

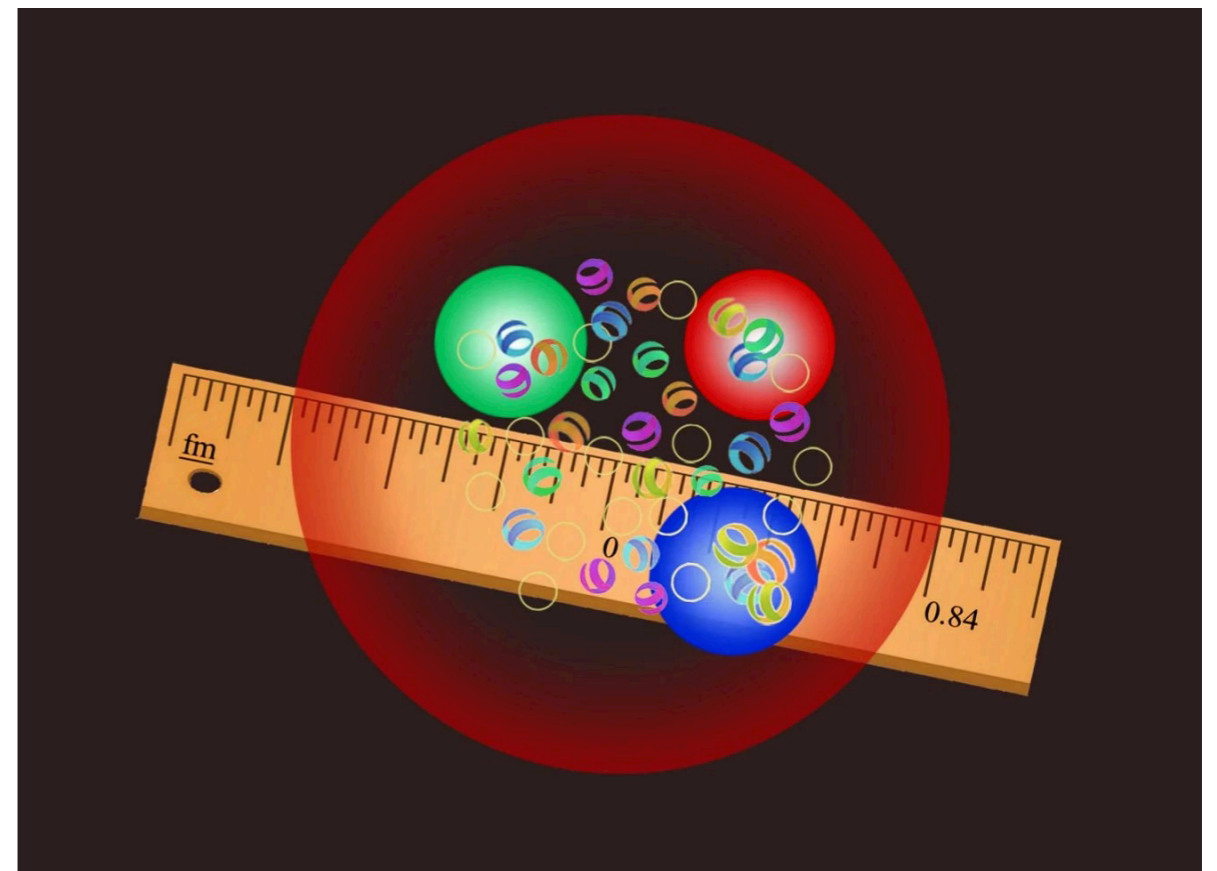


# Прецизионное измерение зарядового радиуса протона в эксперименте по упругому рассеянию электрона на протоне

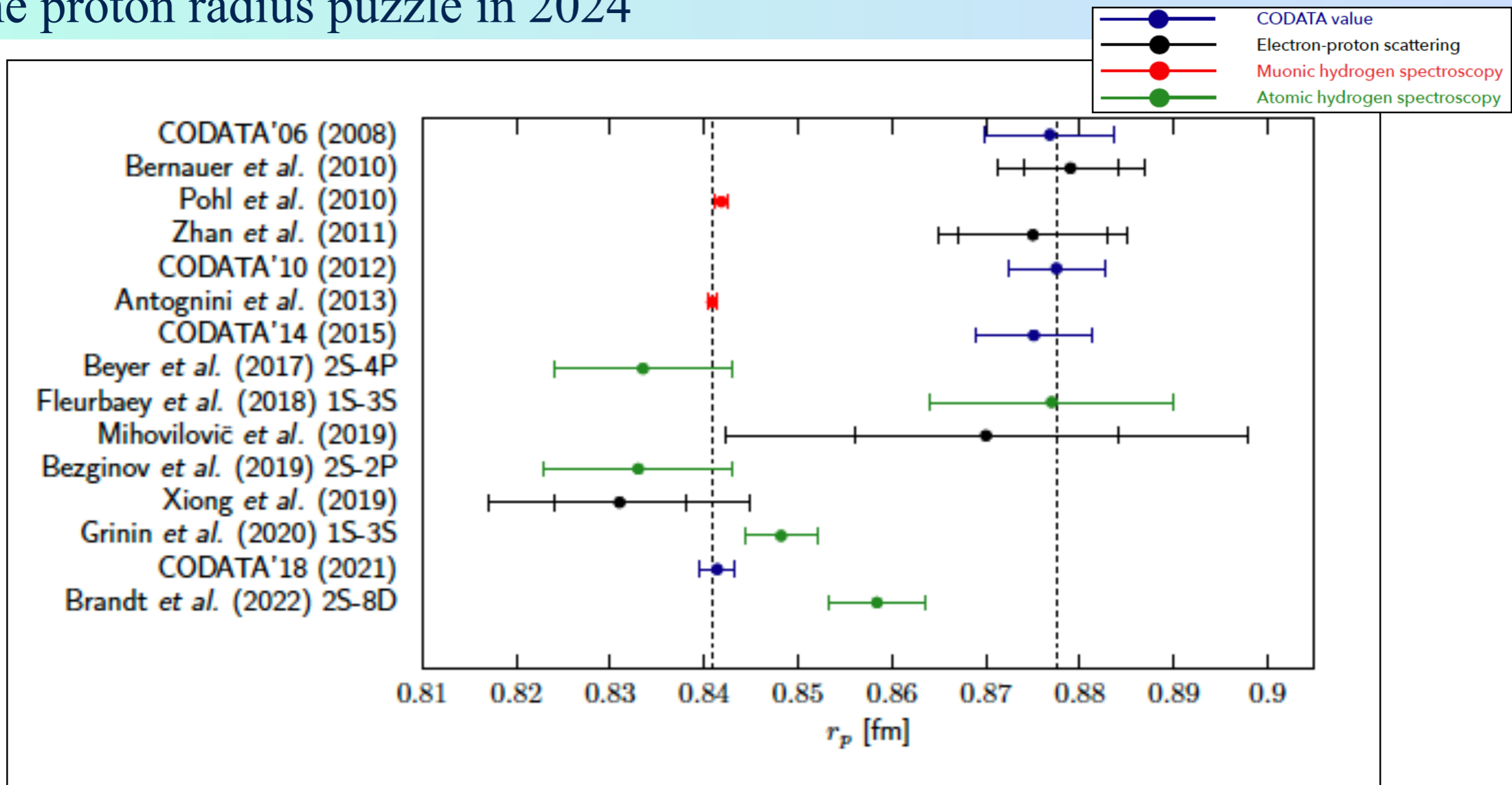
**Эксперимент**

**ПРОТОН**

П. Кравченко



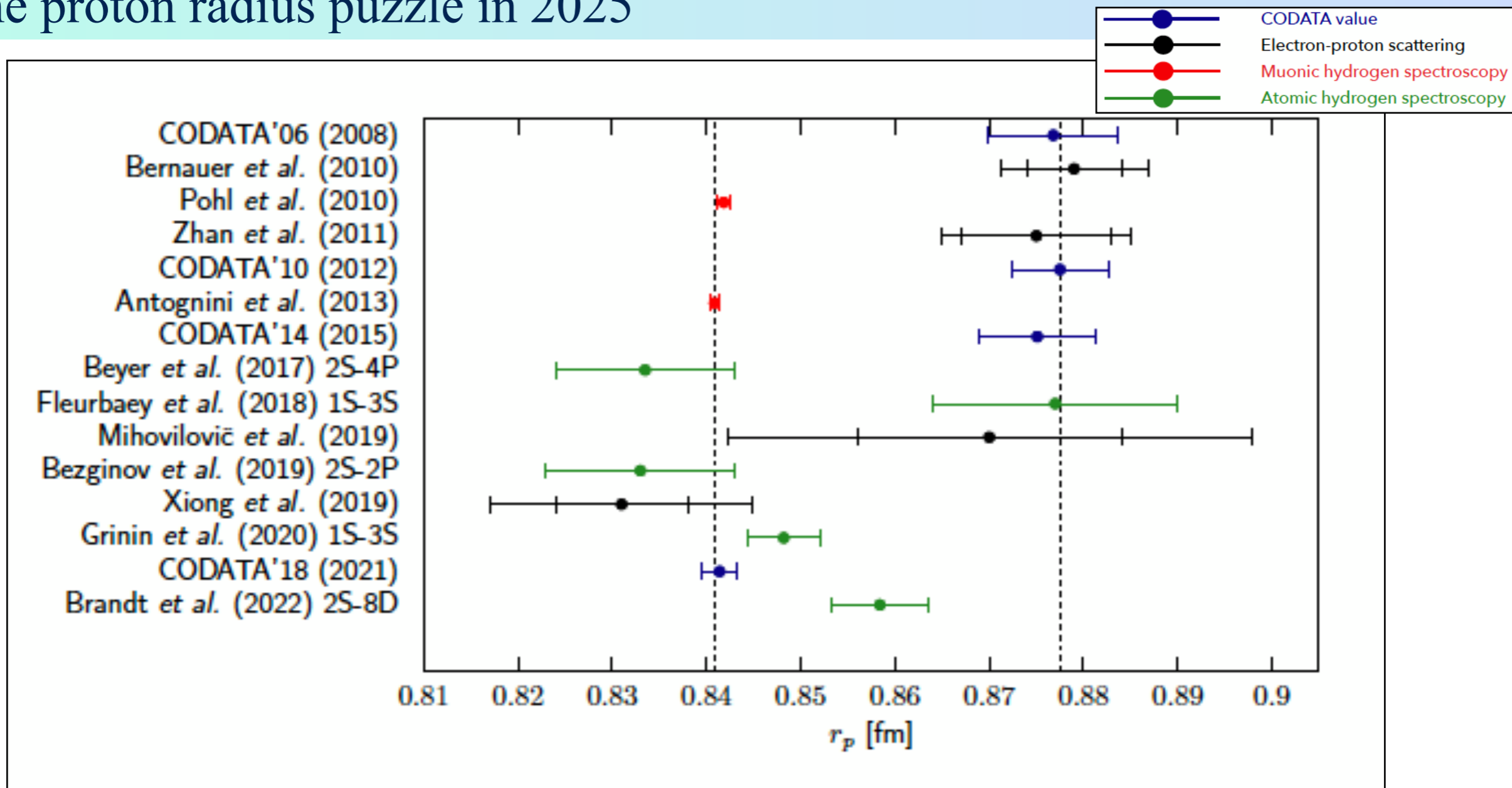
# The proton radius puzzle in 2024



$r_p$	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 2025



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

