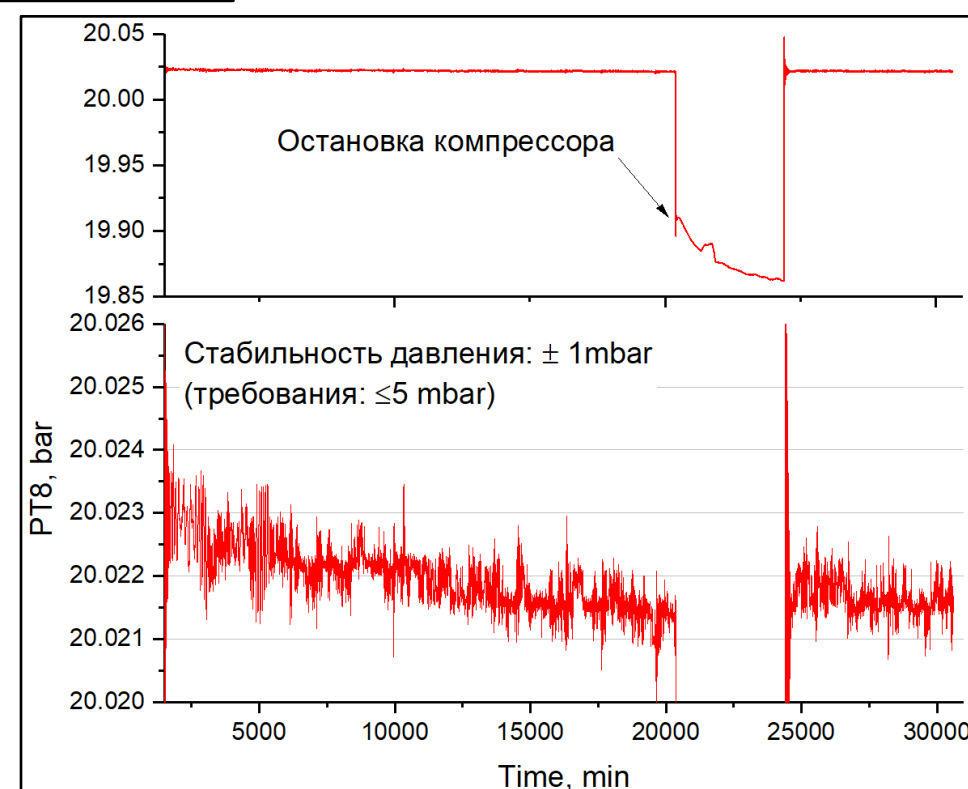
## Анализ данных 2023 показал:

при длительной работе нестабильность газовой смеси,  
увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  и уменьшение  $\text{CH}_4$  - в видимых количествах



## В 2024 году :

- решена проблема изменения концентрации метана и  $\text{CO}_2$  (нагрев блоков очистки)
- сделан автоматический подлив газа (течь в бустере)
- стабилизация давления на уровне 1 mbar





