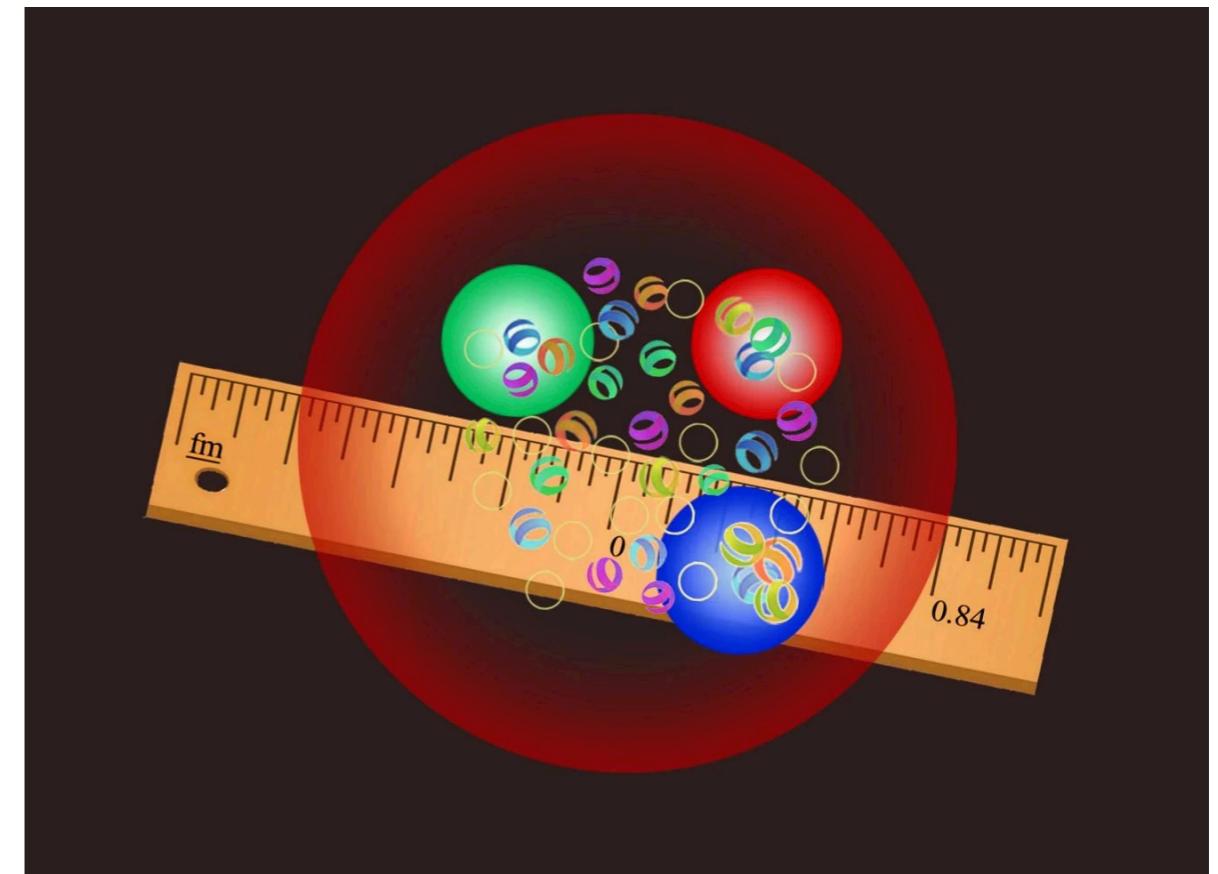




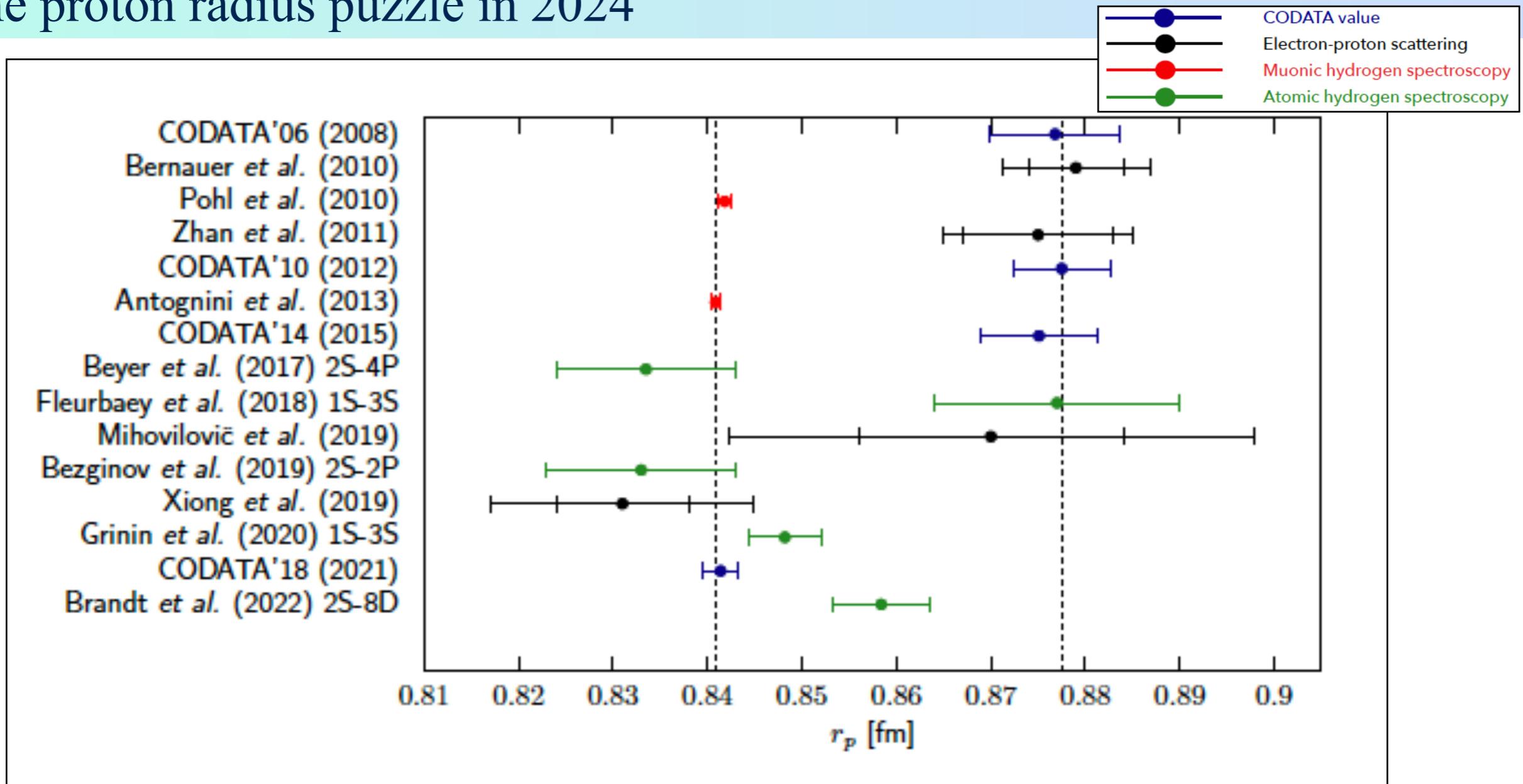
Прецизионное измерение зарядового радиуса протона в эксперименте
по упругому рассеянию электрона на протоне