“The Proton Radius Puzzle and Discrepancies in Proton Structure Measurements” Roland B. Lumpy et al.

arXiv:2501.11195v1

“скоординированный подход”

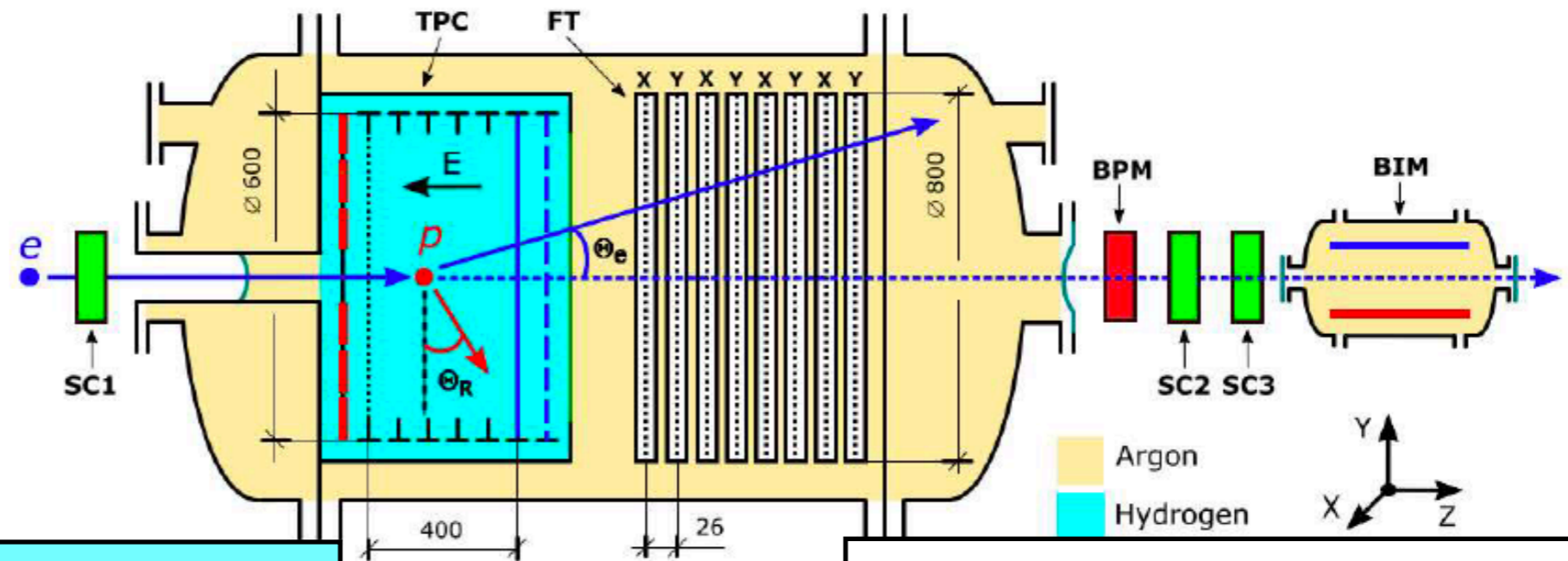
AMBER (proj)  
MUSE (proj)  
Prad-II (proj)  
PRES (proj)

FUTURE EXPERIMENTS



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 TPC;  
стабильность цепи формирования и усиления сигналов;  
прецизионное измерение расположения анодных и катодных проволок.