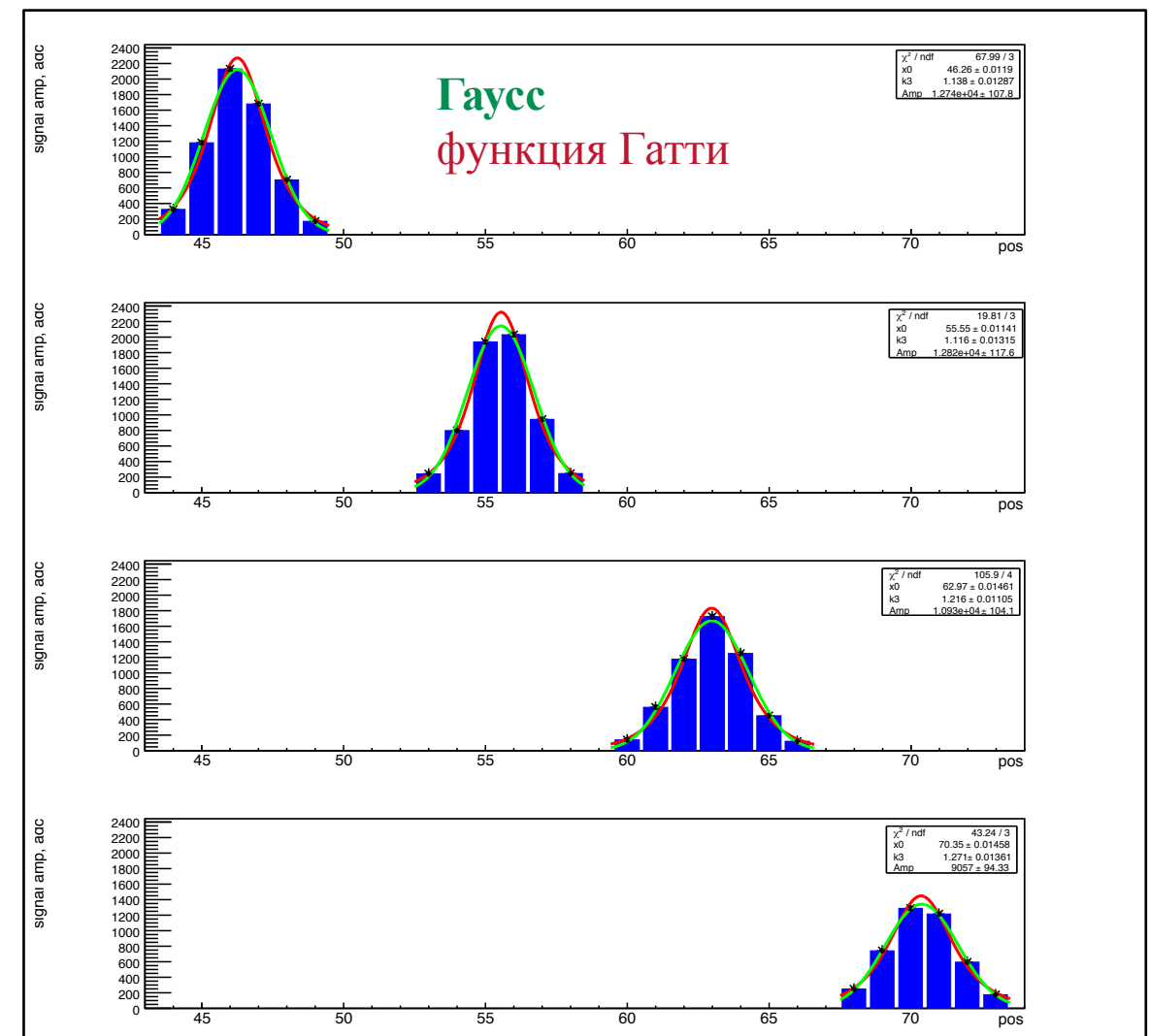
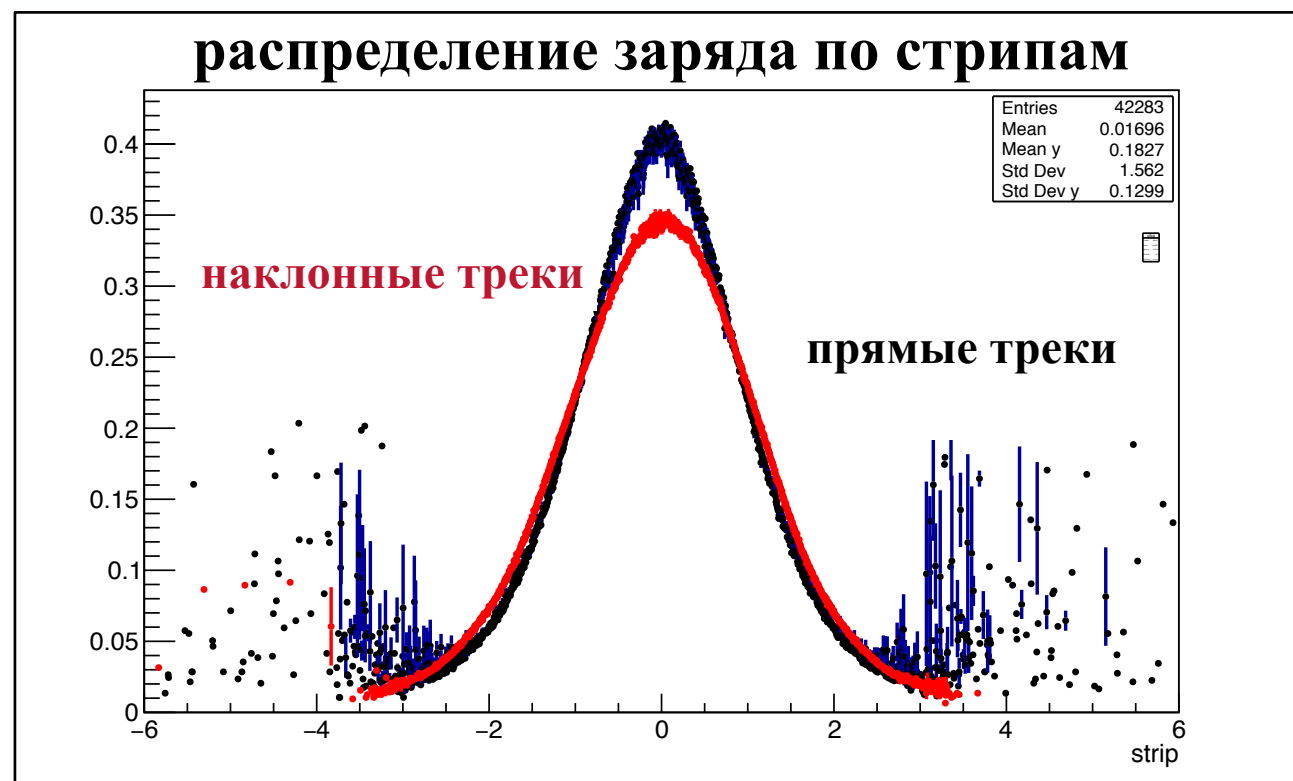
