

Отдел Детекторов Излучений ОФВЭ ПИЯФ

Зимняя Сессия УС ОФВЭ ПИЯФ

25.12.2025

Олег Маев



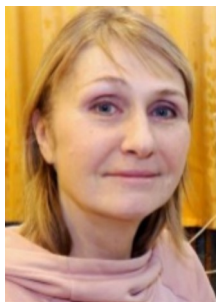
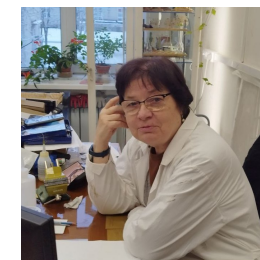


Состав ОДИ

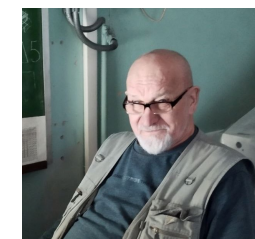
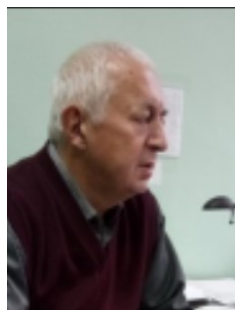


12 сотрудников и 2-е по совместительству:

- **Ведущий научный сотрудник - 1**
- **Старший научный сотрудник - 1**
- **Ведущий инженер – 7**
- **Инженер 1-й категории - 1**
- **Техник 1-й категории - 1**
- **Монтажник РА 6-ого разряда -1**
- **Токарь 6-ого разряда - 1**
- **Старший лаборант (студент) – 1**



Средний возраст в ОДИ - 68 лет!
6 сотрудников старше 75 лет!



Основные направления

На данный момент все проекты связанные с международным сотрудничеством, что и было основным направлением деятельности отдела в последние десятилетия, свёрнуты.

На сегодняшний момент:

Создание установок для работ на СЦ-1000 в Гатчине и для других российских научных центров, в том числе и находящихся в стадии строительства.

Отдельное направление – детекторы нейтронов для ПИК

Ключевые направления – трековые детекторы (пропорциональные и дрейфовые камеры) и активные мишени (ионизационные камеры)

- Проекты «КОМПТОН», «ПРОТОН», «СПАСЧАРМ», активные мишени, проекты на ПИК и др.

Проекты на СЦ-1000

Изучение упругого и неупругого рассеяния протонов на лёгких ядрах с помощью активной мишени (типа ИКАР).
Доклад Дзюбы А.А.

Автор идеи эксперимента и проработка конструкции активной мишени – Маев Е.М.



Активная мишень полностью создана в ПИЯФ

Конструкторы:
Ганжа Г.А, Леонова Е.Н., Федорова О.П.

Новый корпус: сделан в ЦЭО

Анод:

**Кудин Л.Г., Чернышова Е.А,
Хрисанова Л.И., Шабанов Г.Д.**

Сетка:

Филимонова Н.Н., Парченко И.Н.

Механические работы и сборка:

Граник А.Г., Гуменюк В.А.

Распайка и монтажная часть:

Борисова О.В.

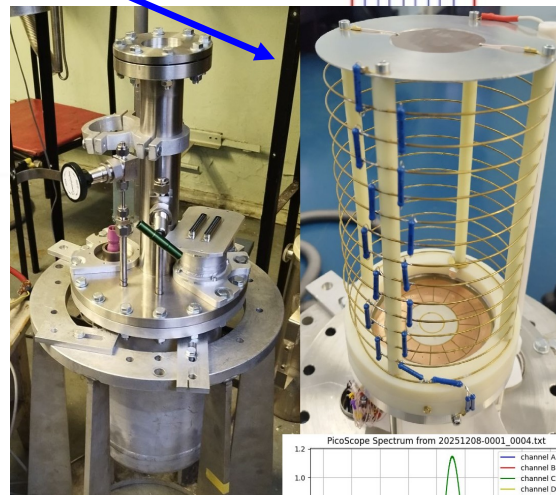
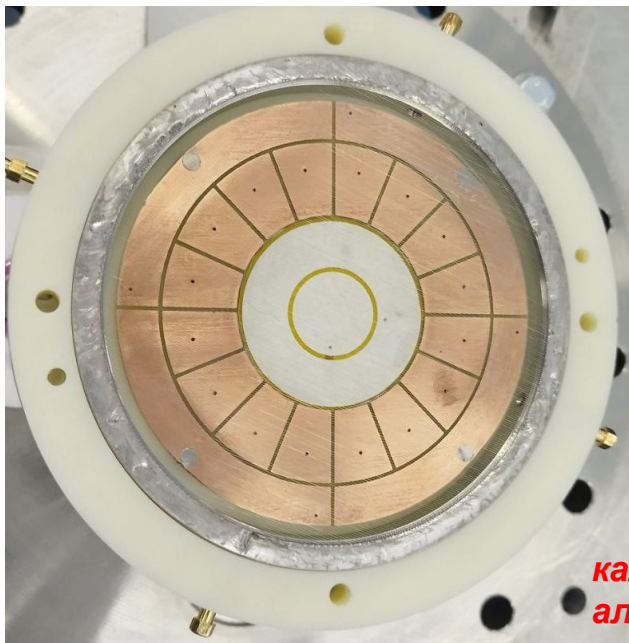
Электроника:

Иванов В.В., Грузинский Н.В.

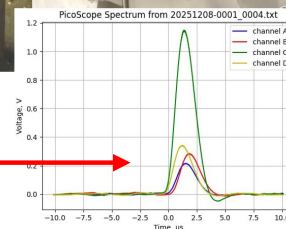
**FADC – разработка Неустроева П.В.
для проекта «ПРОТОН»**

Химики: Ганжа В.А., Сорока М.А.

Проверка на вакуум: Коченда Л.М.



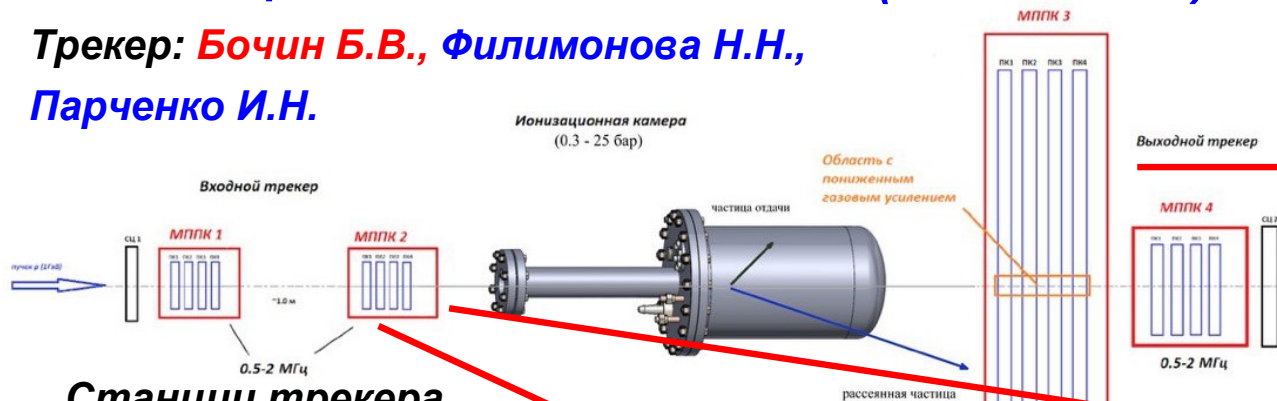
**калибровочный
альфа источник.**



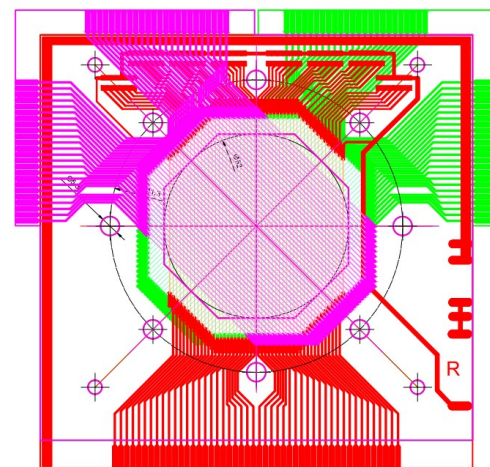
Проекты на СЦ-1000

Изучение упругого и неупругого рассеяния протонов на лёгких ядрах с помощью активной мишени (типа ИКАР).