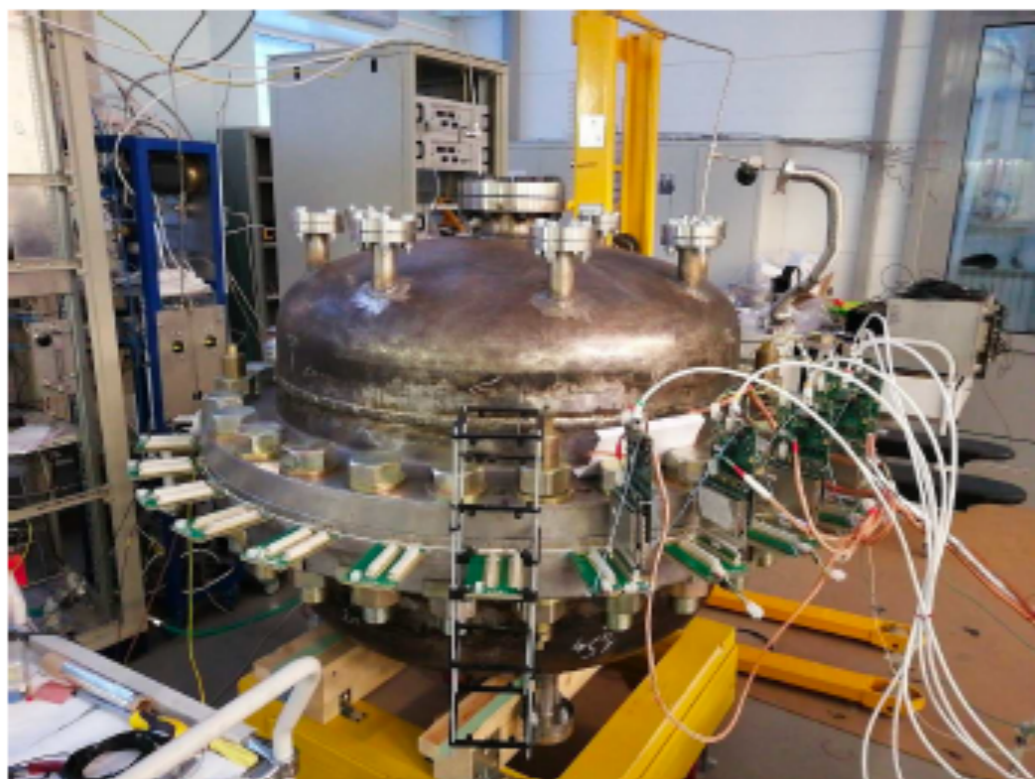
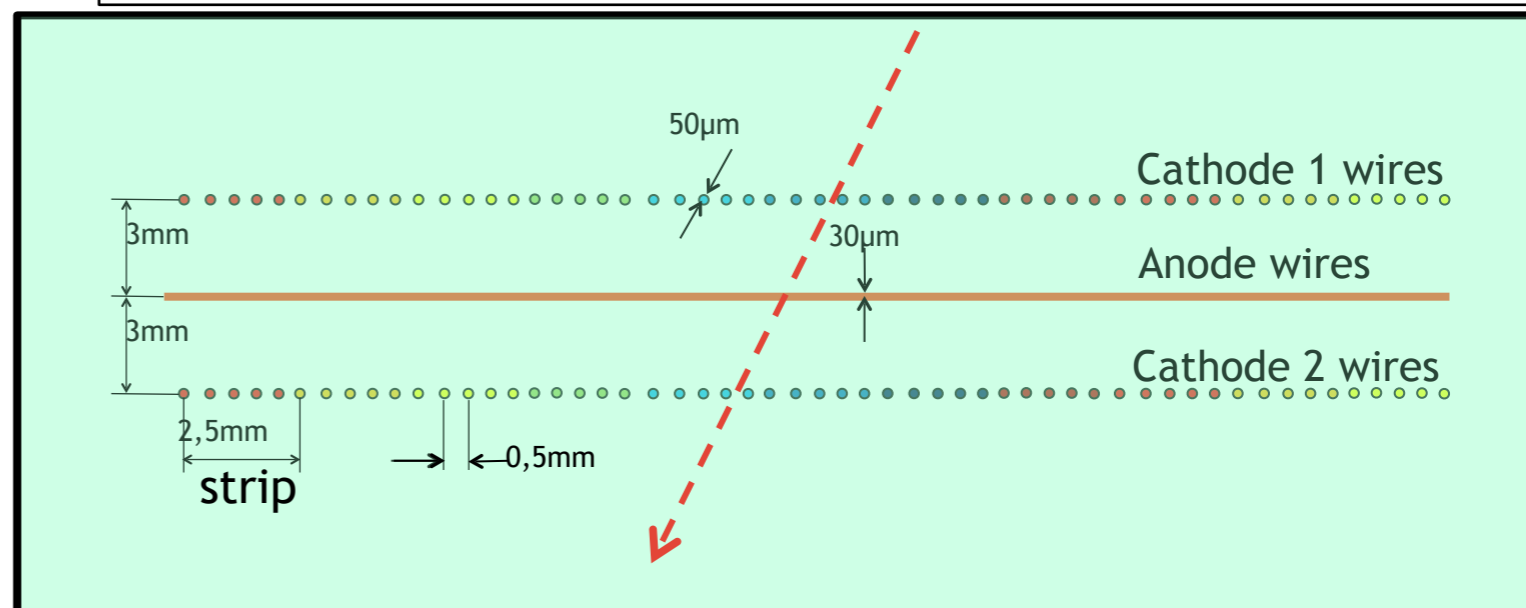
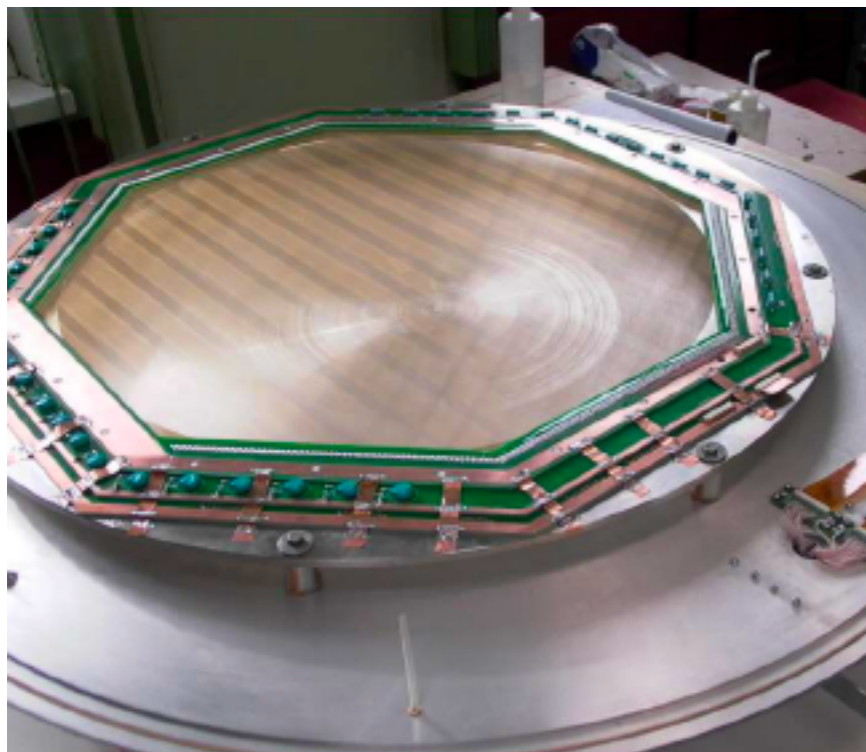
**В 2022 году была собрана первая тестовая сборка.**