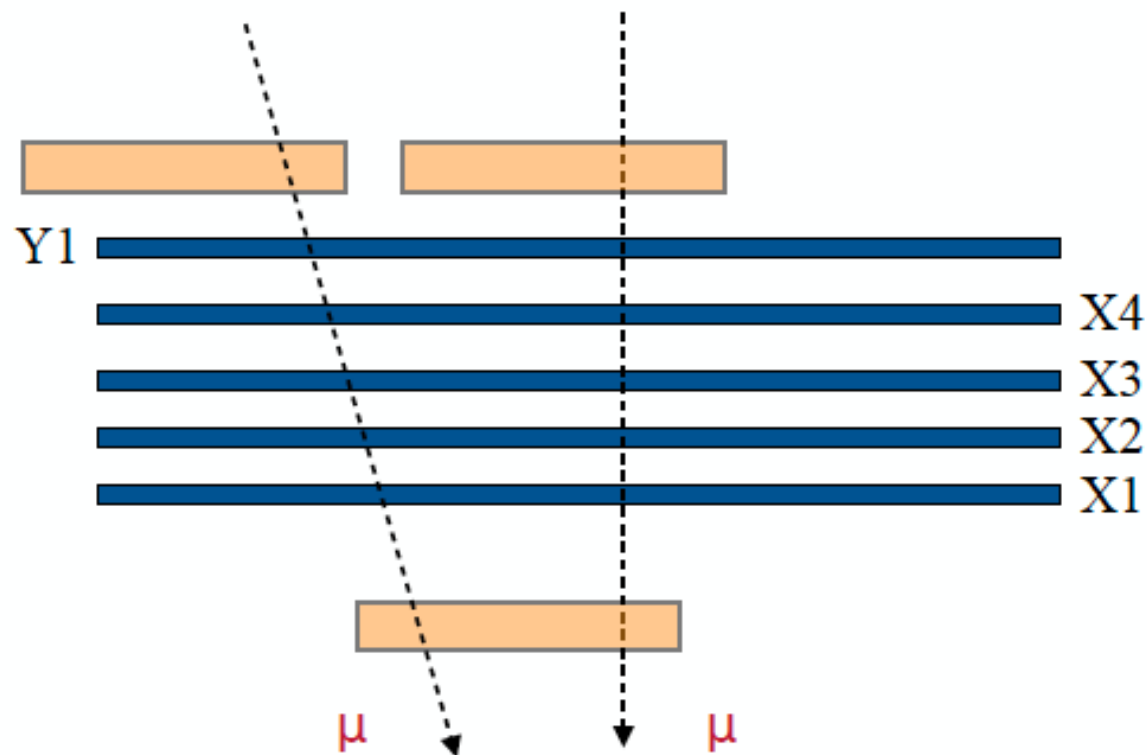


