

Отдел детекторов излучений

Ильин Дмитрий Сергеевич

Новогодняя сессия УС ОФВЭ 2024

Что происходило в 2024 г

- Январь – объединение отделов ОМК + ОТД = ОДИ
- Текущие работы:
 - ДК для СПАСЧАРМ (ИФВЭ, Протвино)
 - Нейтронные детекторы
 - НИР
- Планы на 2025

Штат ОДИ

- Ильин Д.С., зав.отд., к.ф.-м.н.
- Козлов В.С., зам.зав.отд.
- Андреев В.А., н.с.
- Бочин Б.В., в. и.-э.
- Гец С.А., в. и.-т.
- Иванов В.Ю., в. и.-т.
- Крившич А.Г., в.н.с., д.ф.-м.н.
- Парченко И.Н., ток.-раст. 5р.
- Полунина Е.М., и.-э.
- Тараканов В.И., в. и.-э.
- Филимонова Н.Н., монт. р/э. апп. 6р.
- Шабанов Г.Д., в. и.
- Трибунская Л.В., техн. 1к. (0.5 ст.)
- + Лозичная Н.В., в.и. ЛМФ ОФВЭ

3 - научных сотрудника

9 - инженеров

2 – технических специалиста

Наши локации

к.79 – ОМК после переезда и ликвидации участка на к.2 («пристройка ОРЭ»)

2024 г - отремонтирован 2 этаж

2025 г - ремонт на 1-м этаже (до большого зала)

2026 г - ремонт большого зала?

к.2 – производственные и лабораторные помещения, мастерская, ЧК

к.66а – производственный участок (газовые и вакуумные установки, большая ЧК):
строу-детектор PAS, нейтронные детекторы

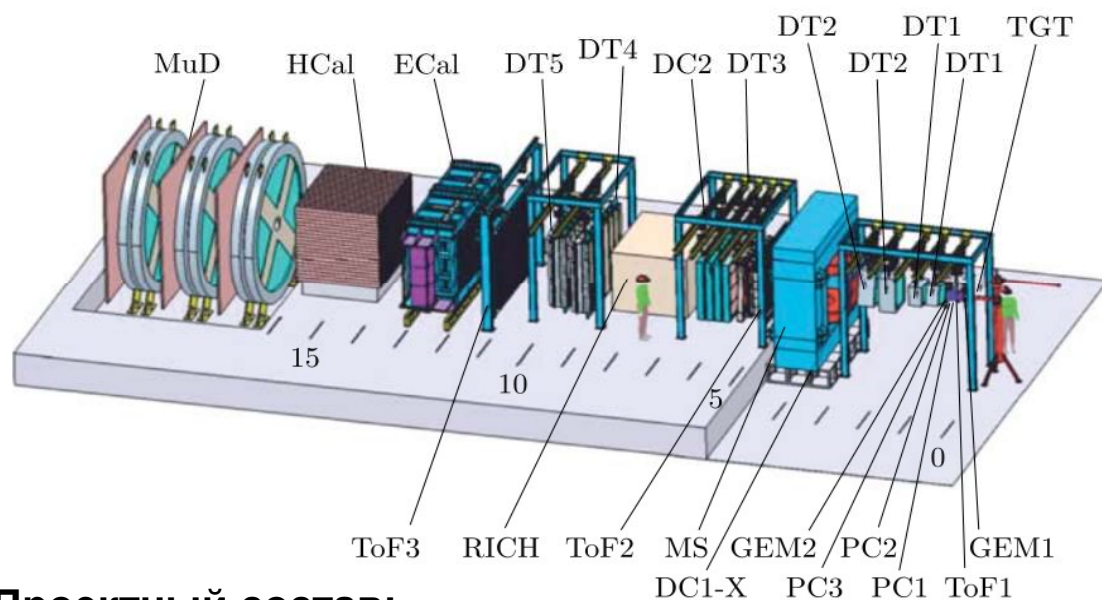
ОКИП – сборочный участок ДК для СПАСЧАРМ с условно чистой зоной