Эксперимент ПРОТОН

П. Кравченко



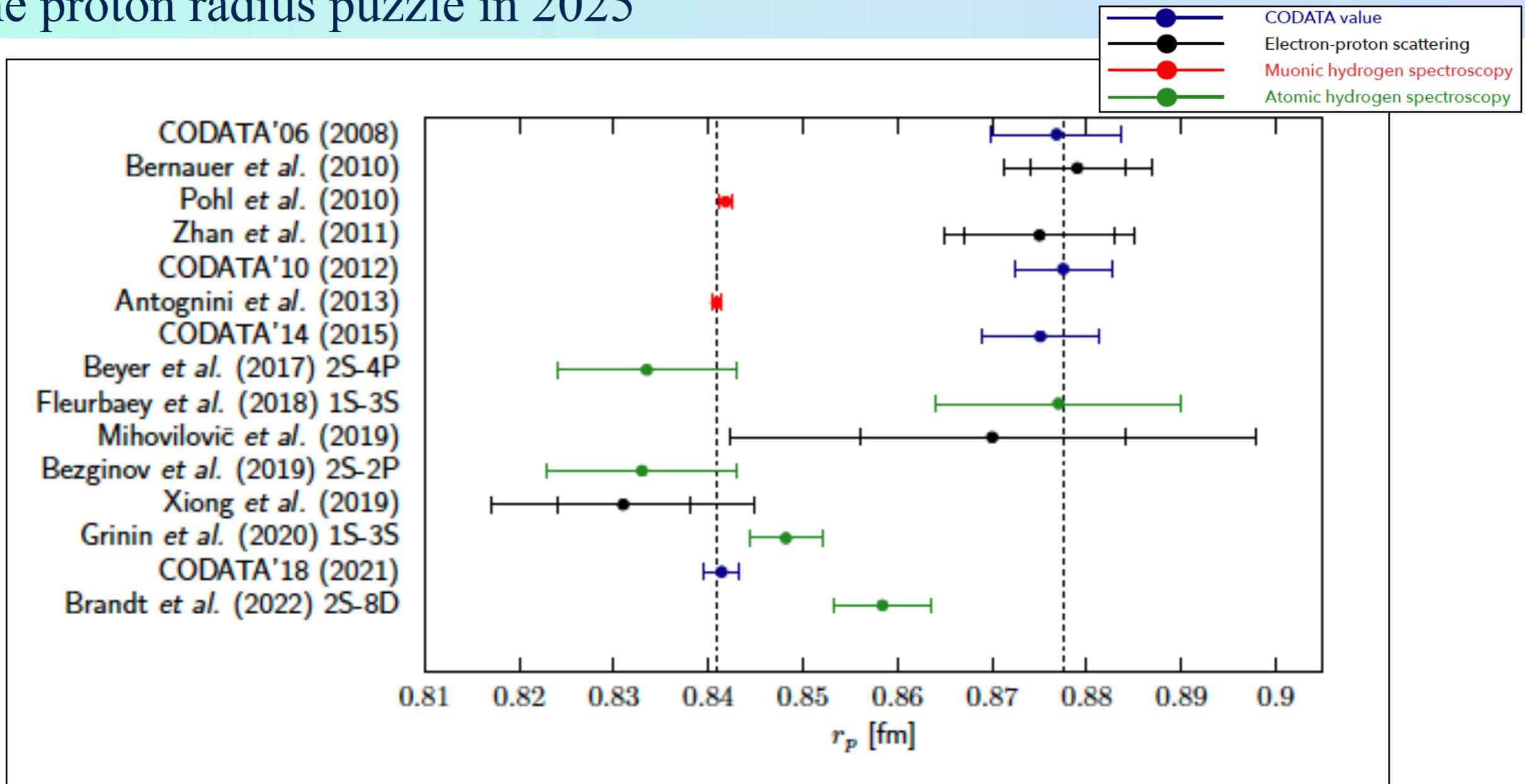
The proton radius puzzle in 2024



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. Lumpay *et al.*

arXiv:2501.11195v1

"координированный подход"

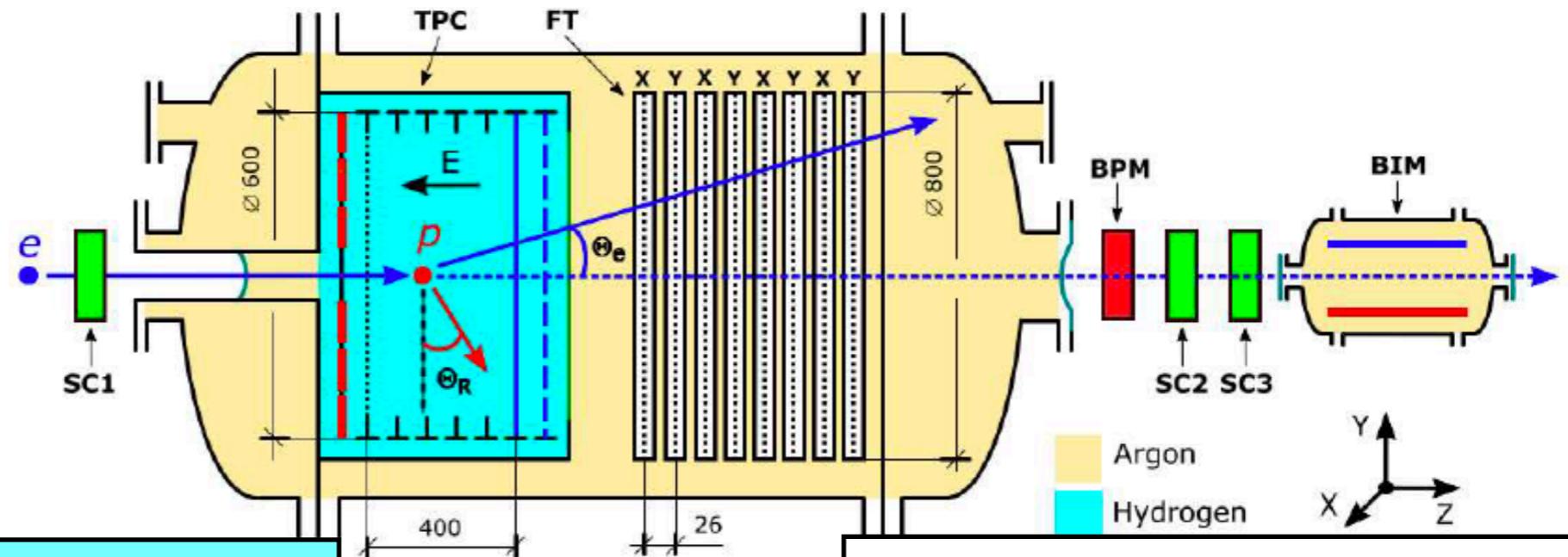
AMBER (proj)
 MUSE (proj)
 Prad-II (proj)
 PRES (proj)