Анализ данных 2023 показал:

зависимость разрешения от угла частицы

дополнительная проверка областей камеры с проволочками переменной длины

неточная выстройка камер



**В 2024 году :**

- получены данные под углом 30 градусов
- два независимых анализа показали неточность выстройки камер
- предварительный результат по разрешению ПОСЛЕ выстройки 75 мкм
- получены данные с неточных катодов (анализ в 2025 году)

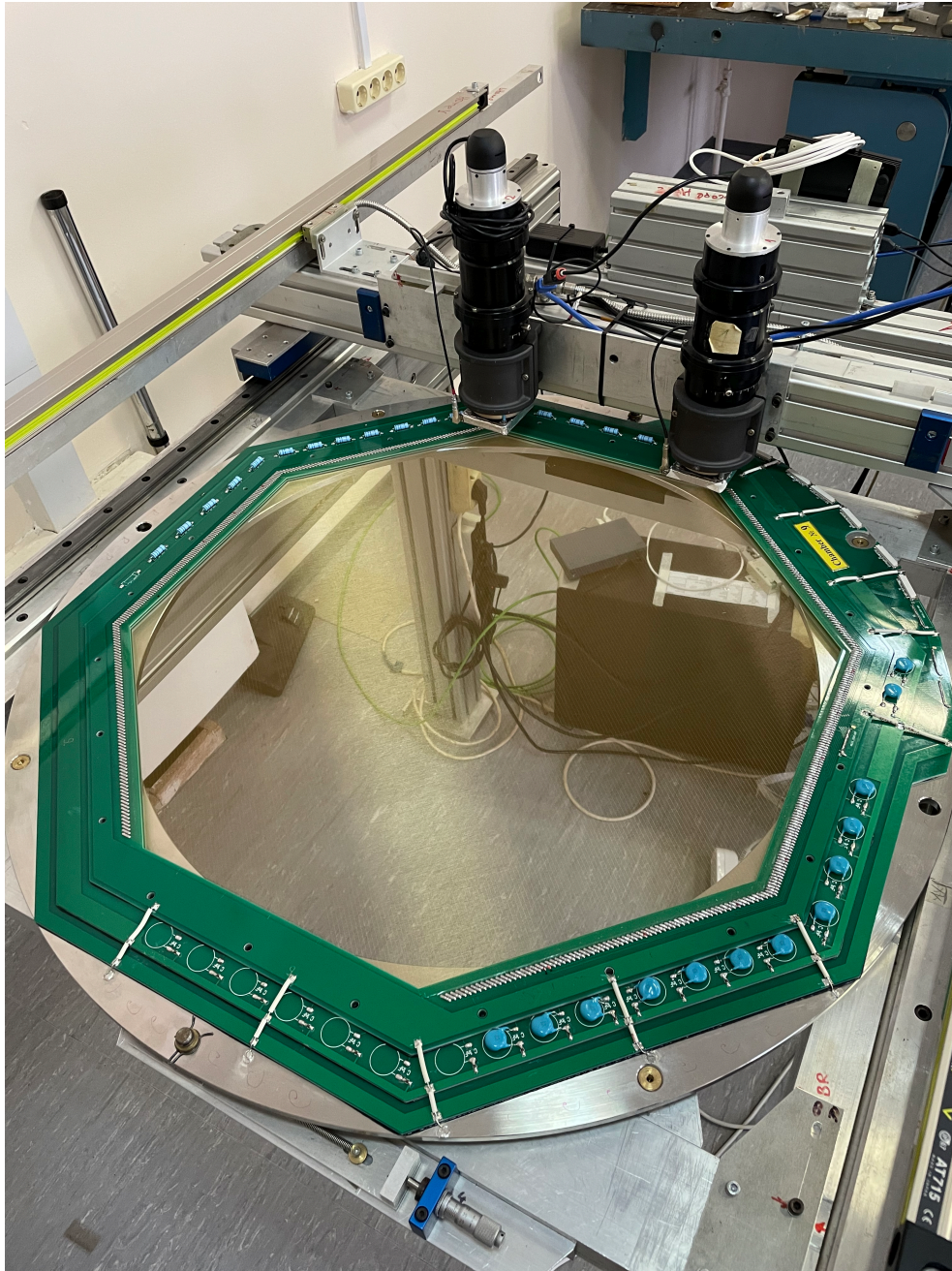


# Выполненные работы 2024 года. Измерение положения проволочек.

Бочин Б.В.  
Кравцов П.А.  
Филатов Г.В.

**Анализ данных 2023 показал:**

камерное разрешение получено без учета реального положения проволочки



**В 2024 году :**

- установка (разработка С.М.Микиртычьянц) по прецизионному измерению положения проволочек восстановлена
- методика анализа восстановлена и доработана

Положение движущихся микроскопов контролируется цифровыми линейками высокого разрешения (5 мкм)  
Официальный сертификат института метрологии.

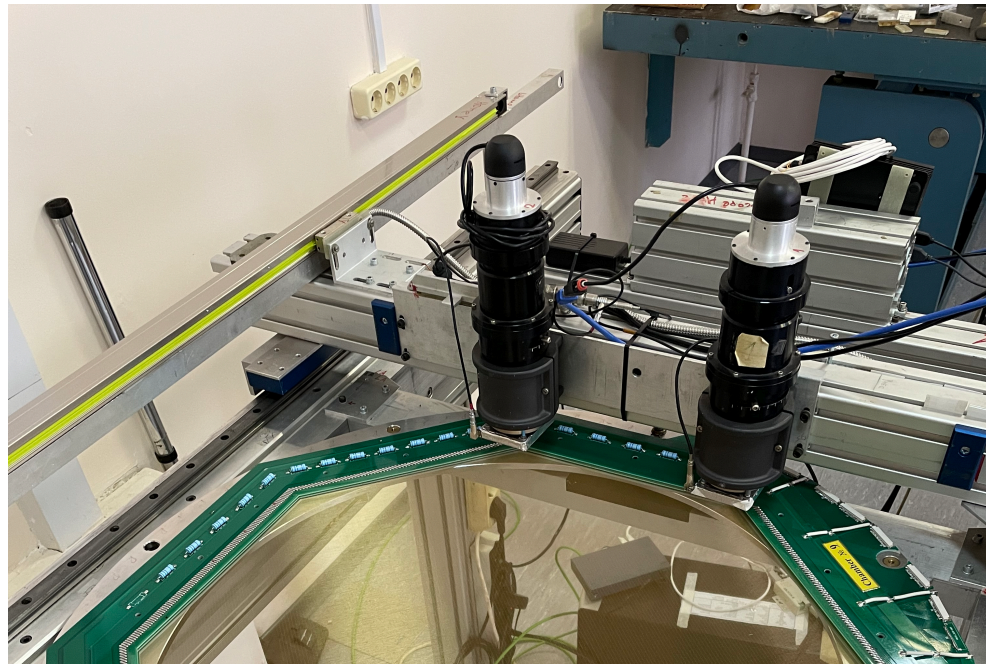




# Выполненные работы 2024 года. Измерение положения проволочек.

Бочин Б.В.  
Кравцов П.А.  
Филатов Г.В.