Трекер: **Бочин Б.В.**, **Филимонова Н.Н.**,
Парченко И.Н.



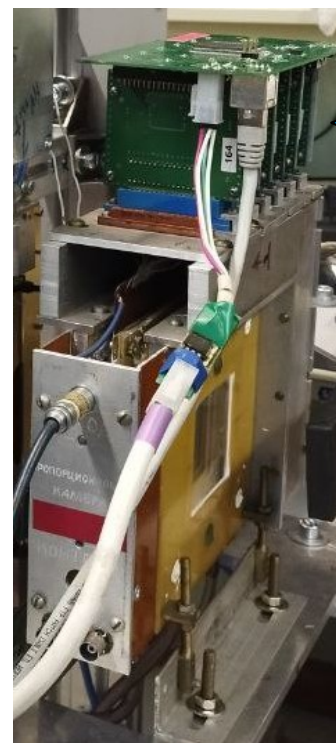
Станции трекера входного и выходного пучка на базе пропорциональных камер:
Задача - добиться пространственного разрешения лучше чем 50мкм, при загрузке на канал ~1МГц
Станция представляет собой 4 последовательные многопроводные камеры ХУ, со съёмом сигналов как с катодов так и с анодов. Шаг между проволочками 1мм, в последовательных камерах смещение на полшага и поворот в плоскости ХУ.



В данный момент изготавливается прототип камеры (в стадии намотки проволоки)

Расчёты в Гарфильде: здесь и везде по ПК ведут Гаврилов Г.Е. и Карпухина П.И.

Для первого выхода на пучок (**весной**) мы планируем воспользоваться камерами 50x50, 200x200 и 400x400, оснащёнными электроникой CROS-3, изготовленными для установок МАП, НЕС и др. в прошлом **Миклухо О.В.**



Параллельно ведётся активная работа с **ОРЭ** по разработке считывающей электроники. В первую очередь создание предусилителей-дискриминаторов как для катодного, так и для анодного сигнала.
Тестовый стенд: Фетисов А.А., Чубыкин А.Д.

Проекты на СЦ-1000

Исследование нарушения изотопической инвариантности в процессах перезарядки π -мезонов и образования η -мезонов.

доклад Новинского Д.В.

Андреев В.А., Филимонова Н.Н.,
Парченко И.Н., Фетисов А.А.

3 камеры ХУ, размером 200х200
вышли из строя на пи-канале:

- шаг между проволочками:

две камеры – 1мм

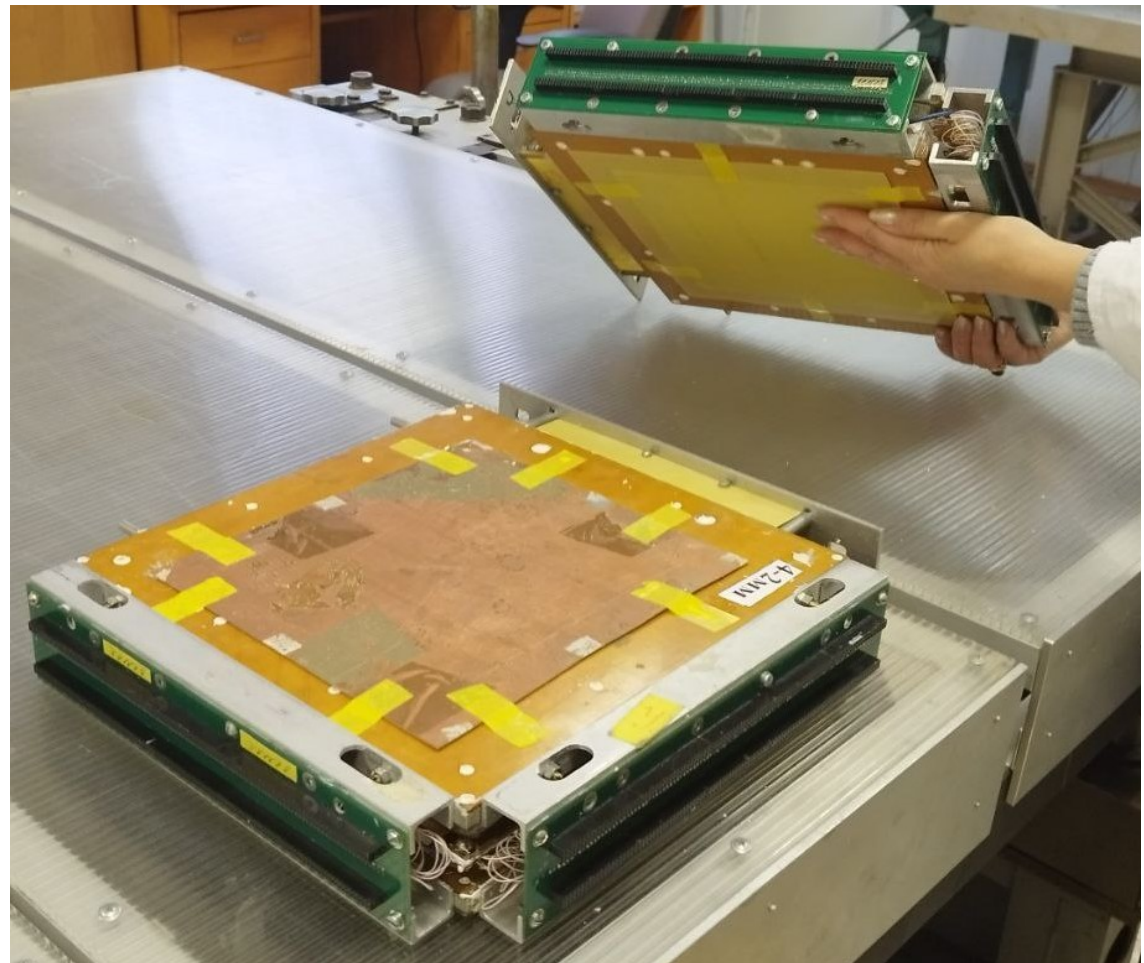
одна камера – 2мм

- зазор анод-катод – 3мм

- продуваются магической
смесью – аргон/изобутан/фреон
 $\text{Ar}(74.5\%)/\text{C}_4\text{H}_{10}(25\%)/\text{CF}_3\text{Br}(0.5\%)$

На данный момент, камеры
перебраны, повреждённые
анодные плоскости
заменяли/отремонтировали.
Камеры находятся в стадии
проверки.