FUTURE EXPERIMENTS

эксперимент ПРОТОН
 (идея А.А.Воробьева)

Эксперимент Протон. Методика

Прецизионные измерения сечения упругого $e p$ - 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):

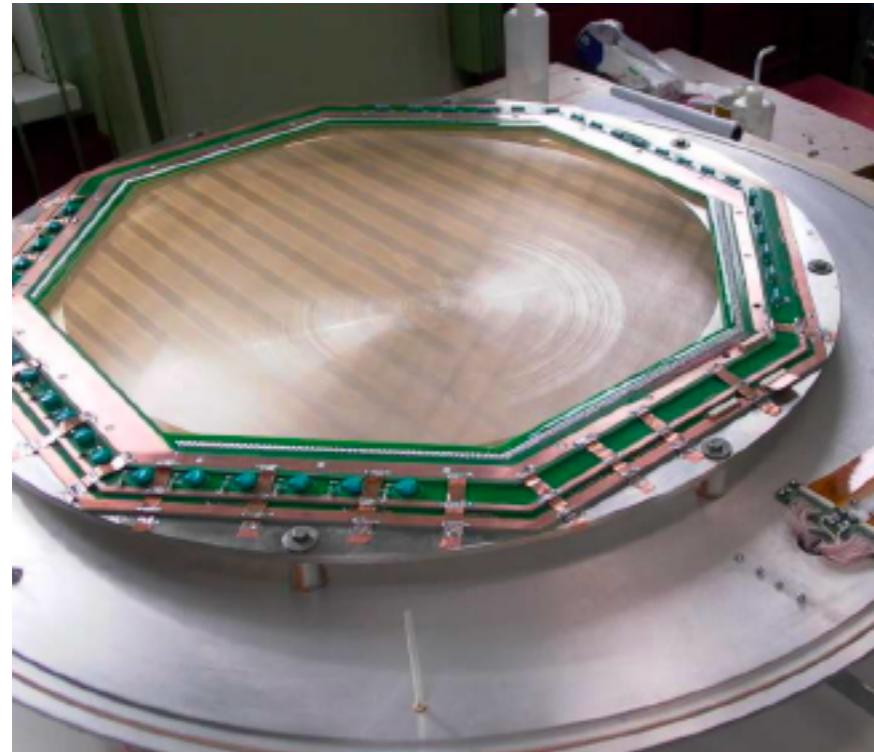
8 МПК с катодным съемом информации

- 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.

Тестовые сеансы 2023-25 годов



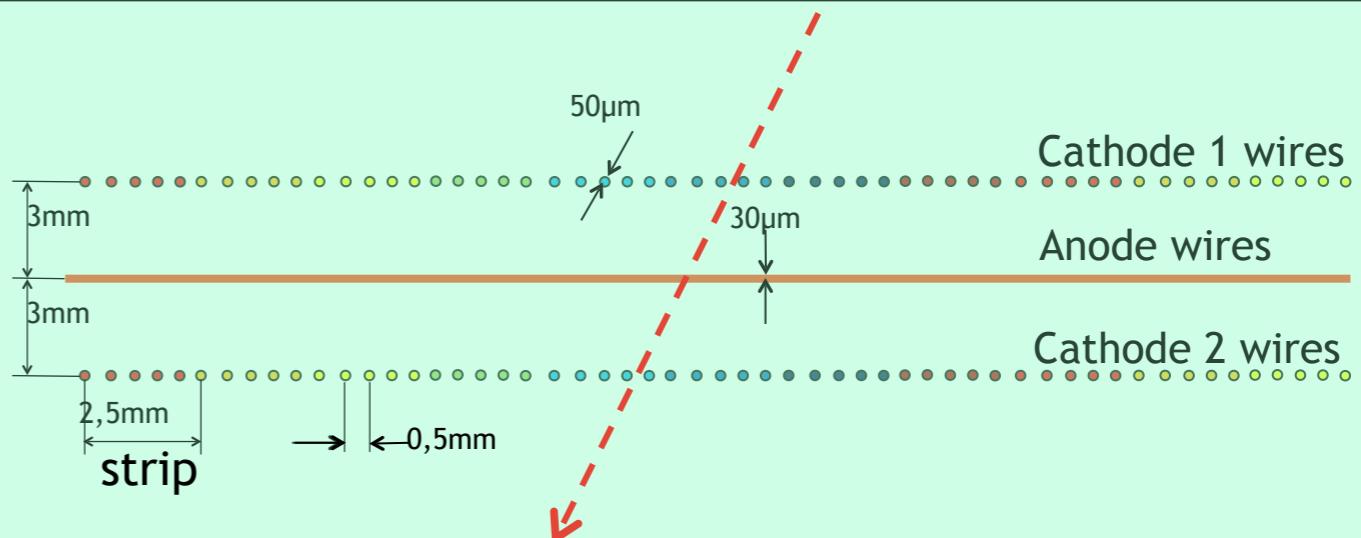
В 2022 году была собрана первая тестовая сборка.