Анализ данных 2023 показал:  
камерное разрешение получено без учета реального положения проволочки

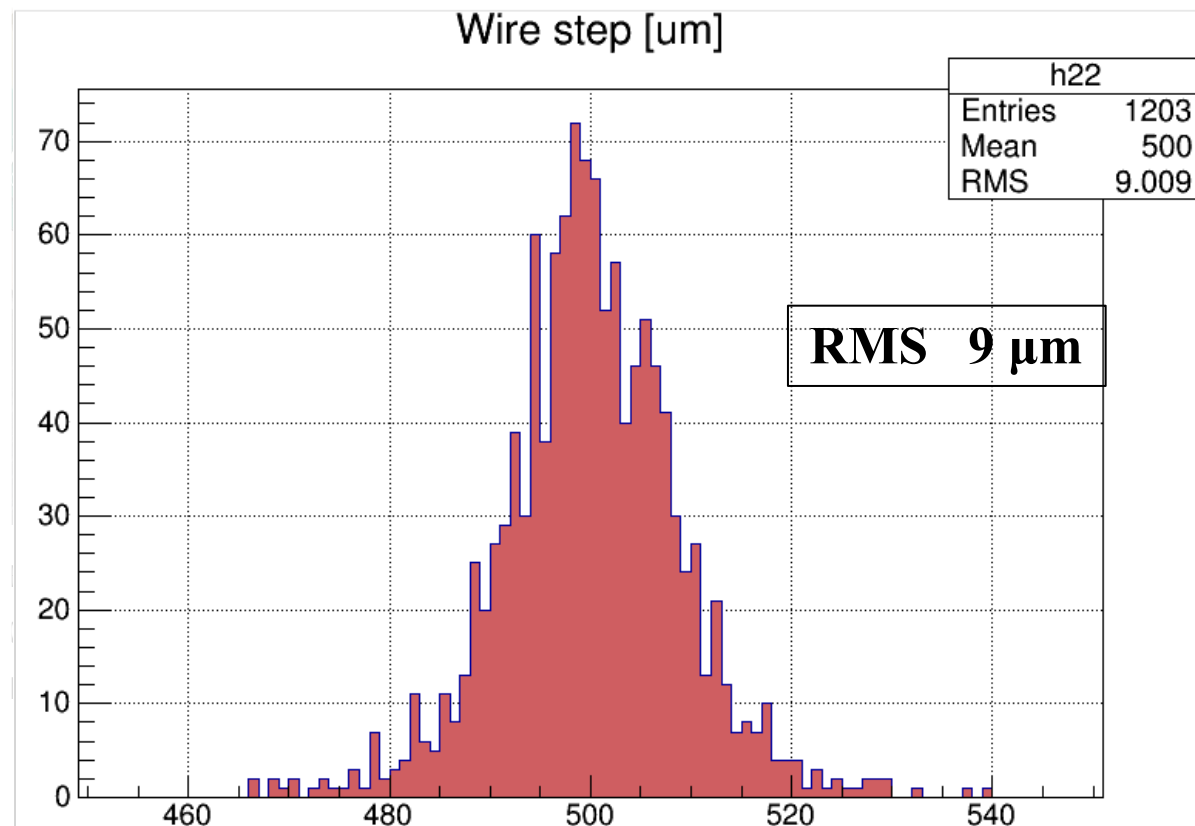
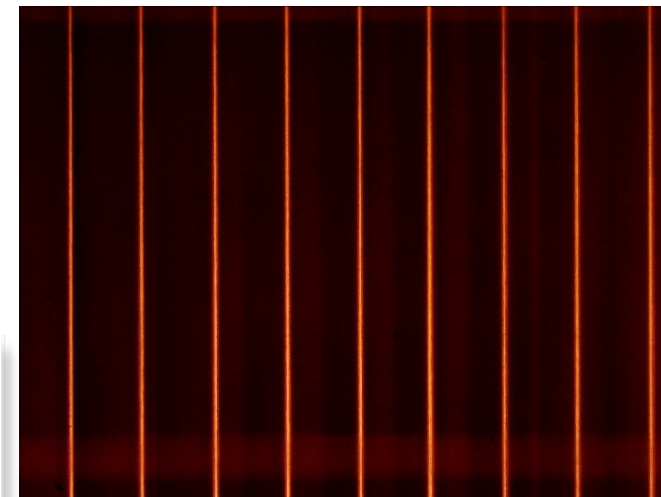