*Такие же камеры используются в
детекторе СПАСЧАРМ (Протвино)*

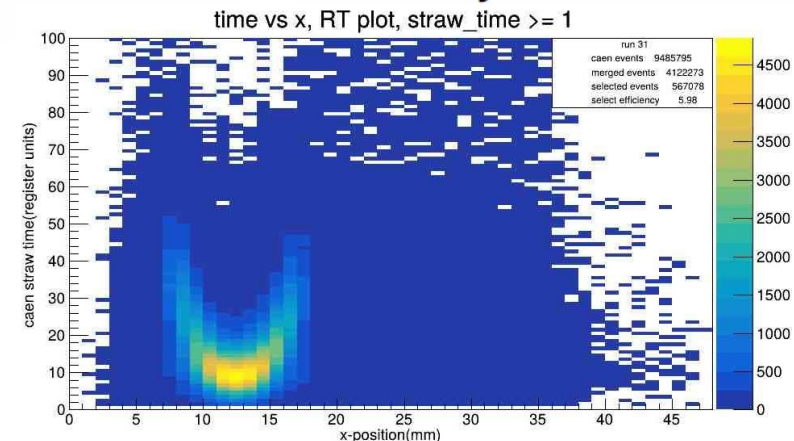
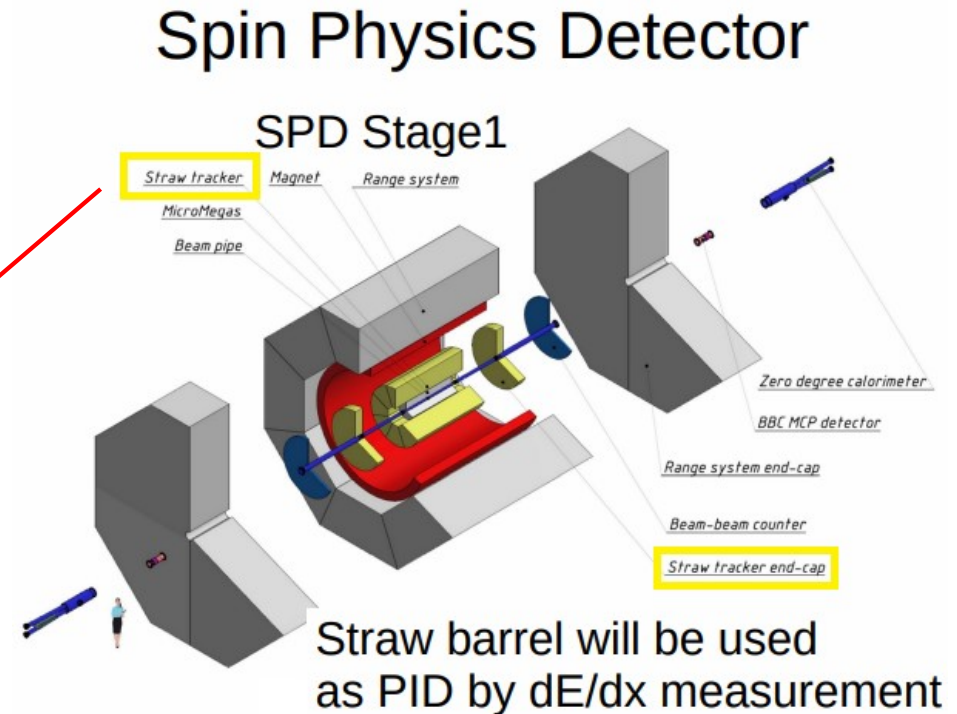
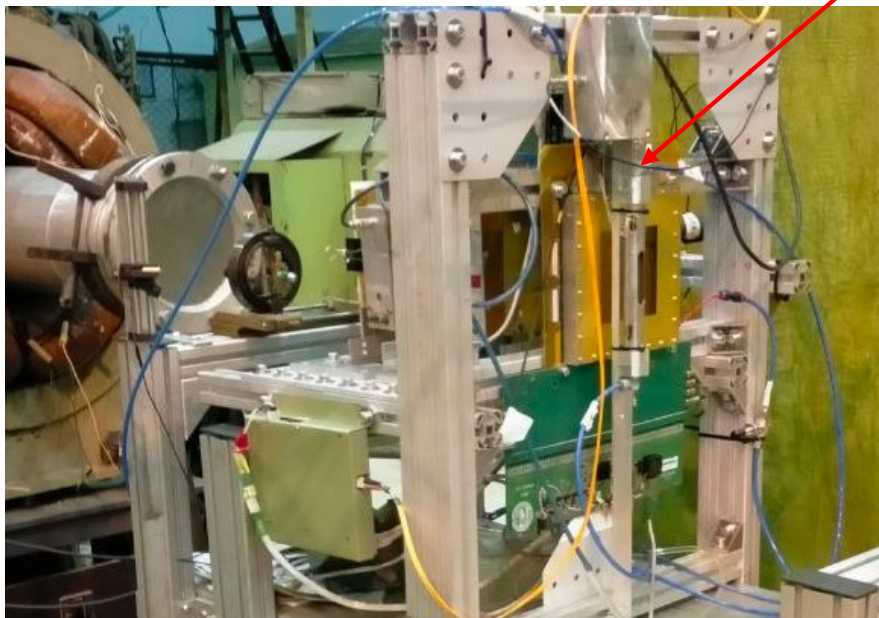


Проекты на СЦ-1000

*Тест дрейфовой трубки на протонах для трекера SPD-детектора
(коллайдер NICA, Дубна)*

Доклады Кума В.Т. и Соснова Д.И.

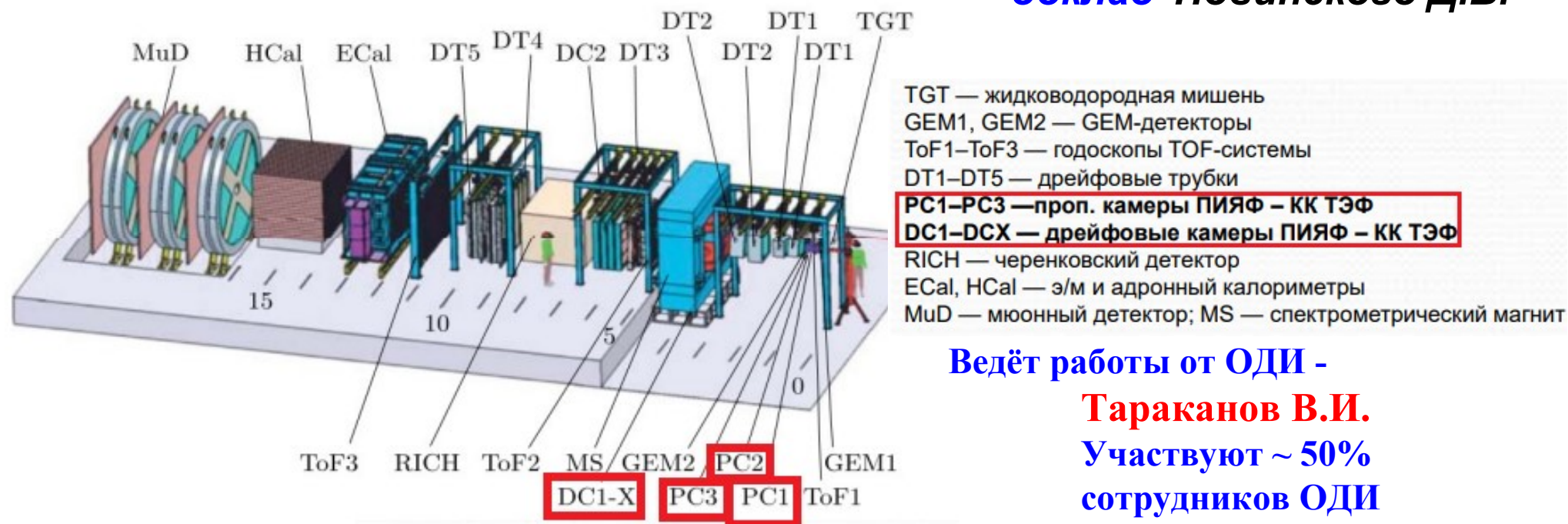
Коллектив ОДИ принимал активное участие в подготовке и проведении первого тестового сеанса на пучке СЦ-1000 (РЗ) в октябре, необходимого для экспериментальной проверки (измерение dE/dx при разных энергиях) дрейфовых трубок для трекера SPD детектора на NICA



Сотрудничество с Протвино

СПАСЧАРМ – (СПиновые АСимметрии в образовании ЧАРМония) – исследование спиновой структуры нуклона и спиновой зависимости сильного взаимодействия антивещества и вещества с материей при энергиях до 45 ГэВ

доклад Новинского Д.В.