Текущие работы

Дрейфовые камеры для СПАСЧАРМ (ИФВЭ)

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



Проектный состав:

TGT — жидководородная мишень
GEM1, GEM2 — GEM-детекторы
ToF1–ToF3 — годоскопы TOF-системы
DT1–DT5 — дрейфовые трубки
PC1–PC3 — проп. камеры ПИЯФ – КК ТЭФ
DC1–DCX — дрейфовые камеры ПИЯФ – КК ТЭФ
RICH — черенковский детектор
ECal, HCal — э/м и адронный калориметры
MuD — мюонный детектор; MS — спектрометрический магнит

Ускоритель У-70
Протвино

В.В. Абрамов и др. Ж. ФЭЧ и АЯ. 2023. Т. 54, вып.
1. С. 6–189

ПИЯФ:

- дрейфовые камеры
- участие в наборе/анализе данных

ОДИ:

- изготовление 4-х ДК
- В x Ш: 1600 x 2400 мм
- участие в монтаже, и пуско/наладке на установке

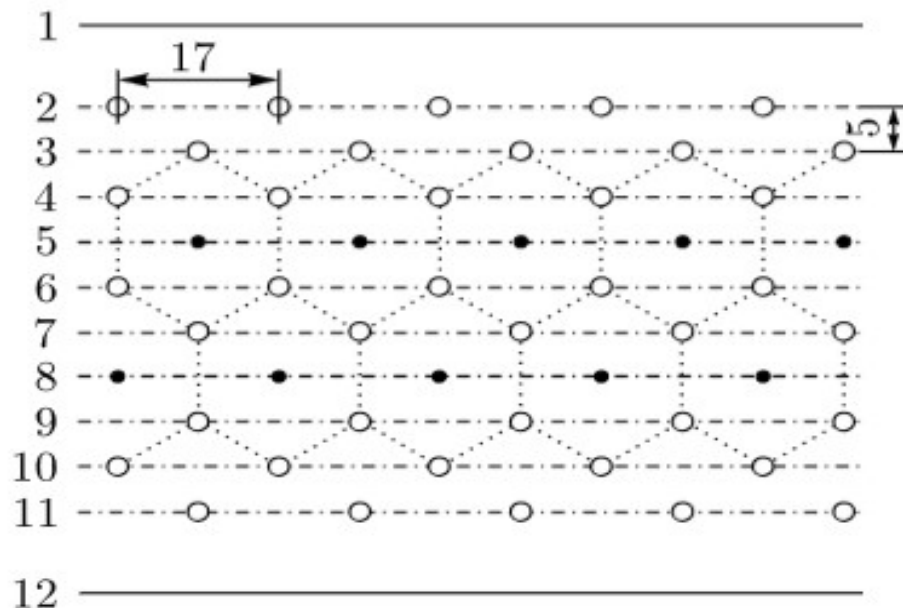
Дрейфовые камеры для Спасчарм

ДК разработаны на основе технологии ДК для эксперимента ЭПЕКУР (ПИЯФ-ИТЭФ):

- минимальное количество вещества по пучку: лавсановые окна
- проволочная гексагональная структура дрейфовых ячеек
- газовая смесь Ar/CO₂
- бим-киллер по оси пучка: гальваническое наращивание золота на 30μm-проволочке в области пучка до Ø100мкм (М.А.Сорока , В.А.Ганжа)

Фрагмент структуры ДК:

- ❖ 1-12 – лавсановые окна
- ❖ 2 и 11 – охранные проволочки 200μm
- ❖ 5 и 8 – анодные проволочки 30μm
- ❖ 3-4, 6-7, 9-10 – катодные проволочки (полевые) 100μm
- ❖ HV подается на охранные и полевые проволочки