Расстояние между проволочками

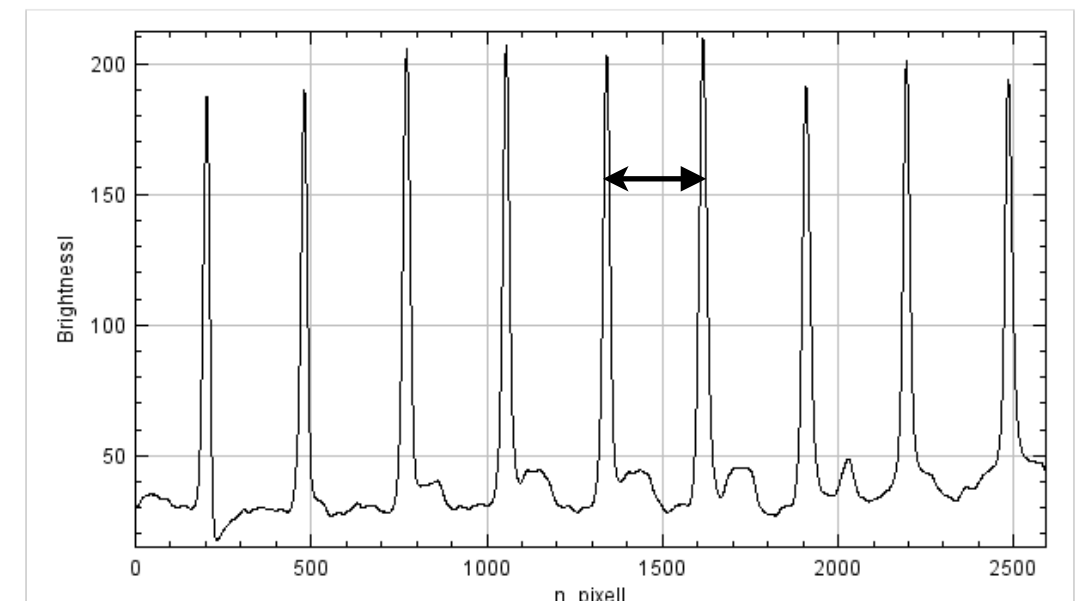
В 2024 году :

- установка (разработка С.М.Микиртычьянц) по прецизионному измерению положения проволочек восстановлена
- методика анализа восстановлена и доработана

Катодная плоскость. Шаг 0.5 мм



см)



Пол  
конт  
Офи





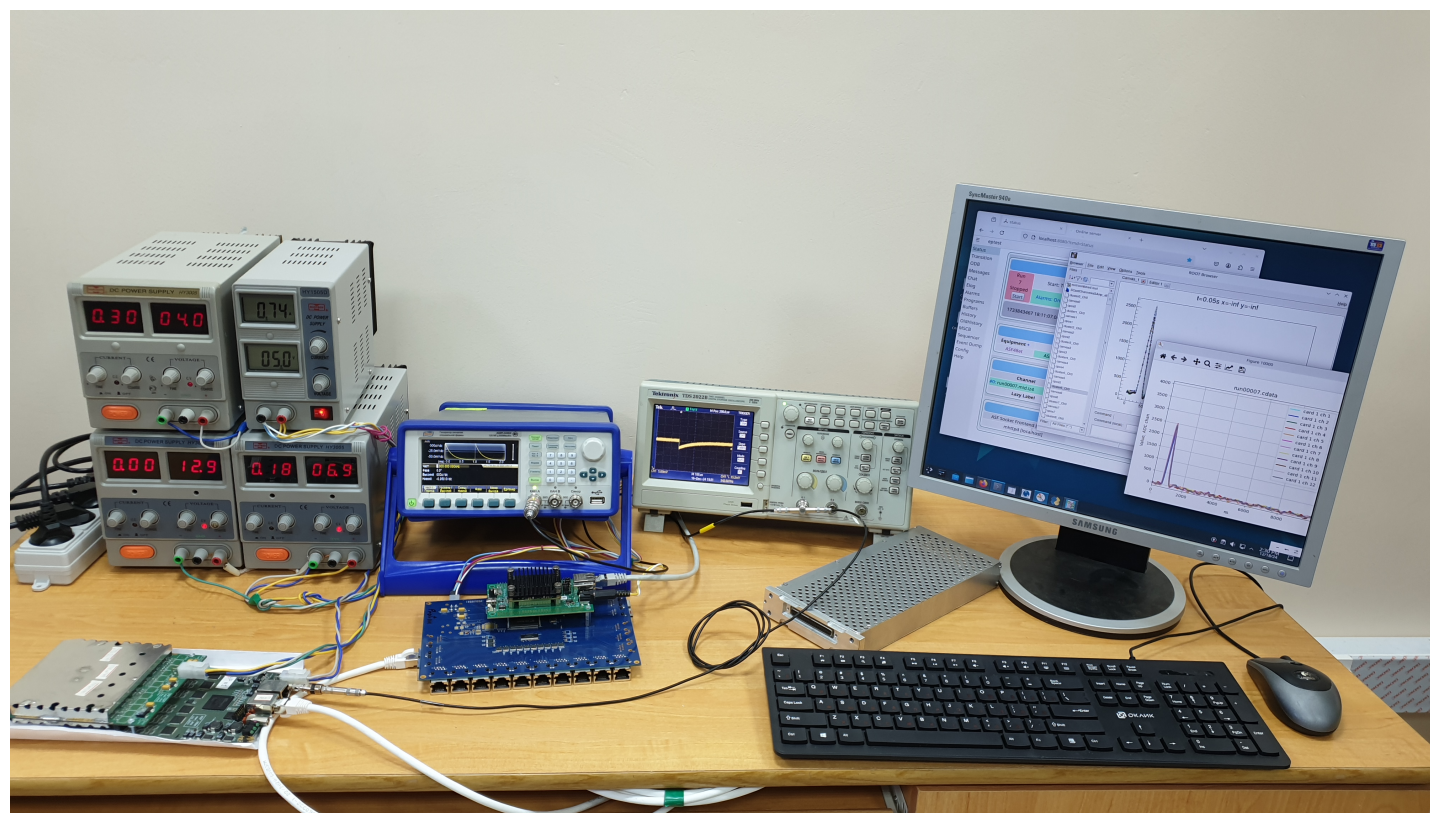
## Анализ данных 2023 показал:

Считывающая электроника для трекера, включающая платы ASF48et и концентратор сбора данных CCB12 показала устойчивую и надежную работу при длительных тестах детектора на космике.