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

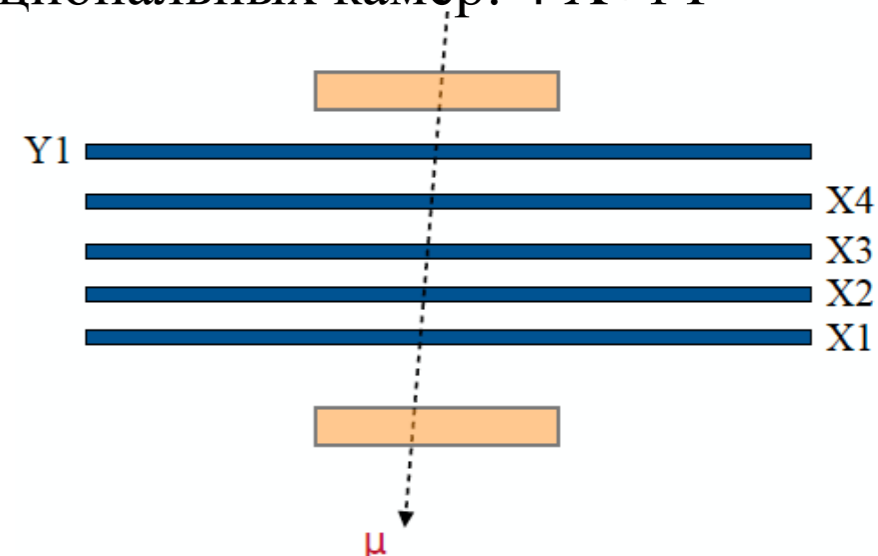
Разработка камер: Б.В.Бочин, Г.Е.Гаврилов, С.М.Микиртычянц

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



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



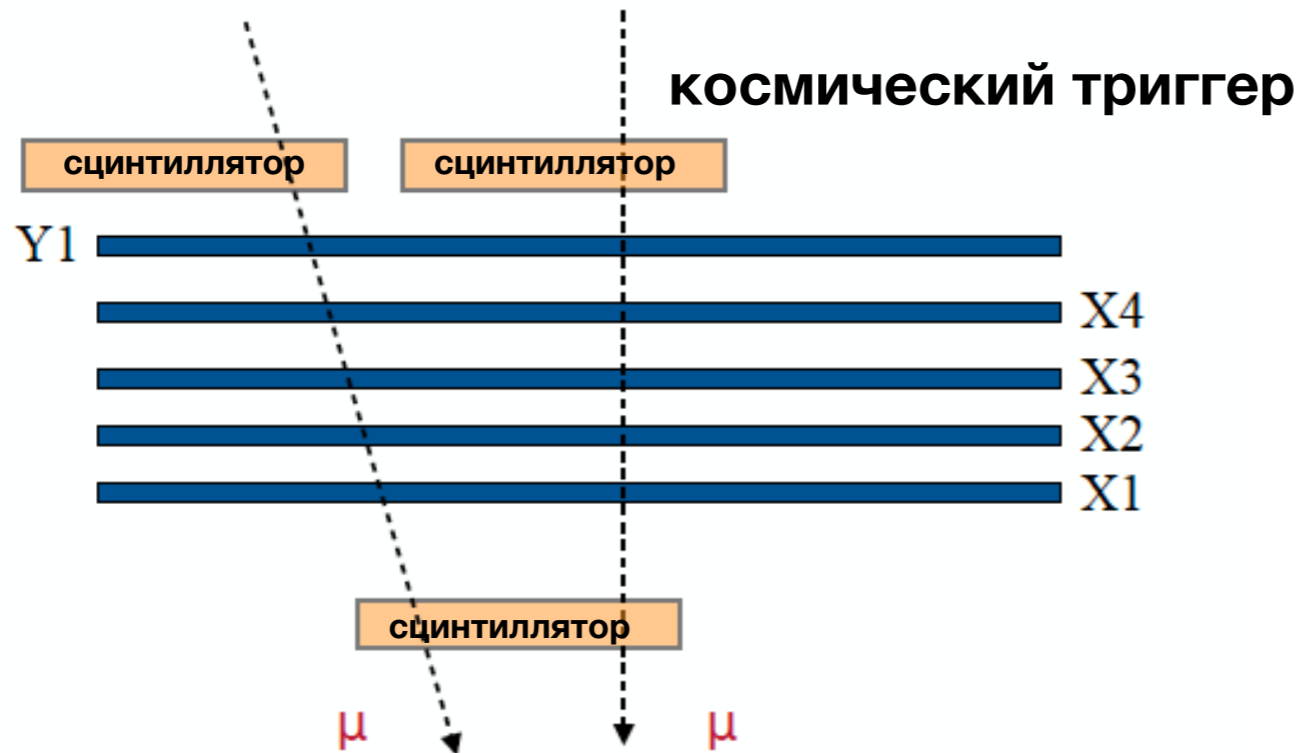


Анализ данных 2023 года показал:

зависимость разрешения от угла частицы

дополнительная проверка областей камеры с проволочками переменной длины

неточная выстройка камер



**Участники тестовых сеансов**

В. Фотьев, П. Кравцов, Н. Грузинский,  
Г. Гаврилов, В. Ганжа

**В 2024 году :**

- получены данные под углом 30 градусов
- два независимых анализа показали неточность выстройки камер (**В.Фотьев, И. Смирнов**)
- предварительный результат по разрешению ПОСЛЕ выстройки 75 мкм