Исторические заметки

- Все 4 ДК были сделаны в 2010-14гг и хранились в ОМК до 2021 (авария на ускорителе в ИТЭФ, 2011)
- В 2021 решено поставить камеры на СПАСЧАРМ
- Переезд и оснащение сборочного участка в ОКИП (участок ОМК на к.2 ликвидирован)
- **Ревизия камер в 2021-22 г:**
провис 100 и 200um проволоки - необходима переборка!
- **Внесены измерения:**
 - Замена 100/200um W(Au) на 90um Брб2 – натяжение в 2 раза меньше, адгезия много лучше
- **Проведенные работы по камере DCX1:**
 - Разбор сеток, очистка баров
 - Перетяжка **1440 проволоочек с контролем натяжения**
 - Герметизация и тесты



Монтажные бары

Ремонт ДК



ОКИП

В.И. Тараканов с первой готовой камерой в стапеле, 13.12.2024

Участок ДК (ОКИП)



Установка сеток



Хранение сеток



Сетки на штифтах в ДК

Дрейфовые камеры

- **1 камера готова:**
 - прошла тесты (отчет ОФВЭ)
 - установлена в транспортный стапель, проволоки ослаблены для хранения
 - готовится к упаковке
- **Планы (оптимистично) по поставке в Протвино:**
 - 2 камеры – апрель-май 2025
 - 2 камеры – конец 2025 – начало 2026
- Основная часть работы по ремонту камеры проведена:
Тараканов В.И., Полунина Е.М. + временные помощники

!!! Как «воздух» нужен измеритель натяжения = гарантия качества !!!

Детекторы нейтронов

Детекторы с газовым конвертером He-3

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

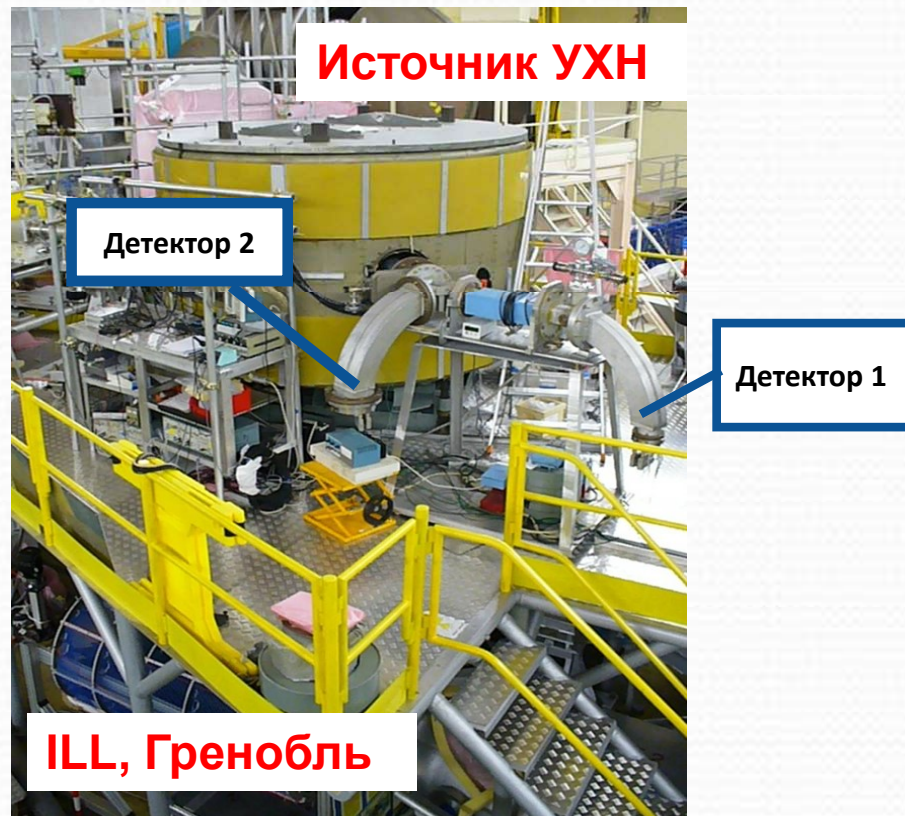
Детекторы с тонкопленочным B₄C-конвертером