## Текущие задачи :

В стадии разработки находится двухуровневая система сбора данных, состоящая из

- концентратора верхнего уровня (мастера),
- концентраторов нижнего уровня для различных подсистем (трекера, ТРС, монитора пучка)
- подсистемы раздачи сигналов синхронизации, передачи команд управления с обеспечением одновременности (синхронности) их выполнения
- системы обмена сигналами состояния (статуса) и выработки сигнала триггера



## В 2024 году :

- Создан стенд для тестирования работы подсистемы сбора данных с камеры ТРС, включая плату ASF12ер с разными предусилителями (разработка: Неустроев П.В. и Яцура В.И.), и концентратор сбора данных CCB12 (Яцура В.И.).
- Разработано программное обеспечение для считывания, online - мониторинга и визуализации полученных данных на базе системы MIDAS.
- Запланировано тестирование данной электроники на существующей камере ТРС, предоставленной лабораторией барионной физики **А.Дзюба (след.доклад)**
- Выполнена закупка электронных компонентов для производства плат





# Основные сложности. Электронный пучок

Дубна, конференция ЯДРО-2024  
**коллаборация FLAP**  
(электронный ускоритель до 200 МэВ (сейчас),  
далее до 2 ГэВ)

**А.Дзюба (след.доклад)**

Программа физических экспериментов с  
использованием метода активной мишени







## Студенческая научная группа

### **СПбГТУ**

Филатов Геннадий

Говалло Валерия

Зорков Денис

Климашова Юлия

Загуренко Юлия

### **СПбГУ**

Фильберт Владислав

### **МГУ**

Укладников Георгий

4 студента оформлены в ПИЯФ, 3 студента - на испытательном сроке.

В 2025 году 6 бакалаврских защит.



## **Работа ведется по всем направлениям:**

- Оптимизирована газовая циркуляционная система
- Проведено два тестовых сеанса на космике
- Запущена установка по прецизионному измерению положения проволочек
- Выполнена закупка электронных компонентов для недостающей электроники
- Создана студенческая научная группа
- Ведутся переговоры о возможном сотрудничестве и проведении работ на электронном ускорителе в Дубне

## **В 2025 году планируется:**

- Изготовление и тестирование 5 пропорциональных камер
- Изготовление недостающей электроники
- Анализ космических данных 2024 года.
- Полная сборка трековой системы и проведение сеанса на космике
- Разработка методики выстройки камер

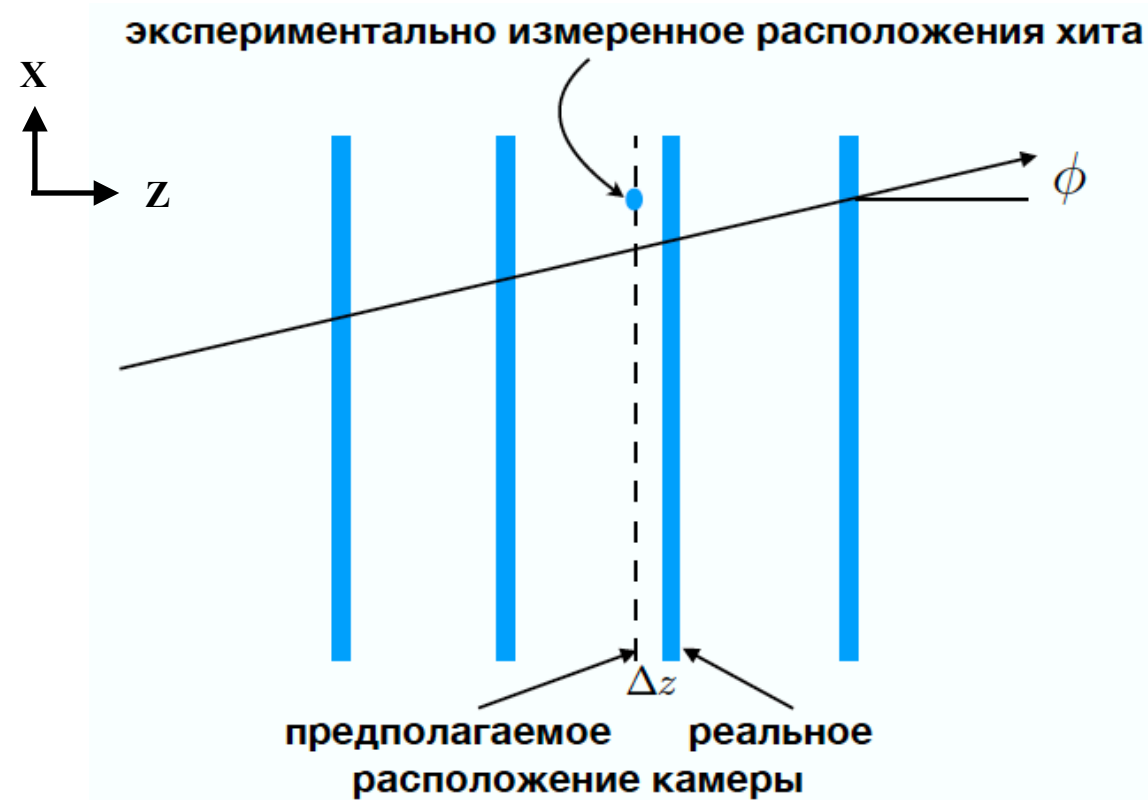
Спасибо за внимание!