4 ДК (2400x1400мм) были разработаны и созданы в 2014г. для эксперимента ЭПЕКУР (ПИЯФ-ИТЭФ) и хранились в ПИЯФ до аварии на ускорителе в 2021. Затем было принято использовать их в СПАСЧАРМ (ИФВЭ).

К сожалению, при проверке выяснилось, что в камерах сильно провисли проволоки.

Потребовалась полная переборка камер с полной заменой проволок.

Разумеется, с учётом данного опыта, были внесены поправки в конструкцию ДК и технологический процесс. Фактически это новые камеры.

Сотрудничество с Протвино

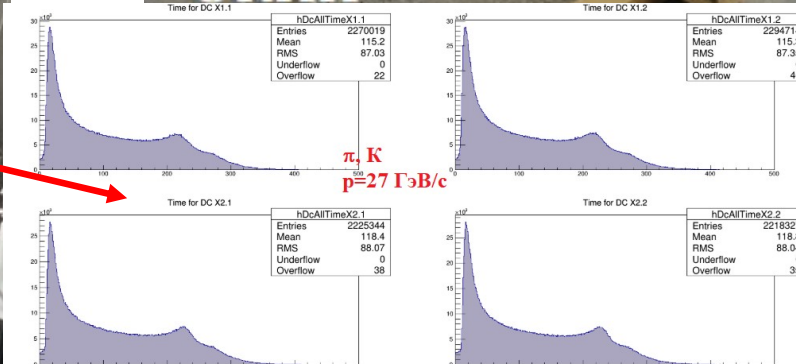
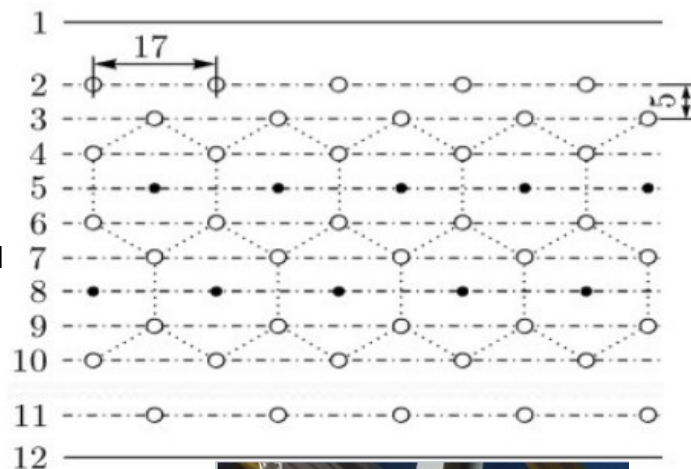
Создание дрейфовых камер 1400x2400мм (4шт. - 3шт. X и одна Y) для эксперимента СПАСЧАРМ доклад Козленко Н.И.

Фрагмент структуры ДК:
1и12 – окна из майлара,
2 и 11 – охранные
проволочки 100мкм БрБ2,
5 и 8 – анодные проволочки
30мкм W(Au),
3-4, 6-7, 9-10 – катодные
проволочки из БрБ2
(полевые) 100мкм
Временное разрешение на
канал ~2нс (533 МГц)

Гексагональная структура дрейфовых ячеек
газовая смесь Ar(70%)/CO2(30%)

Бим-киллер по оси пучка:
гальваническое наращивание золота на
30мкм проволочках в области пучка до
Ø100мкм (М.А.Сорока, В.А.Ганжа)

Две камеры (X) полностью собраны,
проверены в ПИЯФ на токи и
эффективность, доставлены в Протвино,
установлены и работают в детекторе.
Одна (X) собрана и находится в стадии
тренировки от темновых токов в ПИЯФ



Сотрудничество с Протвино

Создание камер 200x200мм (8шт.) для экспериментов СПАСЧАРМ и ВЕС/ОКА совместно с ЛАФ ведёт работы Федин О.Л.

Анодные проволоки:

Шаг – 1 мм, Ø 15 мкм

Материал – золоченый W/Re

Натяжение – 30 гр

Катодные проволоки:

Шаг – 0,5 мм, Ø 50 мкм

Материал – нержавеющая сталь

Натяжение – 60 гр.

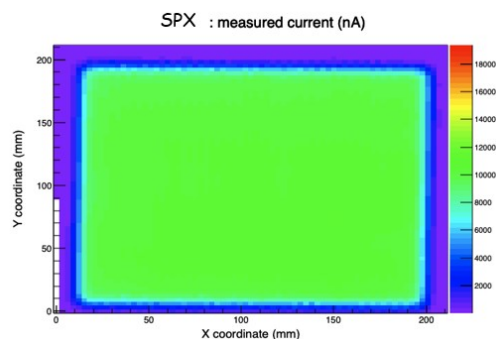
Зазор анод – катод - 2 мм

Объем камеры - ~240 см³

Герметичность камеры по CO₂:

< 0,03% объема/мин

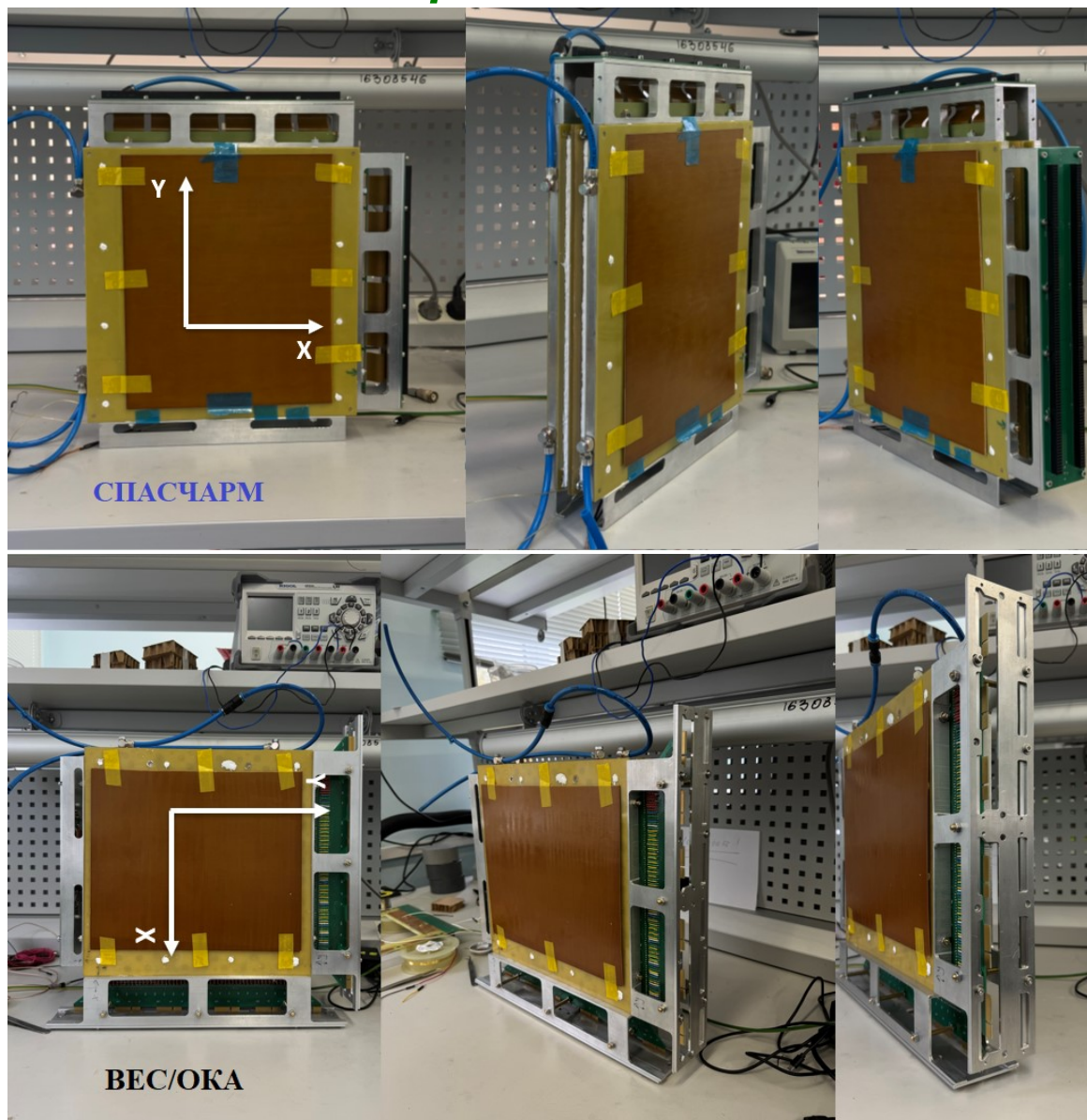
Смесь: Ar + CH₄(4%)