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

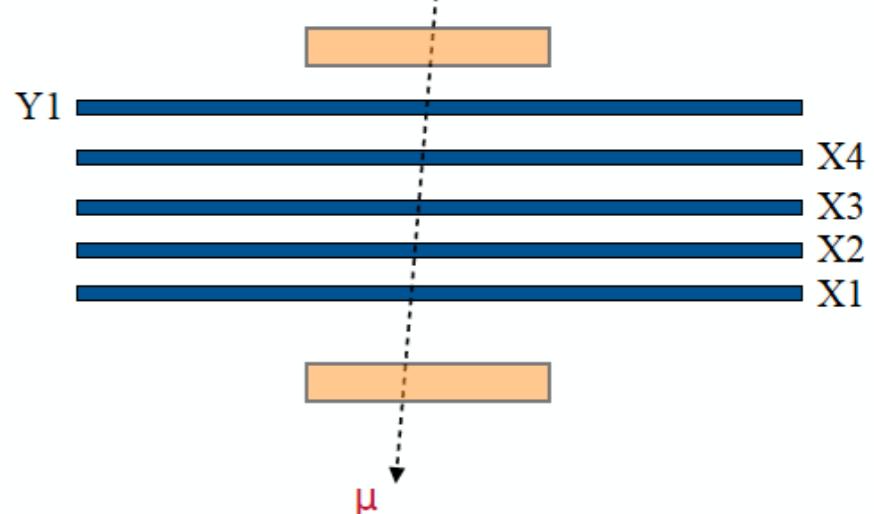
Разработка камер: Б.В.Бочин, Г.Е.Гаврилов, С.М.Микиртычьянц

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



- 3 тестовых сеанса
- 96%Ar+4%CH₄ P=1, 20 bar
- Cosmic trigger
- 5 пропорциональных камер: 4 X+1Y





Анализ данных

Анализ данных 2023 года показал:

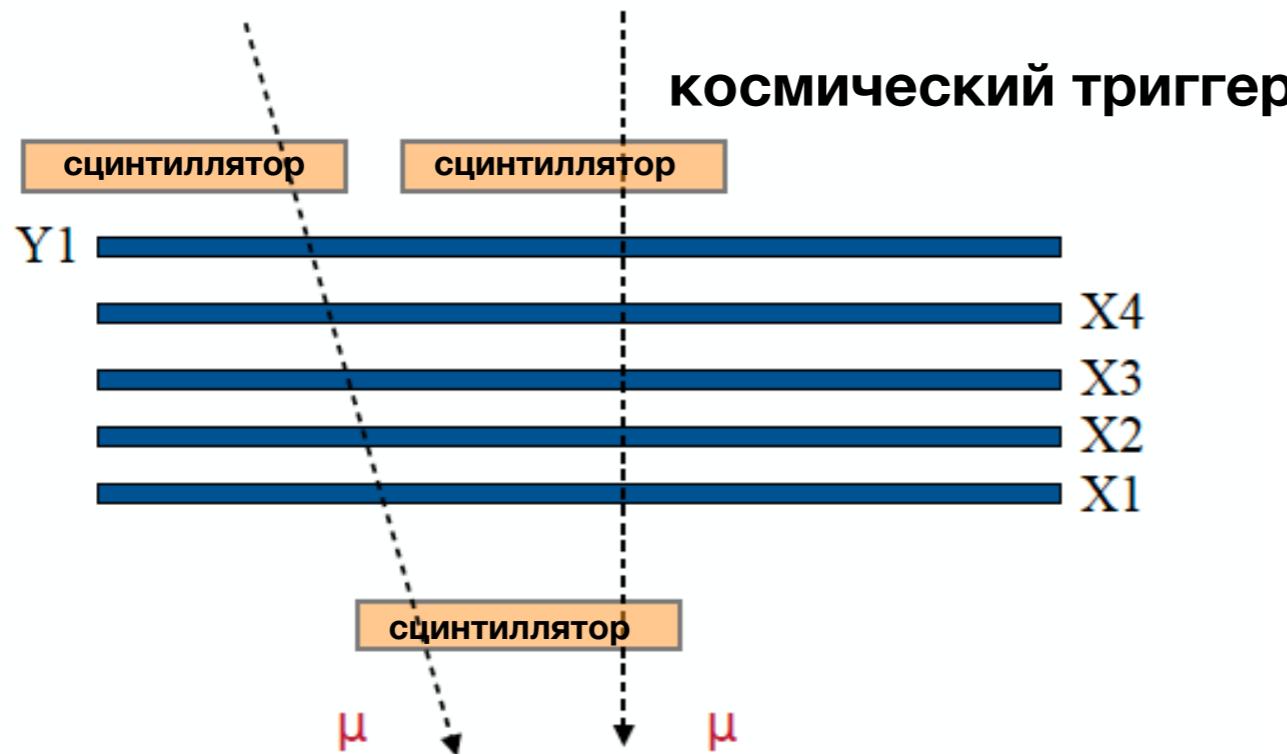
зависимость разрешения от угла частицы

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

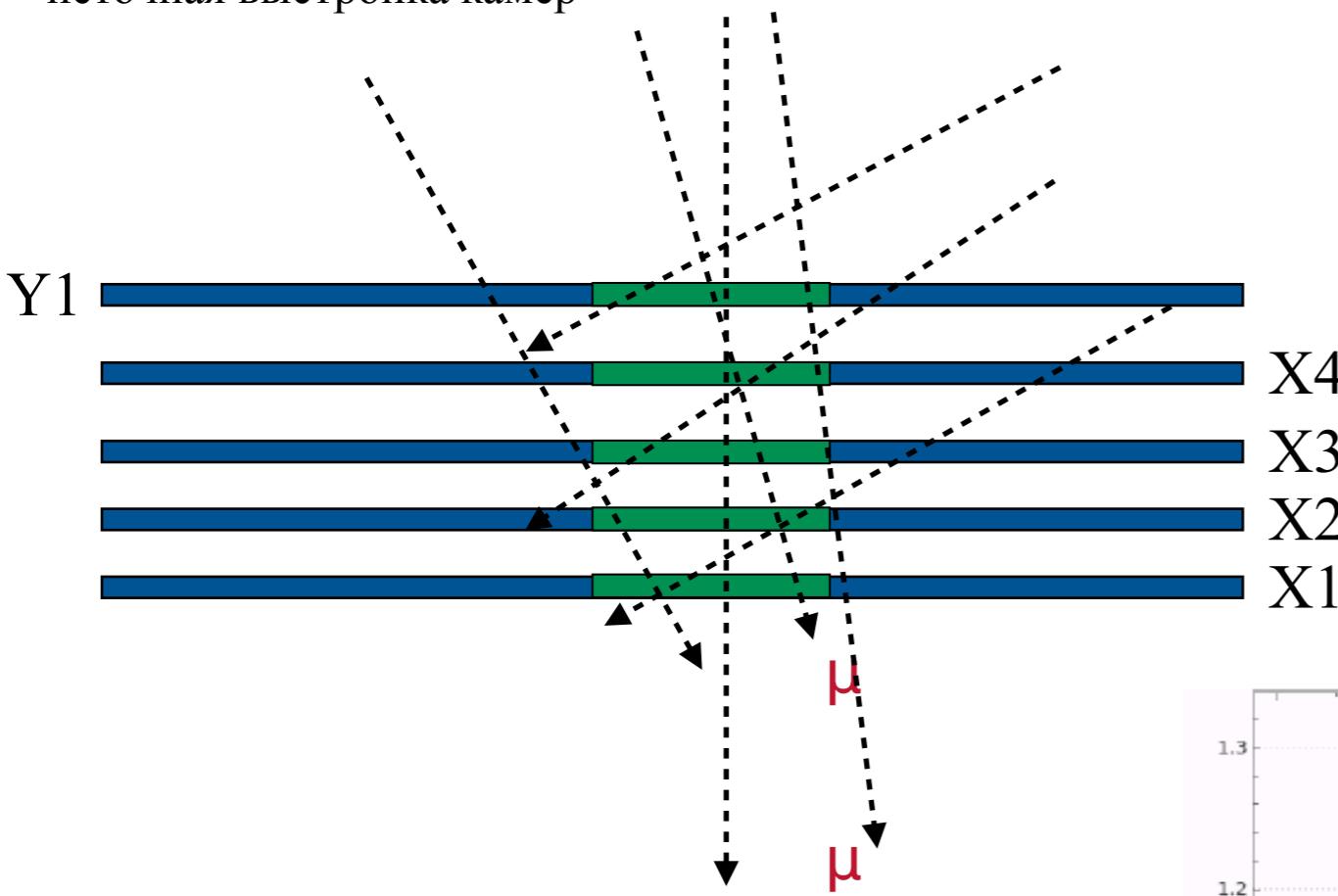
Анализ данных 2023 года показал:

зависимость разрешения от угла частицы

дополнительная проверка областей камеры с проволочками переменной длины

неточная выстройка камер

Участники тестовых сеансов
 В. Фотьев, П. Кравцов, Н. Грузинский,
 Г. Гаврилов, В. Ганжа



В 2024 году :

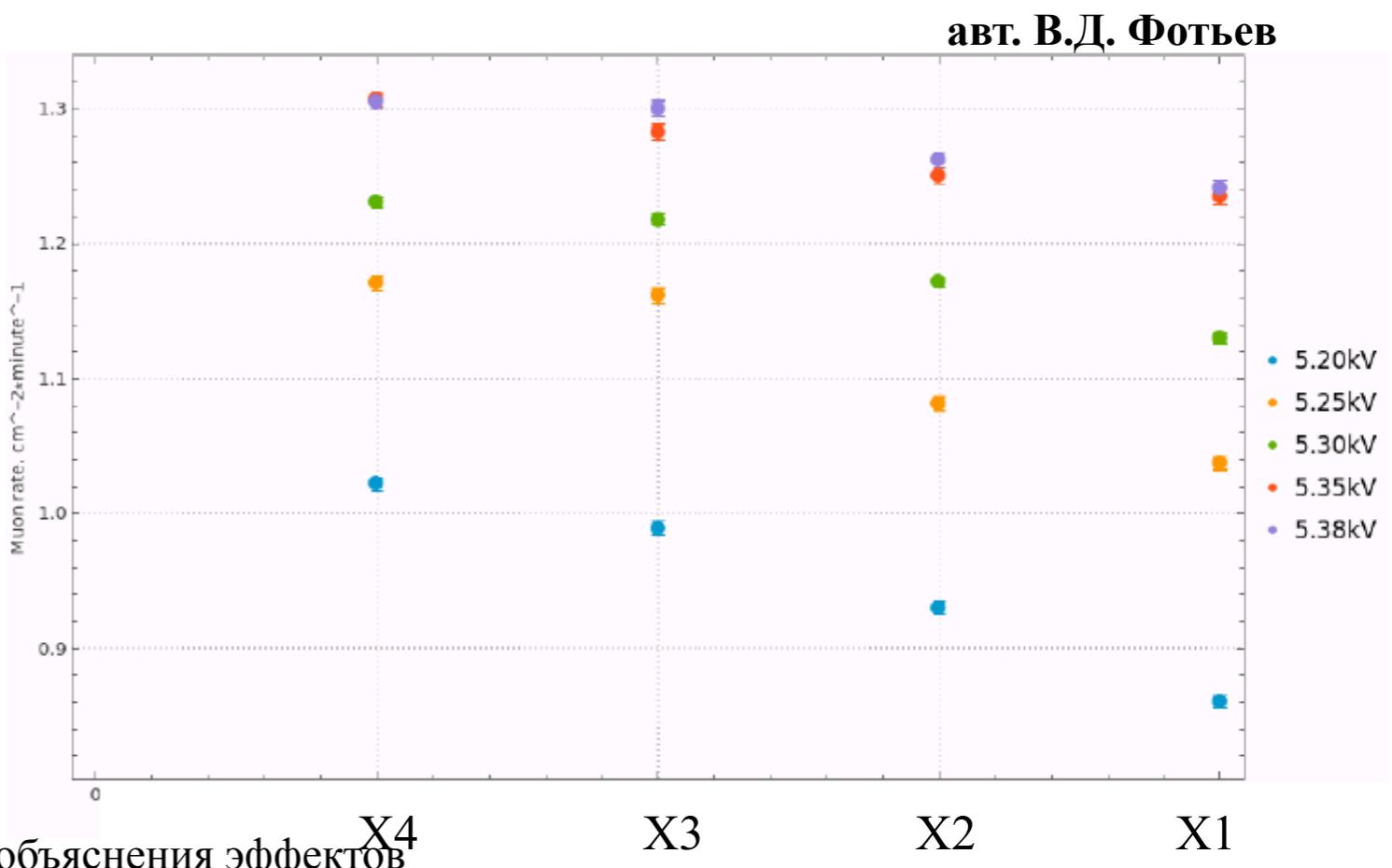
- цель сеанса - получить индивидуальную эффективность регистрации
- измерялся поток космических мюонов на единицу площади в единицу времени
- без триггера
- скан по HV

В следующем году:

- МС моделирование трековой системы для объяснения эффектов

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

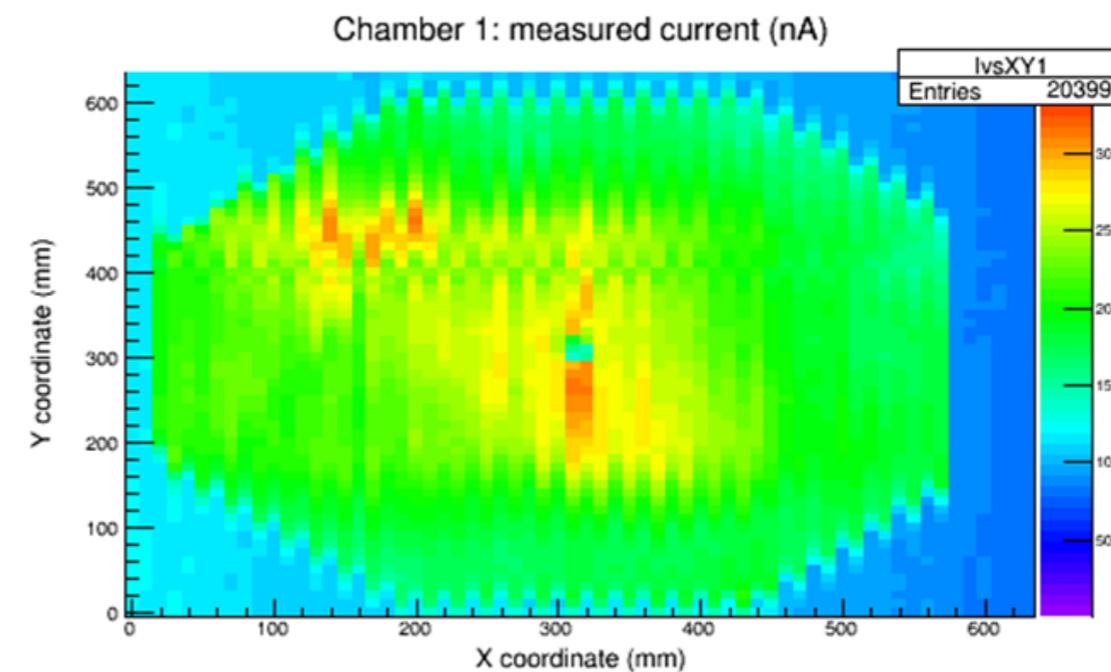
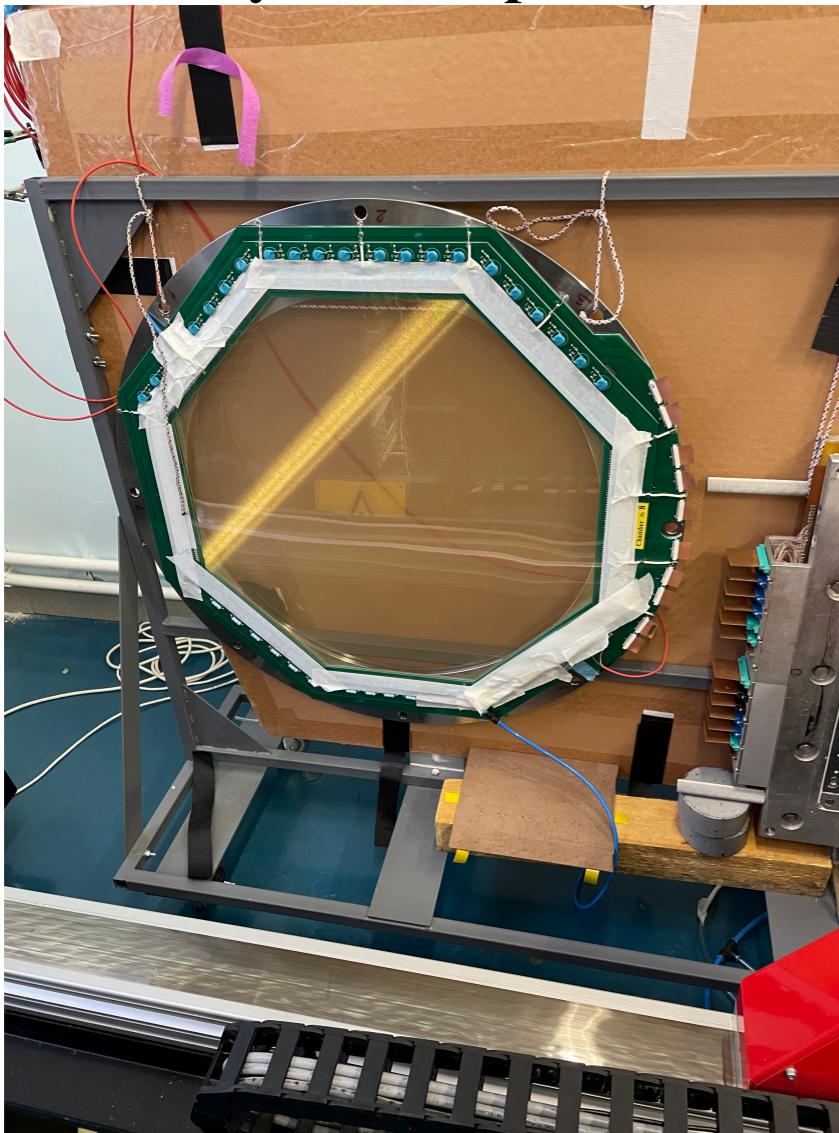




Изготовление комплекта многопроволочных камер

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 :

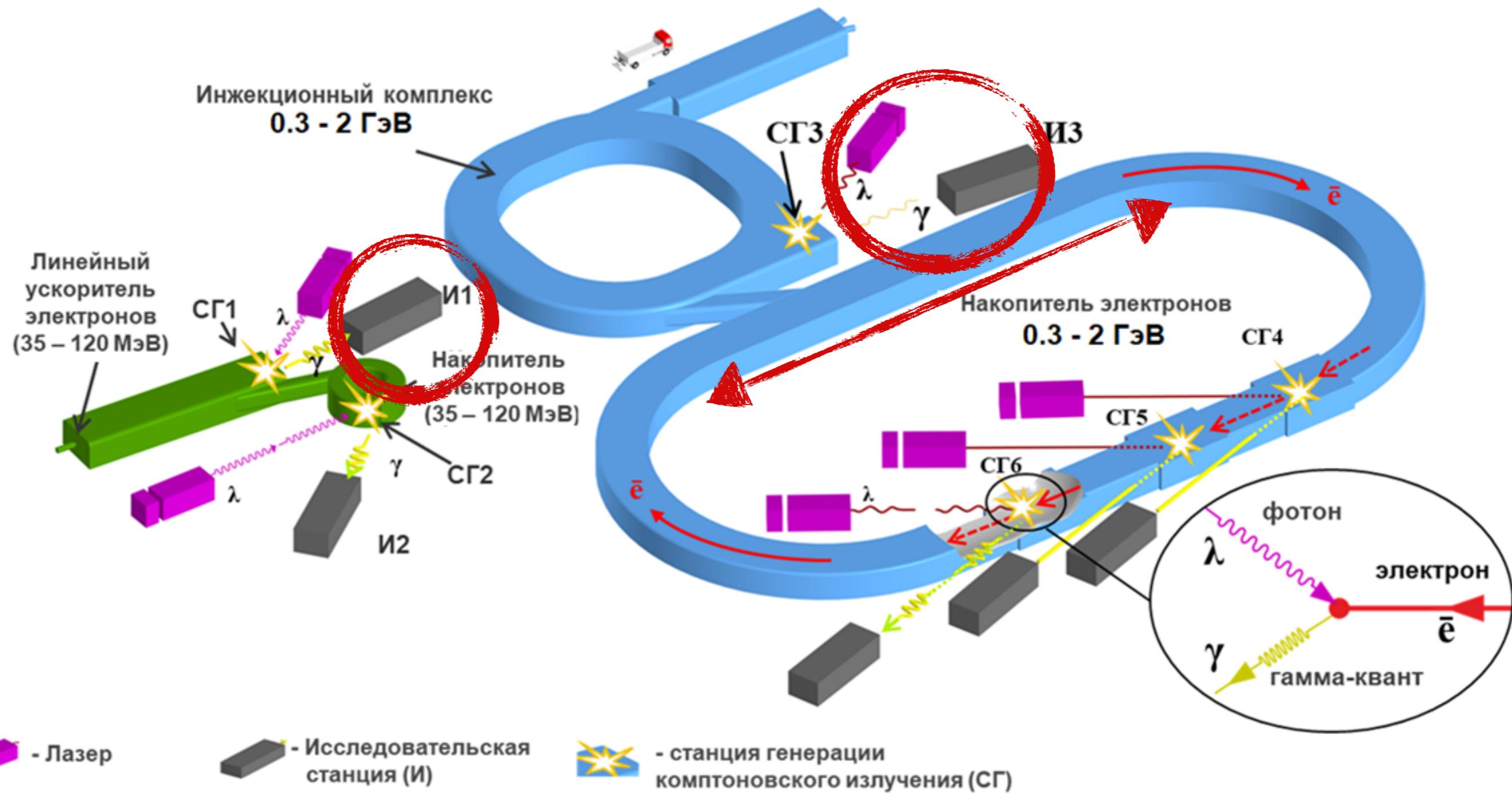
- намотка проволоки, склейка, тестирование
- изготовление электроники