- Первый прототип — 2015-16гг с конвертером из HZG (Германия)
- В 2023-24гг изготовлены детекторы с конвертерами из ОИЯИ:
 - Мониторные счетчики для спектрометра SEM (ПИК), окно 50X50 мм
- НИР:
 - Молодежный грант РФ «**Разработка и создание систем регистрации нейтронов и компактной нейтронной защиты для данных систем, предназначенных для работы в условиях высоких пучковых нагрузок и повышенного радиационного фона**», рук. В.В. Тарнавич (ОНИ), 2024-2027

Направление: Развитие технологии мониторов, создание композитных материалов для защиты элементов нейтронных станций и изучение их радиационной стойкости

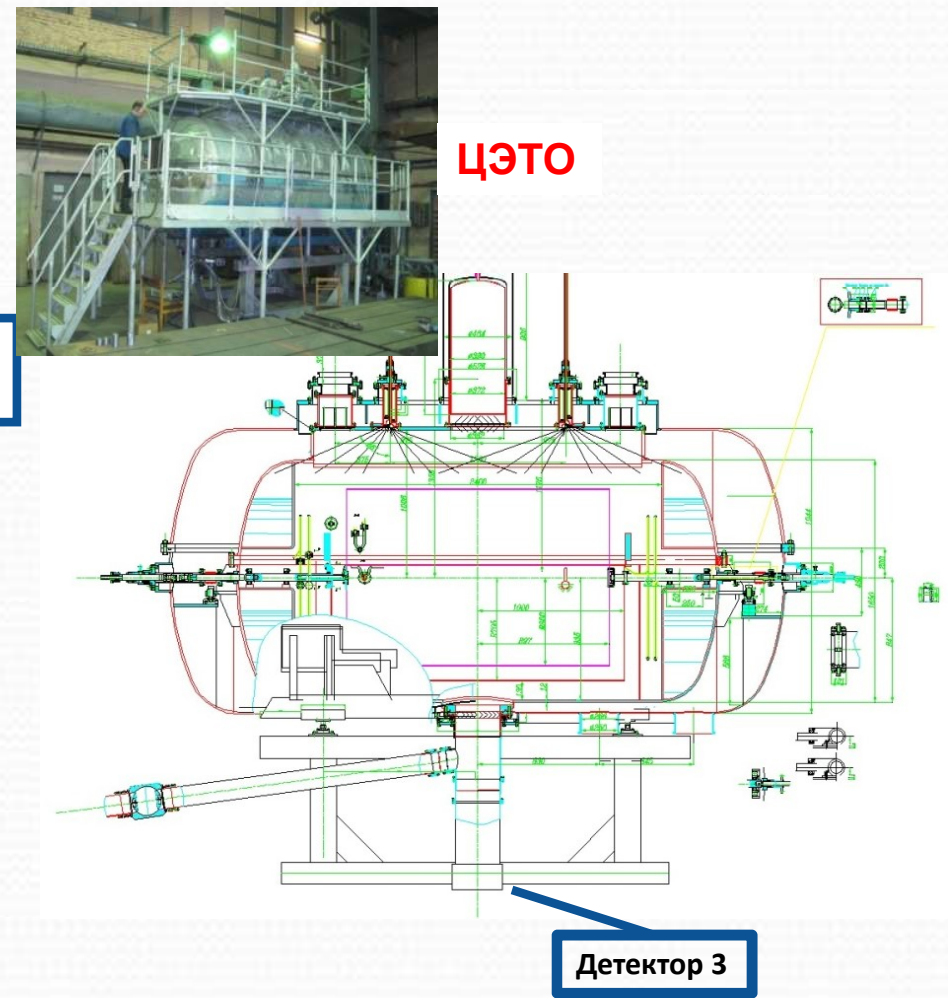
УХН детекторы

Установка для поиска ЭДМ нейтрона



Детекторы регистрируют нейтроны с противоположными направлениями магнитного момента