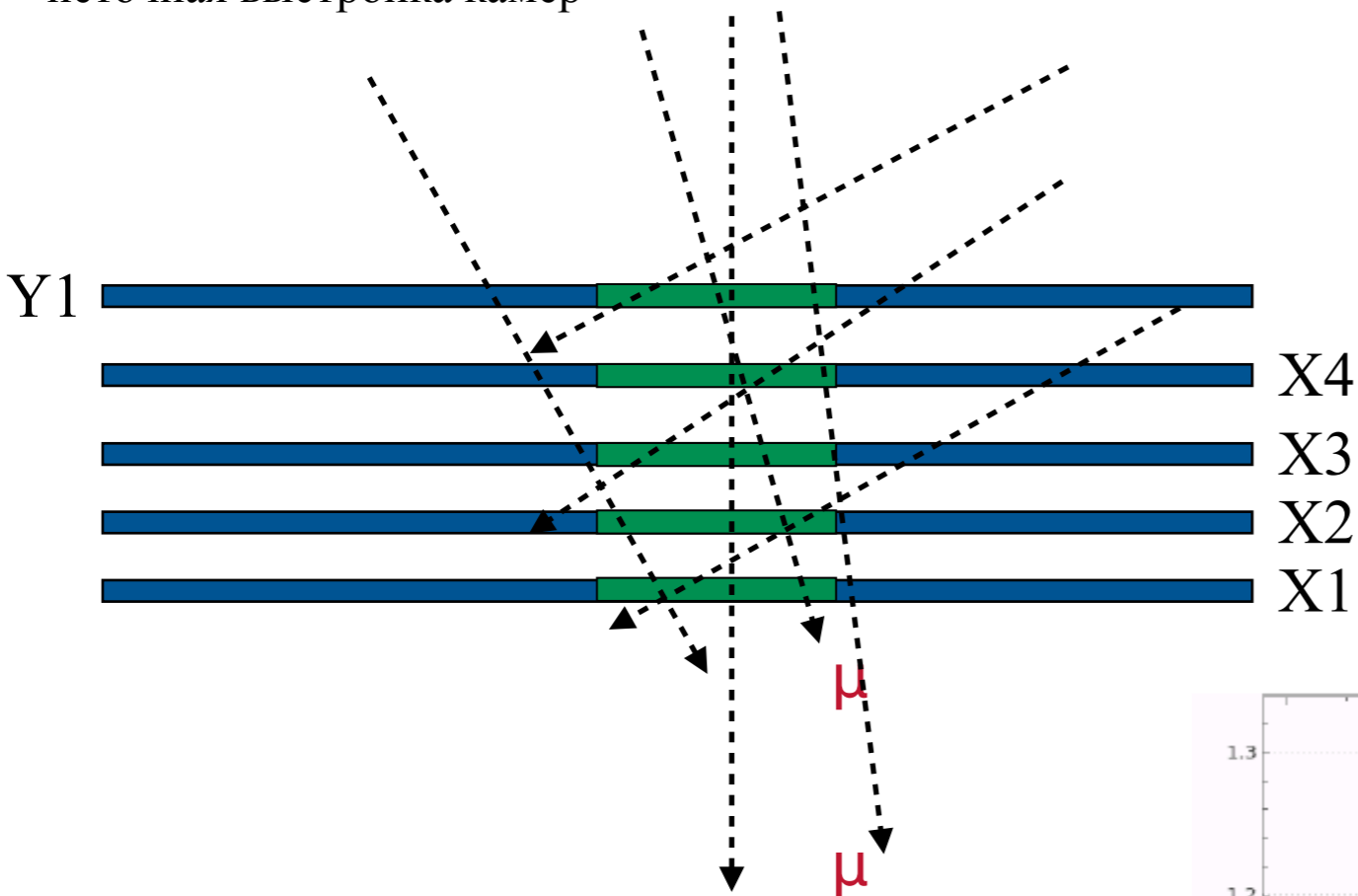
# Анализ данных

Анализ данных 2023 года показал:

зависимость разрешения от угла частицы

дополнительная проверка областей камеры с проволочками переменной длины

неточная выстройка камер



В 2025 году :

- цель сеанса - получить индивидуальную эффективность регистрации
- измерялся поток космических мюонов на единицу площади в единицу времени
- без триггера
- скан по HV

В следующем году:

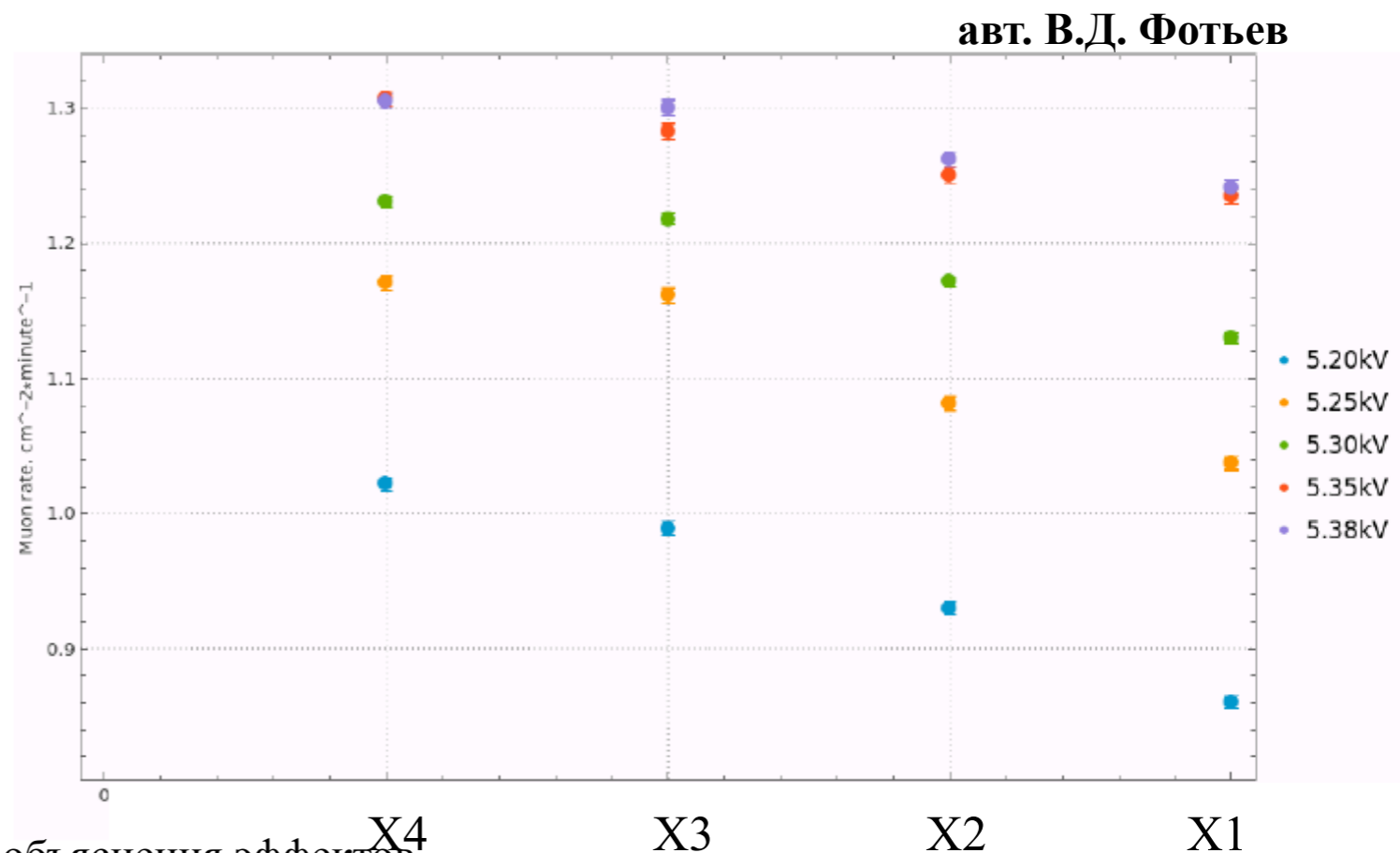
- MC моделирование трековой системы для объяснения эффектов

Участники тестовых сеансов

В. Фотьев, П. Кравцов, Н. Грузинский,  
Г. Гаврилов, В. Ганжа

В 2024 году :

- получены данные под углом 30 градусов
- два независимых анализа показали неточность выстройки камер (**В.Фотьев, И. Смирнов**)
- предварительный результат по разрешению ПОСЛЕ выстройки 75 мкм