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

Сотрудничество с ИКИ НЦФМ



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 широких спектр задач на электронных пучках

75th 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:

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



Спасибо за внимание!





Дополнительные слайды

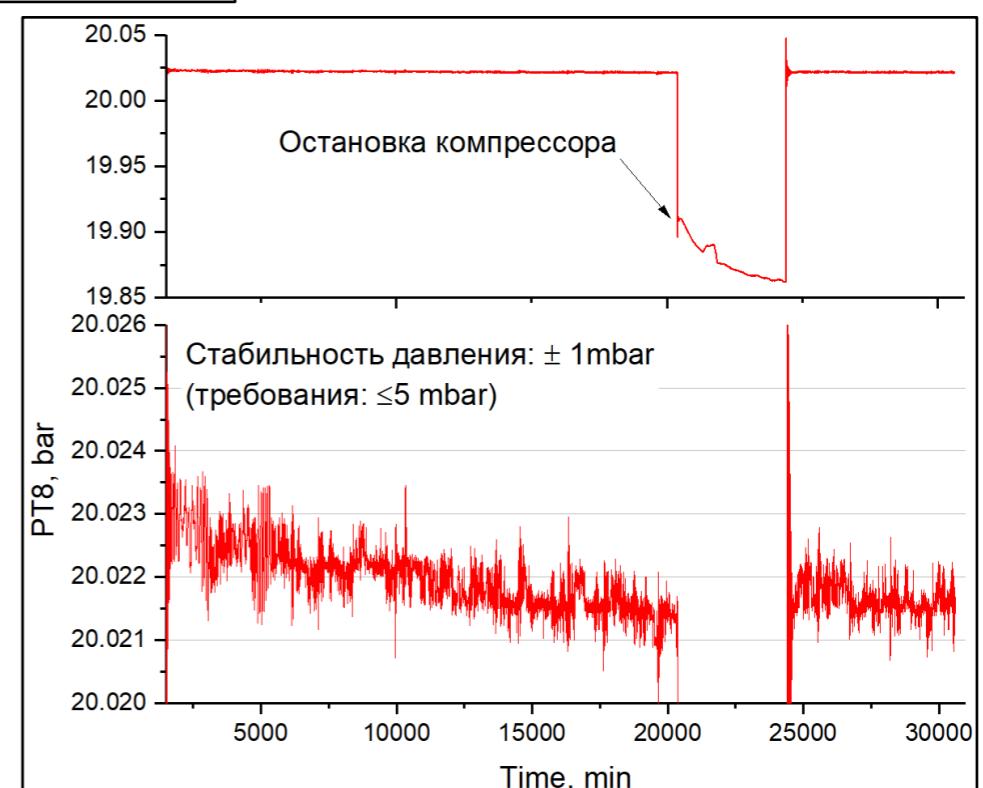
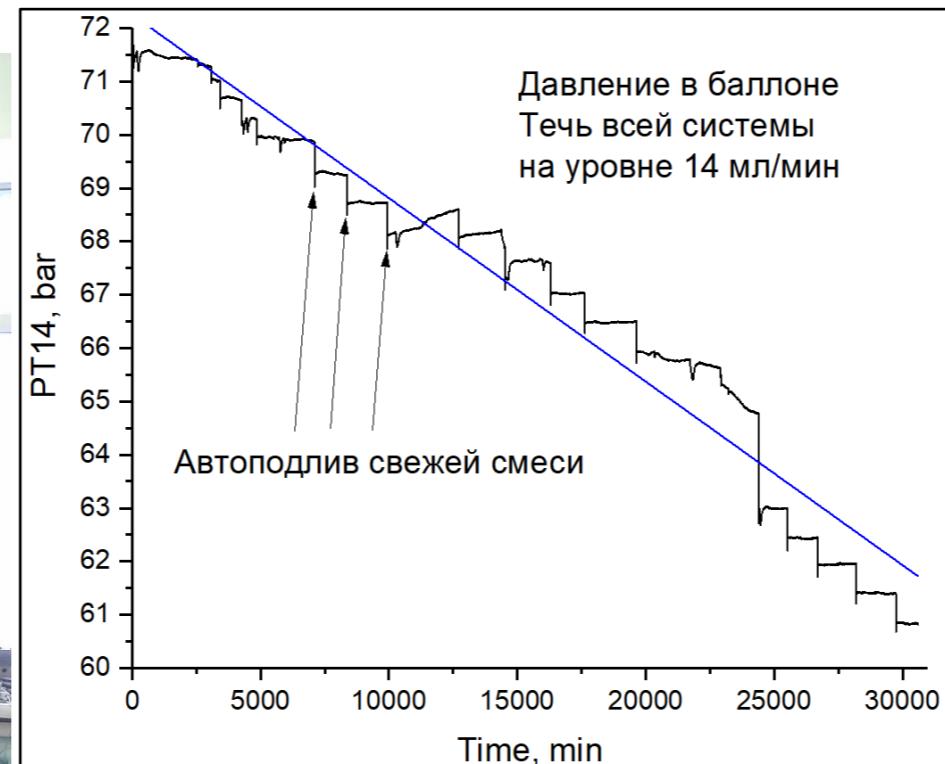