Установка с гравитационной ловушкой для измерения времени жизни нейтрона



УХН детекторы

Специфика УХН

- УХН $v \leq 8$ м/с, расч. эфф.ε ≈ 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

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

- **Парциальное давление He-3**

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

Eff ~ 90-95%

- **Газовая смесь:**

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

Три типоразмера детекторов

1. ДН-1 (1 + 1 запасной)

2 ячейки: 35 * 70 * 48 мм (ш*дл*в)

Число сч. каналов: 2

2. ДН-2 (1 + 1 запасной)

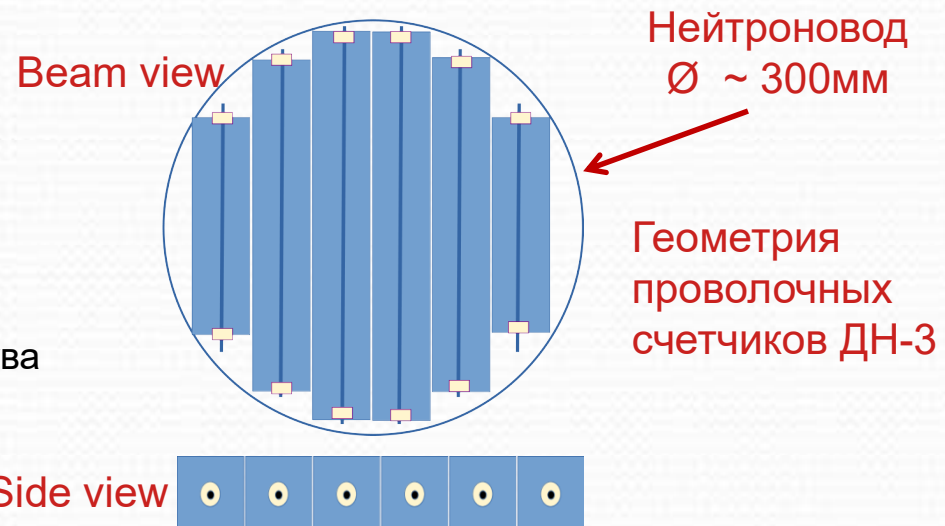
2 ячейки: 35 * 150 * 48 мм (ш*дл*в)

Число сч. каналов: 2

3. 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 Ø290мм

Что сделано:

- готово все «железо» под 2 детектора
- испытана герметичность обеих камер
- испытан набор мембран 290мм
- напылены Ni-58 рабочие (внутренние) поверхности ячеек
- изготовлены керамические изоляторы (Macor)

В 2025 г

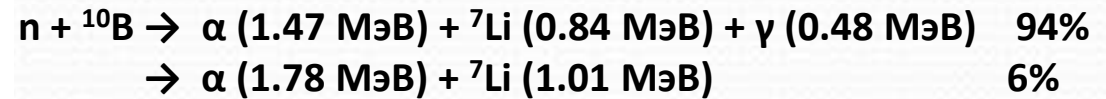
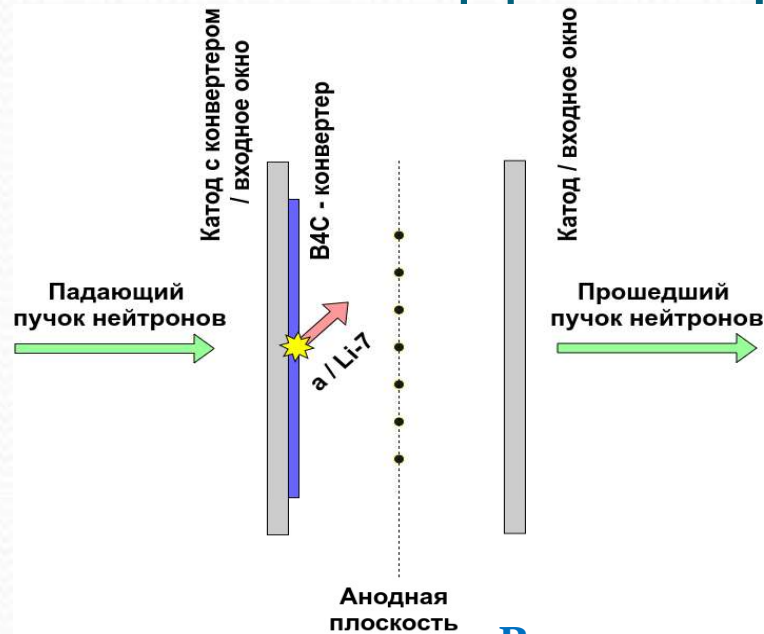
1) сборка двух камер (Ø290):