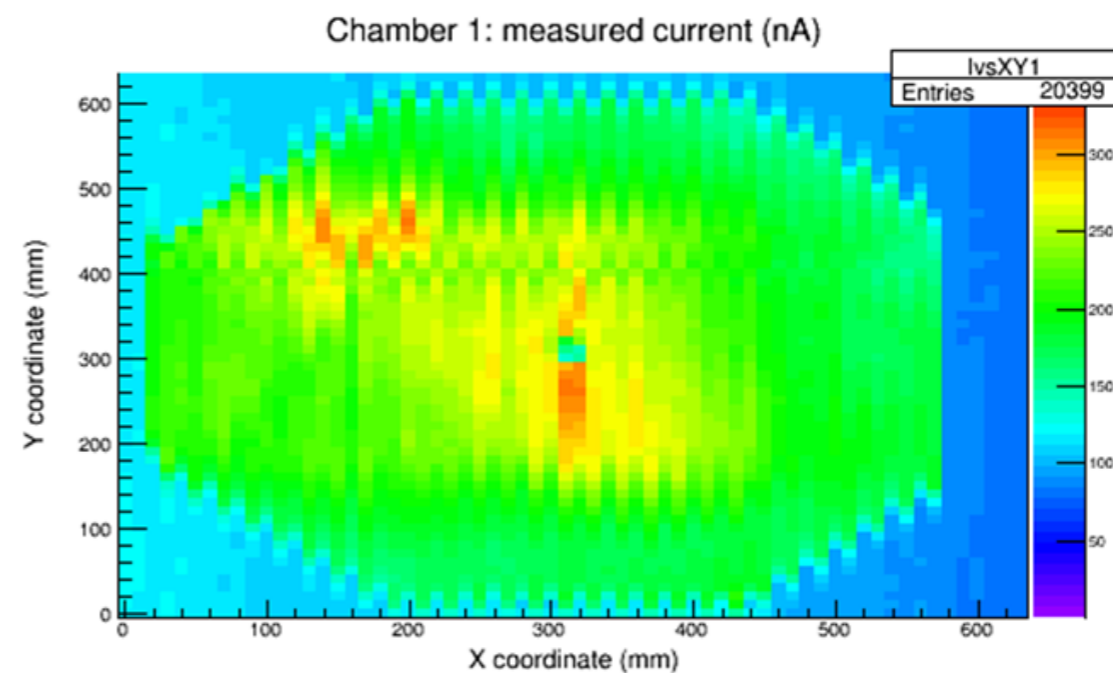
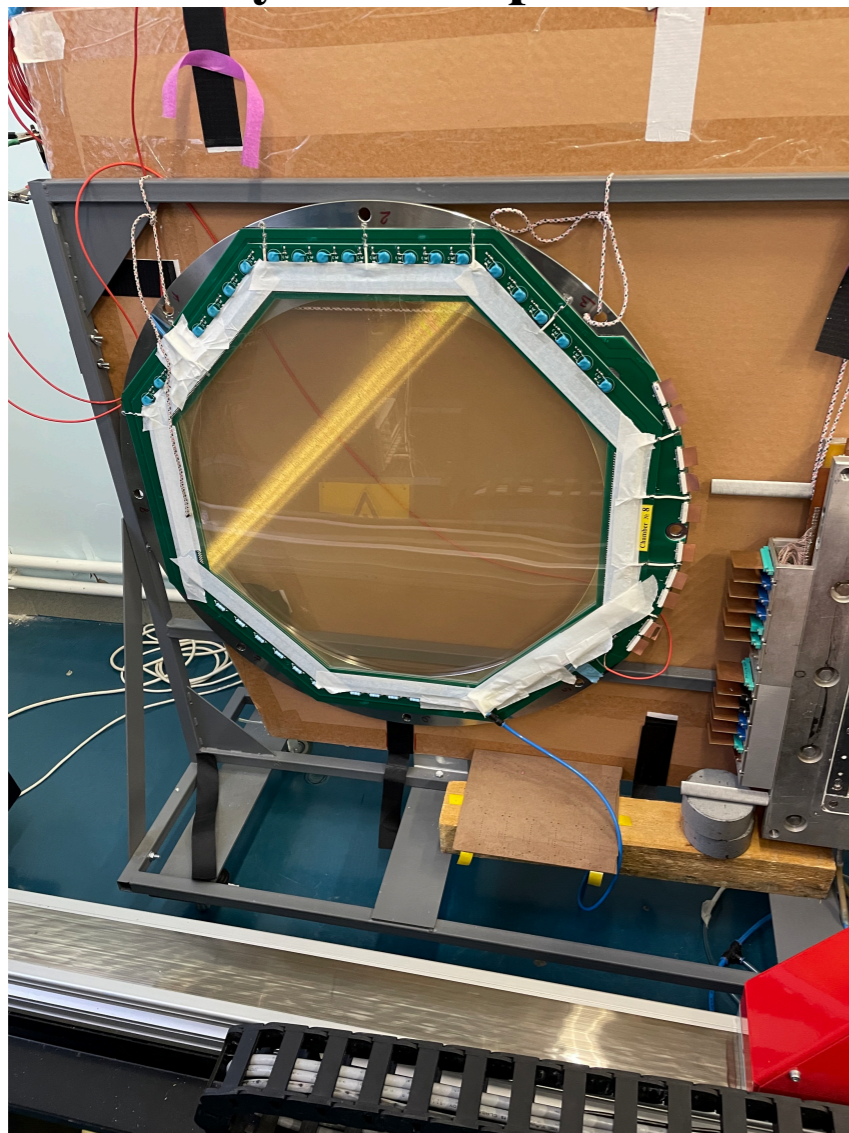
# Изготовление комплекта многопроволочных камер

**В 2025 году :**

- запущено производство новых камер (5 шт.)  
фин.поддержка **О.Л.Федин**, закупки **П.Кравцов**  
ведутся работы с печатными платами . **Б.В. Бочин**, **С.А. Гец**
- предложен альтернативный метод проверки работоспособности камер.