Созданы два прототипа:

Проверены в ПИЯФ на рентгеновском источнике.

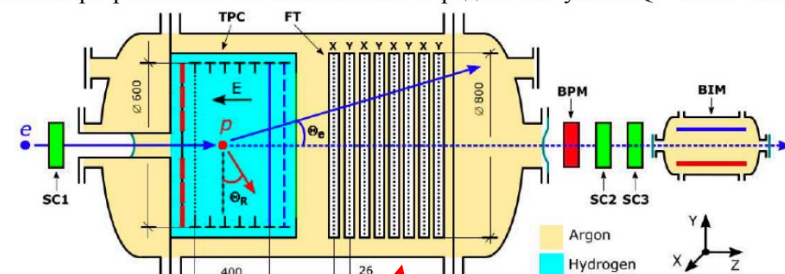
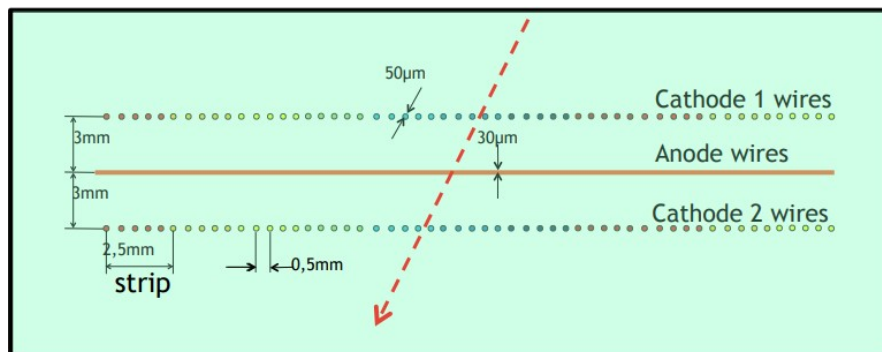
В данный момент тестируются в Протвино



Проект «Протон»

Планировался в Германии (Mainz), рассматривается возможным в России:
Дубна (коллаборация ФЛАП), Саров (ИНОК) доклад **Кравченко П.В.**

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

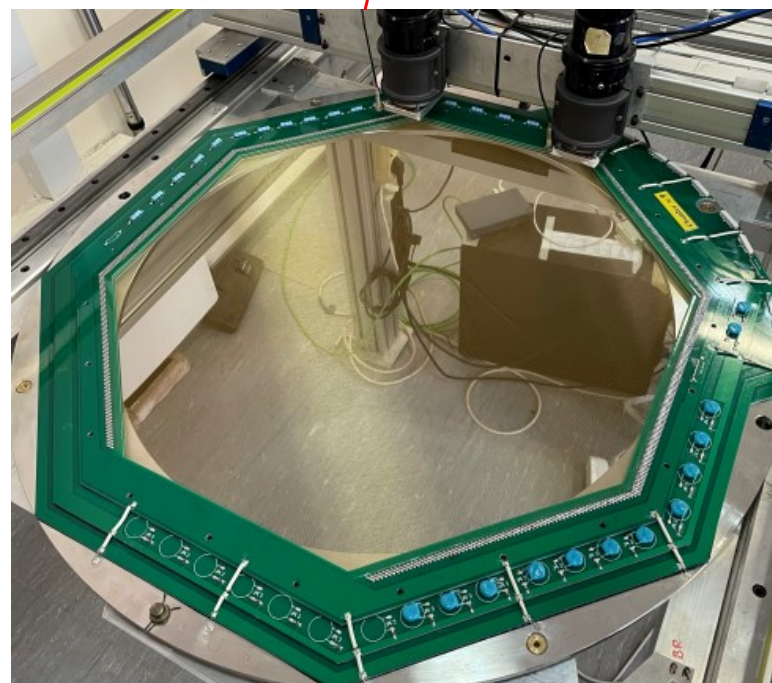


Активная мишень (TPC):
водородная время-проекционная камера высокого давления (20 бар)
○ Главное преимущество:
независимое от энергии e^- определение величины квадрата переданного импульса Q^2
○ Измеряемые параметры:
энергия и угол вылета протона отдачи

Трековая система (FT):
8 МПК с катодным съёмом информации
○ Назначение: восстановление трека рассеянного электрона
○ Измеряемые параметры:
угол рассеянного электрона

В ОДИ изготавливаются ещё 5 камер трекера – **Бочин Б.В.**
На данный момент все рамки получены, производятся механические работы с ними (**Граник А.Г. И Гуменюк В.А.**) и подготовка к намотке проволок (**Гец С.А.**)

Так же, на рентгеновском источнике, силами **ЛАФ**, проводится тренировка сделанных ранее камер.



Детекторы нейтронов

Программа ОДИ для экспериментов на ПИК:

Крившич А.Г., Ильин Д.С.

Статус: на паузе с конца весны

Андреев В.А.

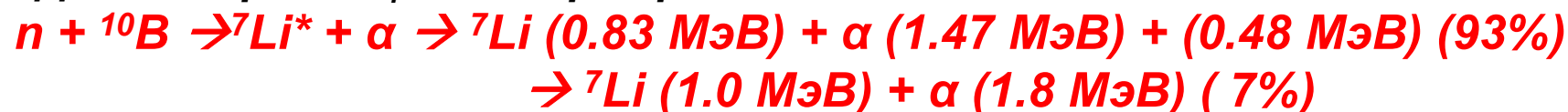
1. Детекторы с газовым конвертером ^3He



- УХН детекторы для измерения времени жизни нейтрона (А.П. Серебров, РК ПИК)
- УХН детекторы установки поиска ЭДМ нейтрона (А.П. Серебров, РК ПИК)

Изотоп	Агрегатное состояние	Сечение реакции, барн(1.8Å)	Длина своб. пробега n (λ_n)	Продукты реакции и их энергии (кэВ)		Приблизительный пробег частиц
^3He	газ	5330	70 мм.атм.	p: 573	T:191	3.8 мм.атм. C_3H_8
^{10}B	тв.	3840	20 мкм	α : 1472	^7Li : 830	3 мкм

2. Детекторы с B_4C -конвертером



В 2023-24гг изготовлены прототипы детекторов с тонкоплёночными конвертерами из ОИЯИ:

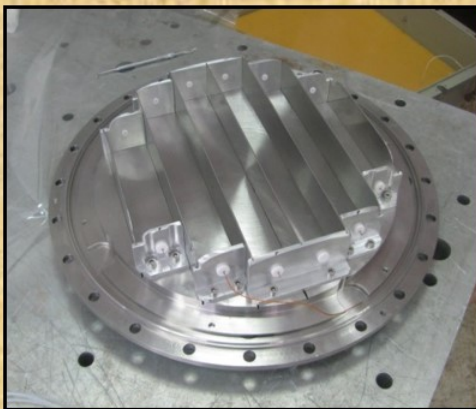
В 2025г изготовлены и испытаны 2 монитора с разной толщиной напыления конвертера.