- сборка ячеек и установка анодов в ЧК
- HV испытания на тестовом газе с ИИИ
- финальная сборка

2) Запуск в производство «малых» детекторов ДН1, ДН2 (КД готова)



Детекторы с B4C-конвертером



Дл.св. пробега т. н.: $\lambda n \sim 20 \mu\text{m}$

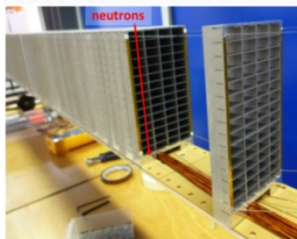
Втор. частицы: $R(\alpha, \text{Li}) \leq 4 \mu\text{m}$

Толщина B4C д.быть $< 3-4 \mu\text{m}$!

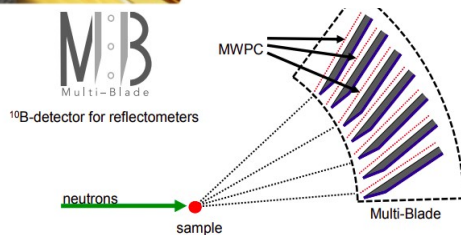
Эффективность одного слоя $\leq 5\%$

Варианты для повышения эффективности регистрации:

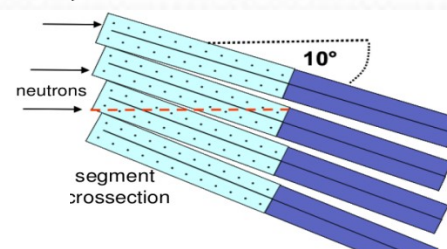
Multigrid



Multiblade



Jalousie



Straw



Straw-pie



А в мониторах решается обратная задача!

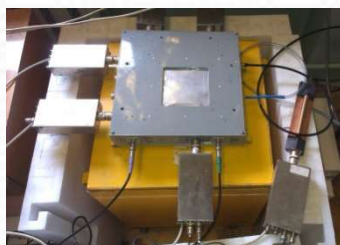
- Трансмиссия пучка $> 98\%$
- Эфф. $\sim 1\text{E}-3 \div 1\text{E}-5$

В4С-детекторы у нас

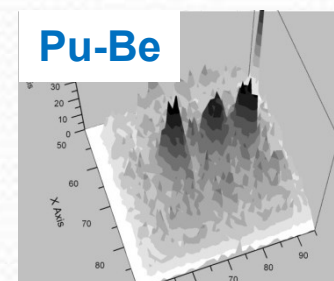
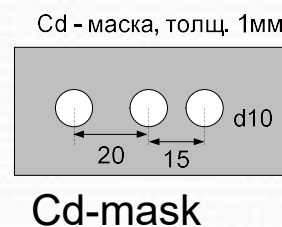
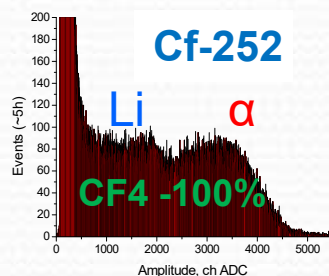
❖ Первый 2D-прототип собран и испытан на конвертере из HZG (2015-16 гг)



1.2 μm B4C



2D MWPC, drift gap



2D spec isomeric view

В 2016г ВВР-М заглушили – пучковые испытания отменили

❖ Новые детекторы на базе В4С-конвертеров из Дубны (2023-2024гг)