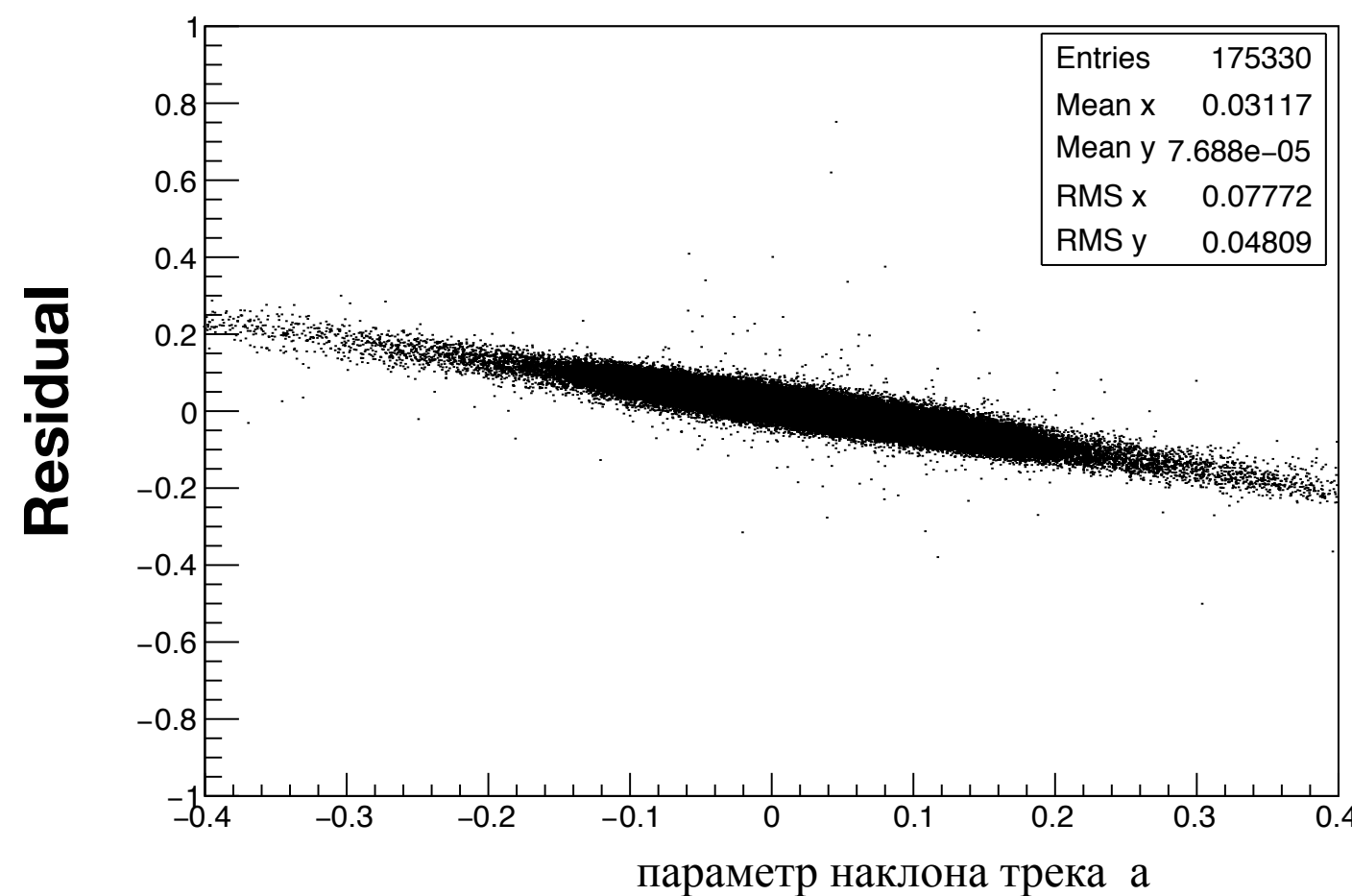




## Дополнительные слайды



без выстройки камер



после выстройки камер