- Мониторные счетчики для спектрометра SEM (ПИК) (К.Ю. Терентьев, РК ПИК)

Детекторы УХН на ПИК



Общий вид детектора



Детектирующий элемент

Специфика УХН

- УХН $v \leq 8$ м/с, расч. эфф. $\varepsilon \approx 90\%$
- Немагнитные материалы!
- Напыление Ni-58 на катодах
- Окно - Al-фольга 100мкм
- Перепад давления на окне "нейтроновод - детектор" 1 Атм

- $n + {}^3\text{He} \rightarrow p + T + 0.74 \text{ MeV}$

УХН: $v < 8$ м/с

$\sigma(\text{He-3}) \sim 1/v \sim 1.5$ Мбарн

- Парциальное давление He-3

$P(\text{He-3}) \sim 10\text{-}15$ мбар

Eff $\sim 90\text{-}95\%$

- Газовая смесь:

He-3 + Ar + (2% CO₂), н.у., без продува

Три типоразмера детекторов

- ДН-1 (1 + 1 запасной)

2 ячейки: 35 * 70 * 48 мм (ш*дл*в)

Число сч. каналов: 2

- ДН-2 (1 + 1 запасной)

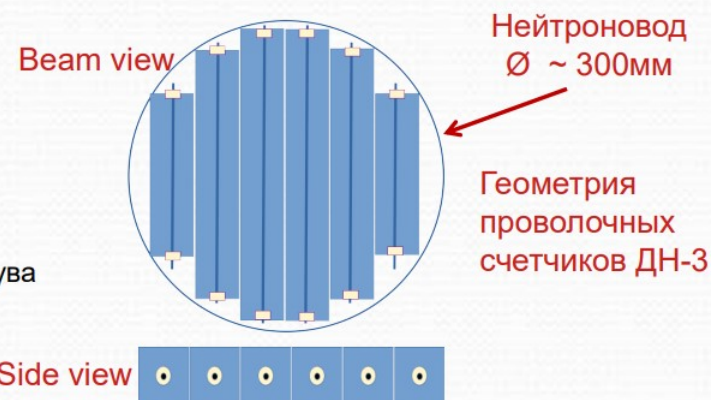
2 ячейки: 35 * 150 * 48 мм (ш*дл*в)

Число сч. каналов: 2

- ДН-3 (1 + 1 запасной)

Ø290 мм, 6 ячеек, 48*48 мм ш*в

Число сч. каналов: 2 (1-3-5 яч & 2-4-6 яч)



УХН He-3 детектор с окном $\varnothing 290\text{мм}$

Установка для измерения ЭДМ нейтрона

Крившич А.Г., Ильин Д.С.

Андреев В.А.

Филимонова Н.Н. и Парченко И.Н.

**Изготовление 2-х камер
полностью завершено.
Весной 2025 были завершены все
возможные проверки с ними без
электроники.**

**Подготовлены для
тестирования с электроникой
- Изготавливается в ОРЭ**

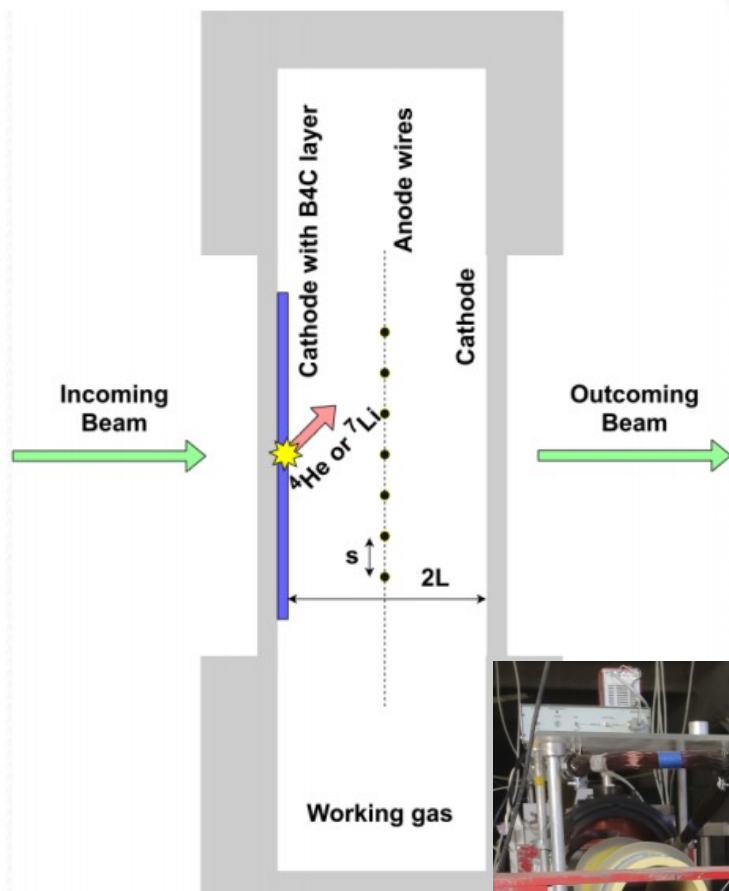


Монитор пучка тепловых нейтронов для SEM на ПИК

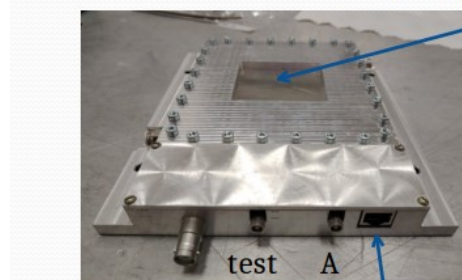


В мониторах требуется:

- Трансмиссия пучка >95%
- Эфф. $\sim 1\text{E-}3 \div 1\text{E-}6$



Монитор для спин-эхо SEM (РК ПИК)



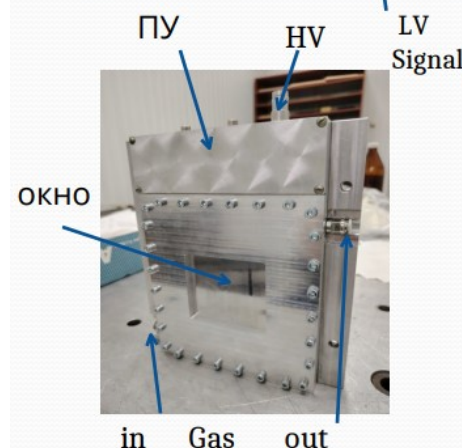
100мкм Al-фольга с В4С (оба окна ~650 мкм Al)

- **2024 г** монитор протестирован в ПИЯФ на источниках Cf-252 и Pu-Be:

- Конвертер В4С для тестов 1500нм (95% В-10)
- Отлажена электроника, получены характерные амплитудные спектры

Публикации:

- 1) D.S.Ilyin et al., NIM A, <https://doi.org/10.1016/j.nima.2025.170738>
- 2) Терентьев К.Ю., доклад на Школе ФКС-2025