Выполненные работы 2024 года. Газовая система

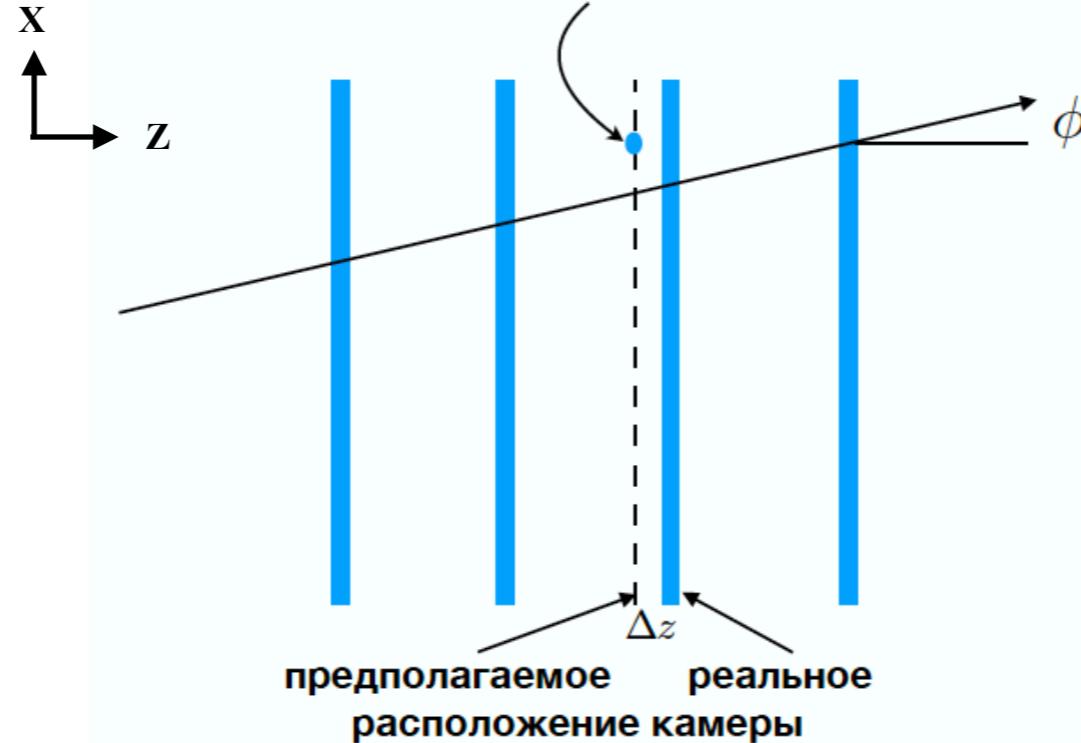
Ганжа В. А.
Коченда Л.М.
Кравцов П.А.

Анализ данных 2023 показал:

при длительной работе нестабильность газовой смеси,
увеличение концентрации CO₂ и уменьшение CH₄ - в видимых количествах

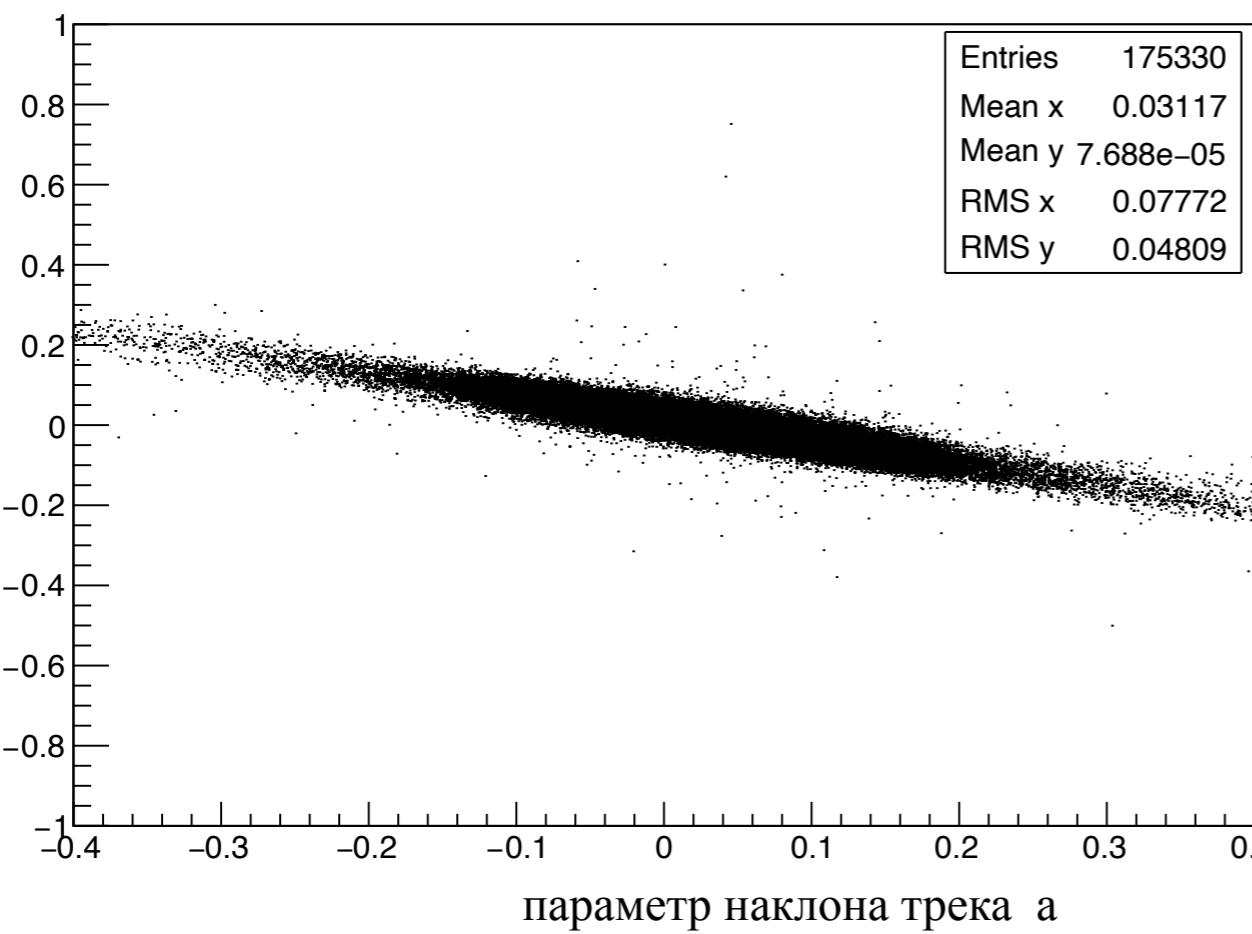


экспериментально измеренное расположение хита



без выстройки камер

Residual



после выстройки камер