**Лаборатория О.Л. Федина**

## **X-ray - сканирование**



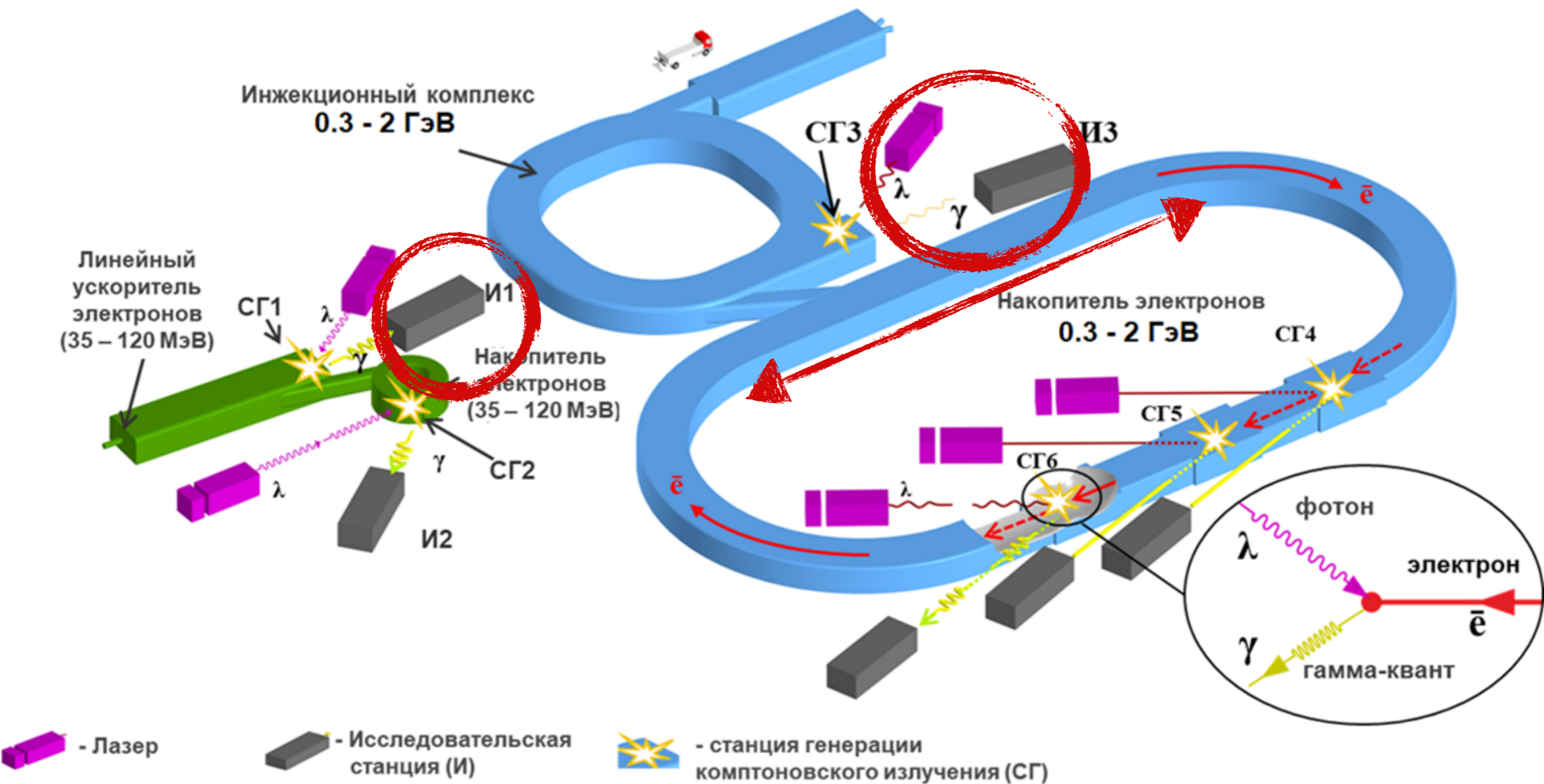
**В следующем году :**

- намотка проволоки, склейка, тестирование
- изготовление электроники



**ПИЯФ предложил трехэтапную научную программу по изучению фундаментальных свойств нуклонов с применением метода активной мишени:**

- эксперимент "0" дня (измерение сечения выбивания нуклонов и кластеров из ядер). **А.А. Дзюба**
- эксперимент КОМПТОН (измерение электрической и магнитной поляризуемостей нуклона)
- ПРОТОН



## Мы предложили:

- медленный вывод электронов до 140 МэВ из малого кольца/линейного ускорителя
- медленный вывод электронов до 2 ГэВ из синхротронного бустера/большого накопительного кольца
- организацию by-pass
- организацию экспериментальных залов под широким спектром задач на электронных пучках

75<sup>th</sup> International Conference Nucleus-2025: Физика атомного ядра и элементарных частиц. Ядерно-физические технологии”, Санкт-Петербург, 1 – 6 июля, 2025.

**Л.М. Коченда, П.А. Кравцов**

The Gas Systems For Nuclear Physics Detectors  
Газовые Системы Для Ядерно-Физических Детекторов

**И.Б. Смирнов**

Reconstruction of spatial resolution of multilayer position-sensitive detectors  
Реконструкция пространственного разрешения многослойных позиционно-чувствительных детекторов  
Ссылка на публикацию: **Физика элементарных частиц и атомного ядра 2026, Т.57, вып. 2, 18 стр.**

- литература не предлагает обоснованных методов, не основанных на предположении о равенстве слоев, а имеющиеся сообщения содержат противоречивые утверждения.
- разработан метод определения разрешения камер по относительному разбросу измерений

IV Всероссийская школа по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорительной технике, Саров, 28 июля – 1 августа, 2025.

**П.В. Кравченко**

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



## **В 2026 году планируется:**

- Изготовление и тестирование 5 пропорциональных камер
- Изготовление недостающей электроники
- Анализ космических данных 2025 года.
- Полная сборка трековой системы и проведение сеанса на космике
- Совместная работа с ИКИ НЦФМ (Саров) по написанию тех. задания на организацию выведенных электронных пучков

Спасибо за внимание!





## Дополнительные слайды

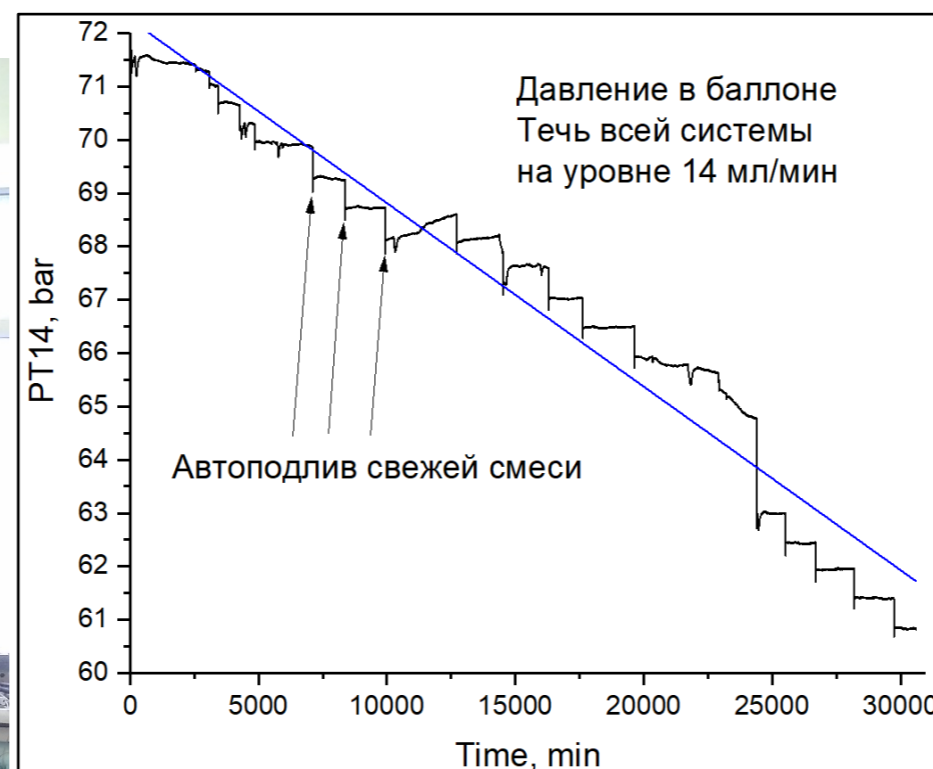


# Выполненные работы 2024 года. Газовая система

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

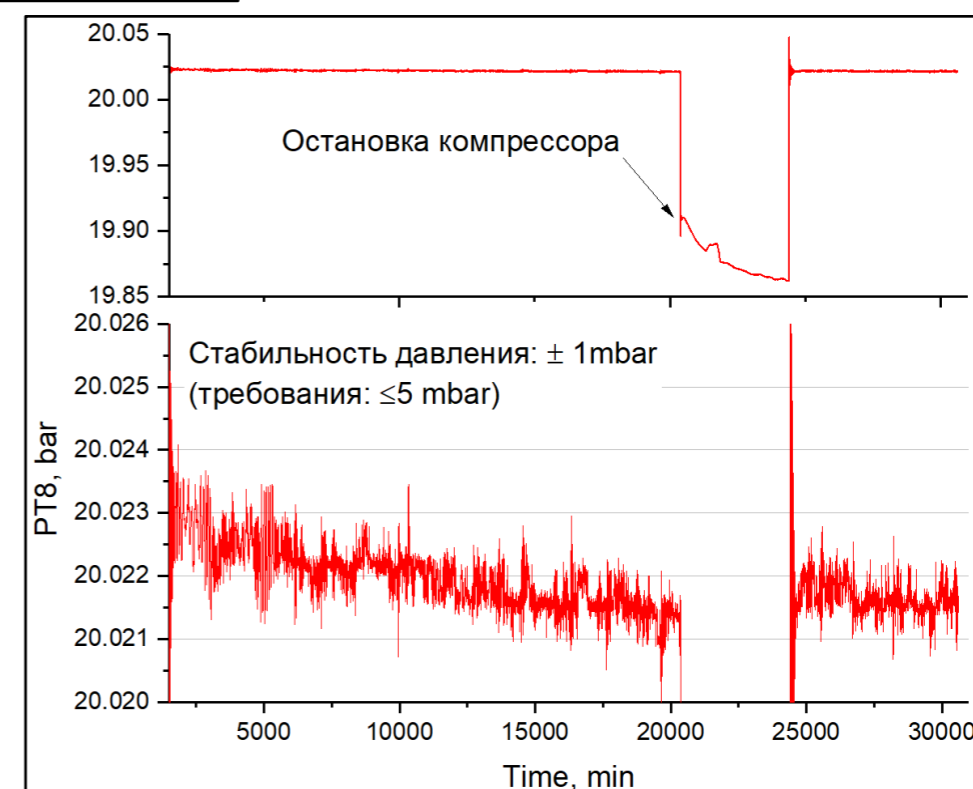
## Анализ данных 2023 показал:

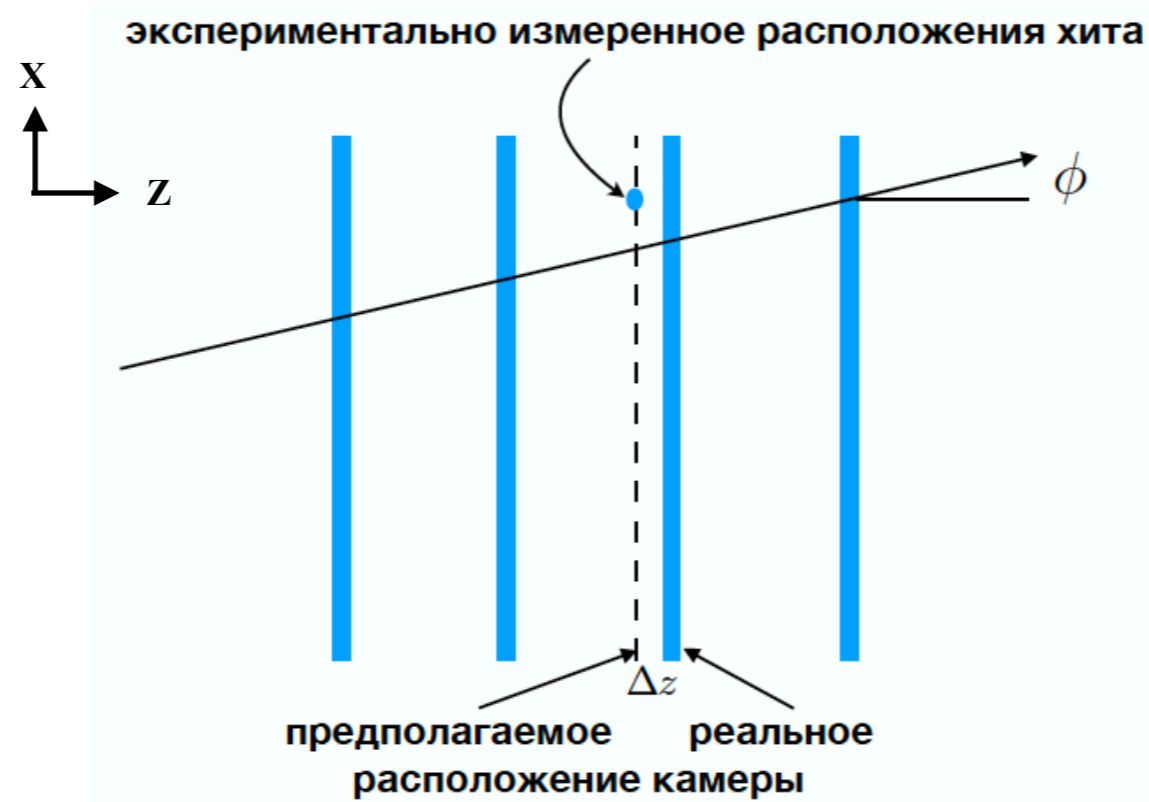
при длительной работе нестабильность газовой смеси,  
увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  и уменьшение  $\text{CH}_4$  - в видимых количествах



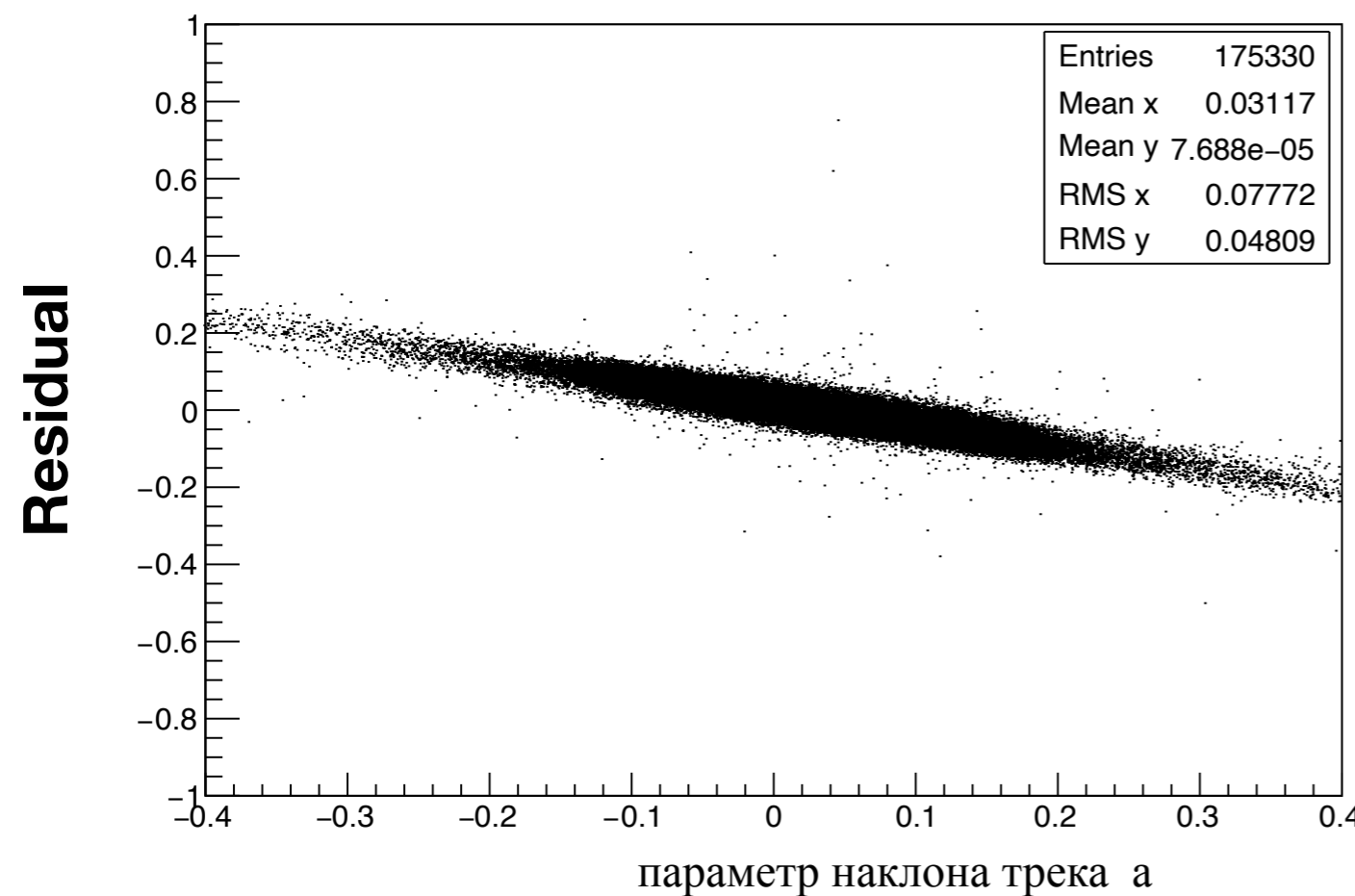
## В 2024 году :

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





без выстройки камер



после выстройки камер