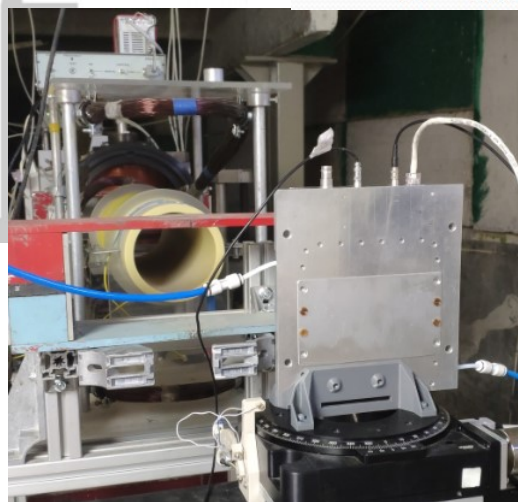


- **2025 г** - 2 монитора протестированы в ОИЯИ на пучке рефлектометра Рефлекс
- Конвертер В4С 30нм (95% В-10)
- Конвертер В4С 1500нм (95% В-10)
- Софт для DAQ адаптирован под TOF, получены характерные амплитудные и TOF спектры

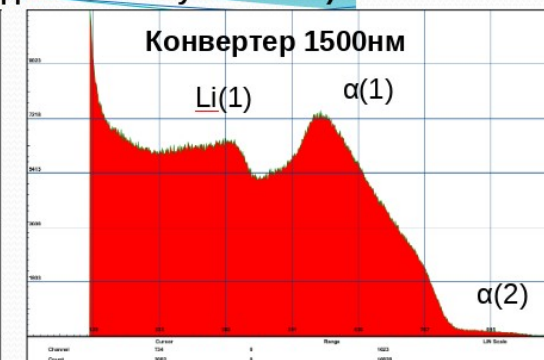
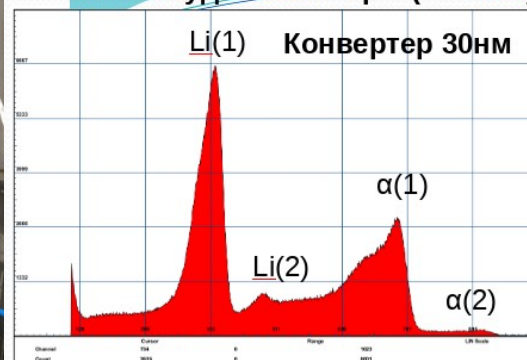
Публикации:

- 1) Семинар ОИКС, К.А. Пшеничный

РНФ 24-79-10063, В.В.Тарнавич



Амплитудные спектры (амплитудный канал усилителя)



За счет снижения потерь энергии в конвертере амплитудное разрешение с тонким конвертером существенно выше, что позволяет «аккуратно» установить порог дискриминатора для подавления реакторного гамма-фона.

Сотрудничество с ОРЭ

доклад Головцова В.Л.

Создание системы считывания аналогичной CROS-3 (Уваров Л.Н.), применение FADC (Неустроев П.В.), созданных для проекта “ПРОТОН” в экспериментах с активными мишенями (Грузинский Н.И.) и создания новых многоканальных модулей высокого напряжения (Волков С.С.).

Спецификация CROS-3М

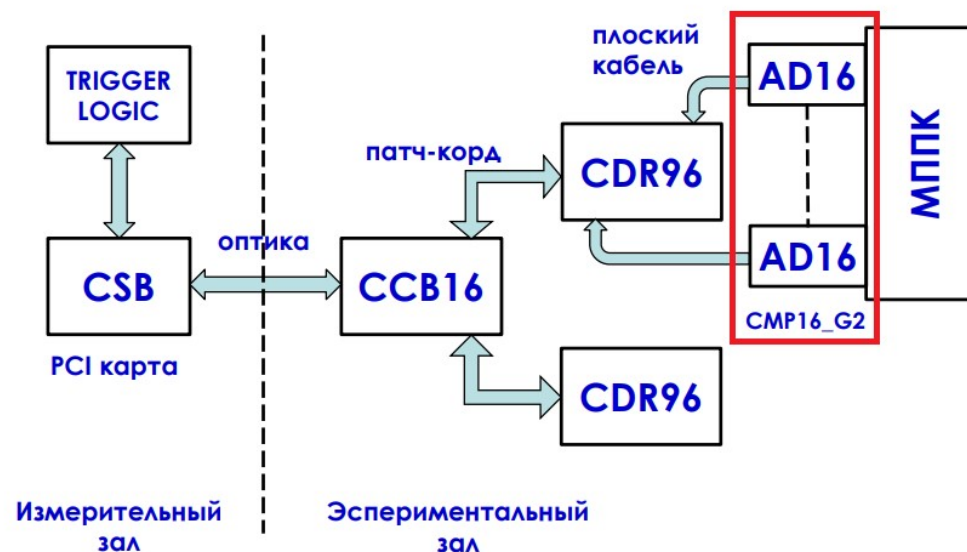
- ИС CMP16_G2 усиливает, формирует и дискриминирует сигнал с ПК с
 - ✓ временем пика – 30 нс
 - ✓ минимальным порогом – 7 фКл
 - ✓ разрешением по парным импульсам – 80 нс
 - ✓ потребляемой мощностью – около 35 мВт/канал
- управление общим порогом CMP16_G2 – 8-бит ЦАП
- период (шаг) дискретизации сигналов с МППК в CDR96 – 10 нс
- период (шаг) дискретизации сигнала триггера в CSB – 10 нс
- задержка сигналов с ПК в CDR96 с шагом 10 нс – 8-бит (~2,5 мкс)
- увеличение шага дискретизации в CDR96 до 20 нс, 30 нс или 40 нс
- ширина окна считывания в CDR96 от 1 до 63 шагов

Алгоритмы работы (по триггеру)

- снятие пороговых характеристик в CDR96
- варианты регистрации импульса в окне:
 - ✓ по фронту импульса с кодированием события
 - ✓ по фронту импульса без кодирования события
 - ✓ по ширине импульса без кодирования события

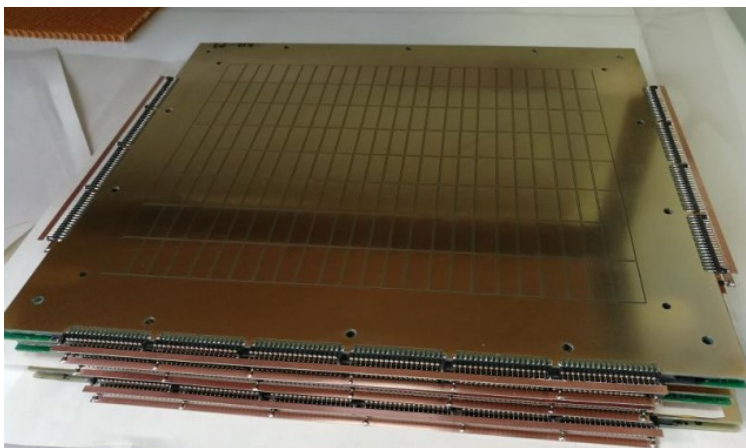
Структура CROS-3М

Уваров Л.Н.

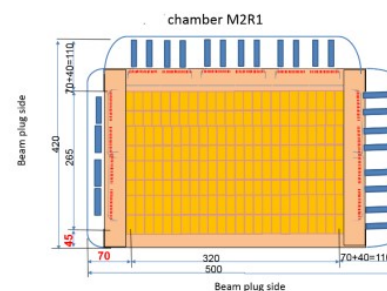


Электроники на пропорциональные камеры на данный момент нет! Без этого, камеры, которые мы делаем абсолютно бессмысленны. Задача – разработать и произвести чипы типа CMP16_G2, но с переменной полярностью и систему считывания а ля CROS-3.

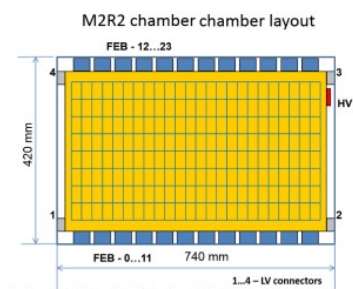
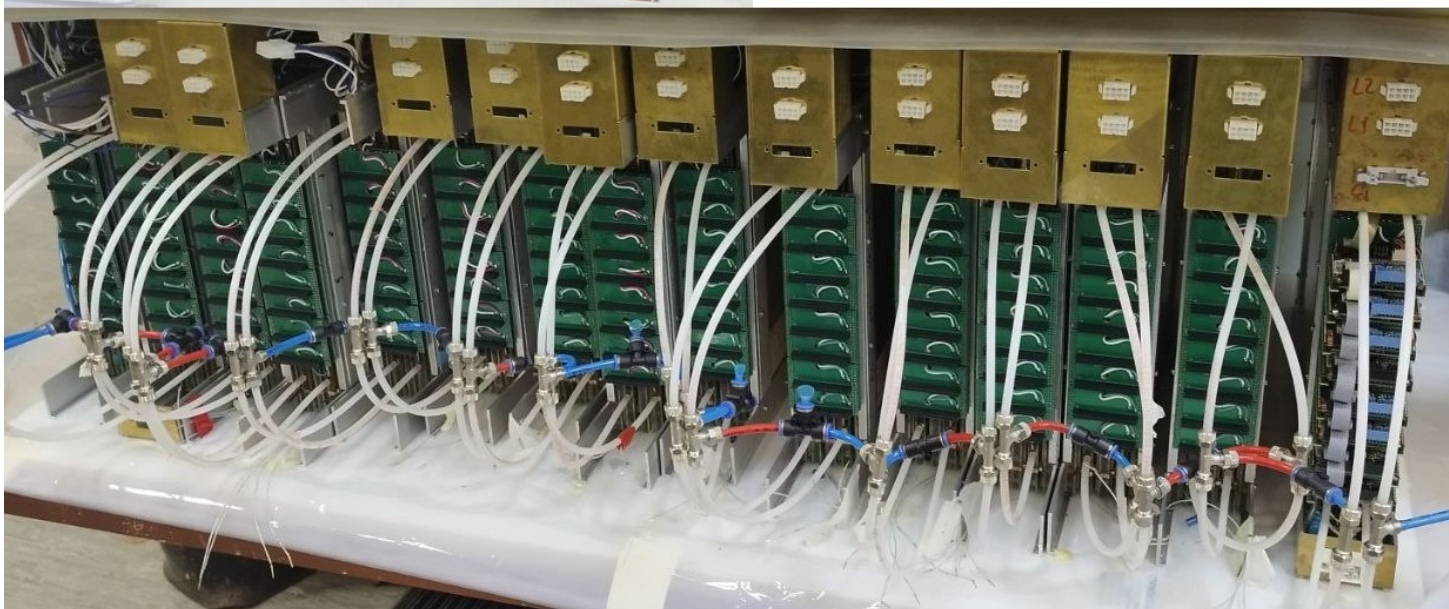
В запасе



15 камер для мюонного детектора LHCb



Бочин Б.В.,
Бондарь Н.Ф.,
Маев О.Е.



Материалы для производства ещё
двух регионов Мюонной системы
LHCb

В запасе

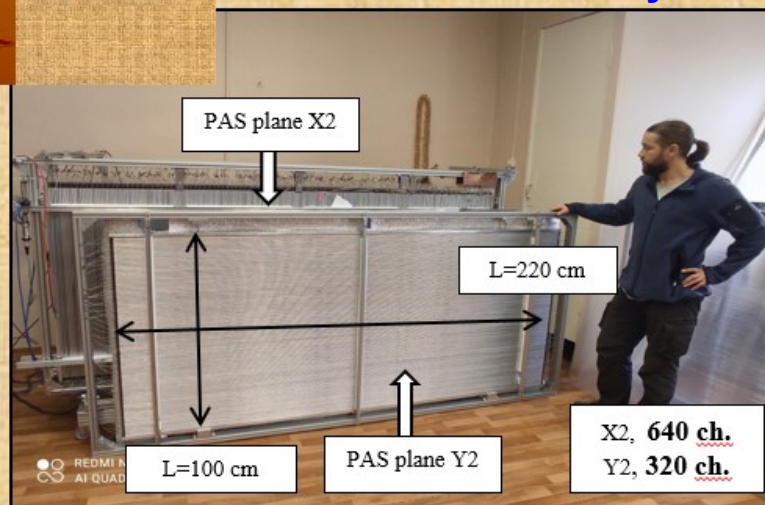
Proton Arm Spectrometer



R3B эксперимент
Дармштадт, GSI

PAS спектрометр - протоны

Майсузенко Д. А.



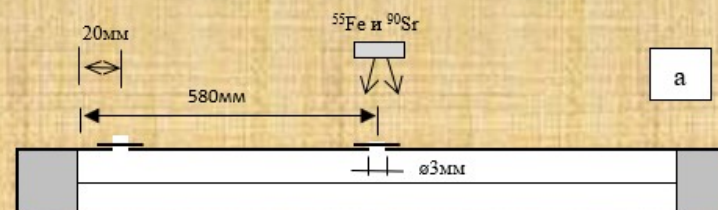
General view of two PAS planes (X2 and Y2).

ОФВЭ имеет **принципиально новую технологию**, которая позволяет:

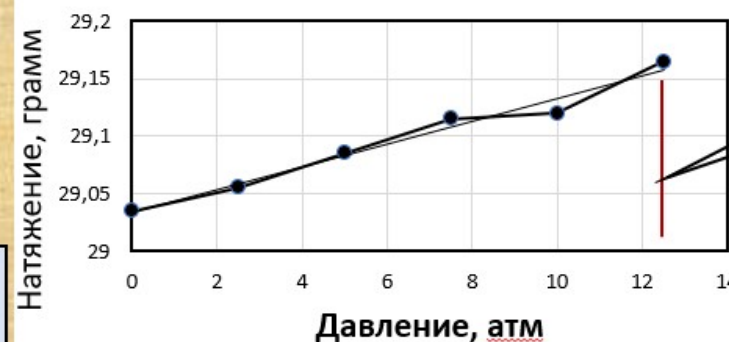
- работать в вакууме;
- детектор многоканальный (2000) и основан на дрейфовых трубках;
- трубки спектрометра имеют ультра-тонкие стенки ($X/X_0 \sim 0.05\%$ на трубку);
- пространственное разрешение – $\leq 0,2\text{мм}$;
- точность размещения трубок в пространстве $\pm 30\text{мкм}$

Крившич А.Г.

Дрейфовые трубки - нейтроны



Влияние давления на натяжения анода



**В наличии 3 плоскости:
2 Y и одна X,
Материал трубок - алюминий**

Заключение

1. Отдел Детекторов Излучений в 2025 г продолжал создавать детекторы по проектам на СЦ-1000, на ПИК, СПАСЧАРМ (Протвино), “Протон” и др.
2. Очень надеемся что выйдем на наш пучок с активной мишенью весной и получим первые физические результаты к концу 2026 года.
3. Проблемы как и у всего ОФВЭ – люди (“молодёжь” любого возраста), зарплата, “каменный век” с закупками чего угодно и тд. Перспективы очевидно туманны.
4. В любом случае будем продолжать делать что можем и будь что будет.





С НАСТУПАЮЩИМ 2026 ГОДОМ!