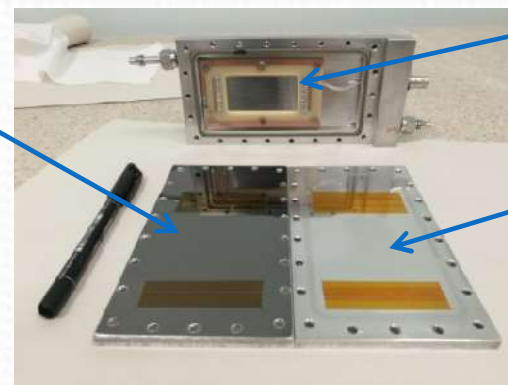
В ОИЯИ технология освоена и развивается (2021-23 Грант Минобр ~360млн.руб.)



Установка напыления, ОИЯИ, 2023

Прототип мониторингового счетчика

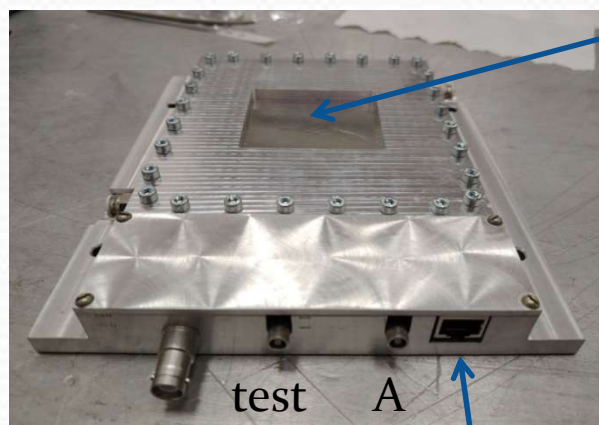
B4C-cathode



Anode frame

Test (pure)
cathode

В4С-монитор для спин-эхо SEM (РК ПИК)



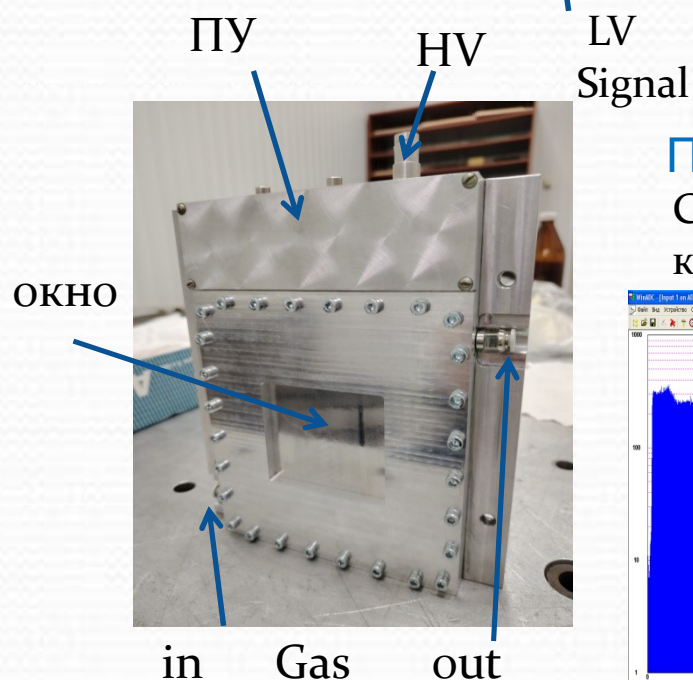
100мкм Al-фольга с В4С (по пучку всего ~650 мкм Al)

Конвертор:

- ❖ Для тестов и отладки на Cf-252
Толщина ~ 1 мкм (обогащ. до 95% по В-10)
- ❖ Для загрузок на пучке ~ 1Е9 н/с
Толщина ~ 10 нм (нат. В4С, 19% В-10)

Газовая смесь:

обычно Ar+10%CO₂ (мин. γ-чувств-сть)

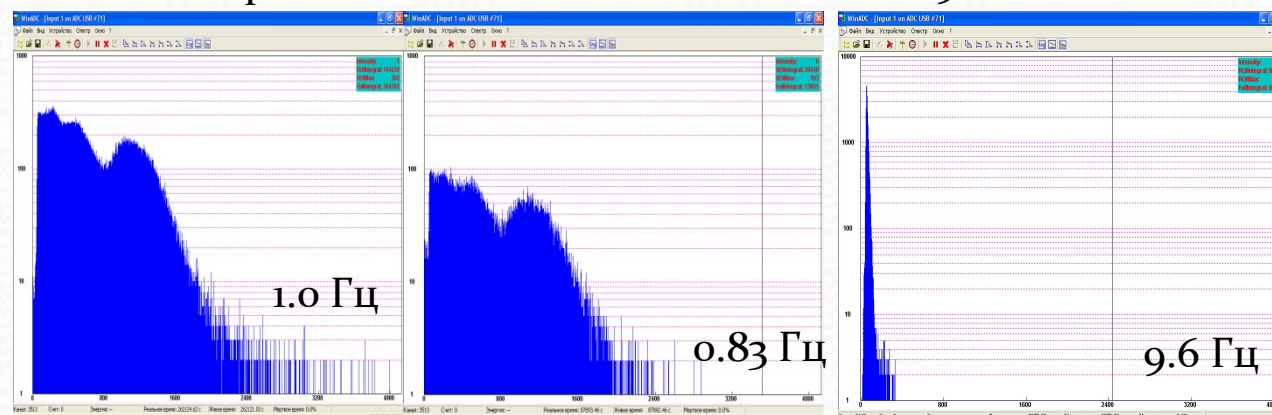


Предварительные испытания: амплитудные спектры

Cf-252
канал открыт

Канал закрыт
Pb 10мм

Cf-252 закрыт Cd
+Sr-90



Планы по «нейтронам»

❖ Пучковые испытания мониторов на ИР-8 (2 пол. 2025г):

- измерение загрузочной способности
- подбор толщины конвертера
- пороги ПУ в условиях «пучкового» γ -фона

❖ Развитие электроники для мониторов и детекторов: усилители, DAQ

В настоящее время изготовлена первая итерация:

- ЗЧУ-дискриминаторы (Иванов В.В., Роцин Е.В., ОРЭ)
- 4х кан. интерфейсная плата для удаленного сбора данных и управления порогом (ОРЭ)
- многоканальный счетчик импульсов на основе SOC-платы с FPGA (Terasic DE10-Nano)

Для оптимизации параметров планируются пучковые испытания

❖ Продолжение работ по РНФ: симуляции, прототипирование, подготовка публикации

Поддержка домашних экспериментов и запросов

- Ремонт сдвоенных камер MWPC 200*200 для пи-мезонного канала (Н.Г.Козленко)
 - 2 камеры отремонтированы
 - 2 шт. на очереди
- Электроды для активных мишеней (О.Е. Маев)
 - SS Ring Ø 120mm, SS wire Ø 55µm, step 0.5 mm



В.А. Андреев за работой

Планы на 2025г

- Продолжение работ
 - ДК для Спасчарм: еще 3 камеры
 - УХН детекторы: 2 пуско/наладка, 4 запуск в производство
 - НИР по РНФ
- НИОКР для β -распада (А.П. Серебров) - кратко след. слайд
- ОФВЭ:
 - Поддерживаем внутренние эксперименты
 - Пока нет заказов на новые детекторы для ОФВЭ
- Потенциальные заказы от Протвино на камеры 200 * 200, шаг 1 мм
- Продолжение эпопеи с ремонтами: к.79, к.2

Большое спасибо

гл. инж. ОФВЭ Гаврилову Г.Е.

за помощь и оперативное решение всех «бытовых» (и не только) вопросов!

Эксперимент «Бета-распад нейтрона»

Формирование пучка

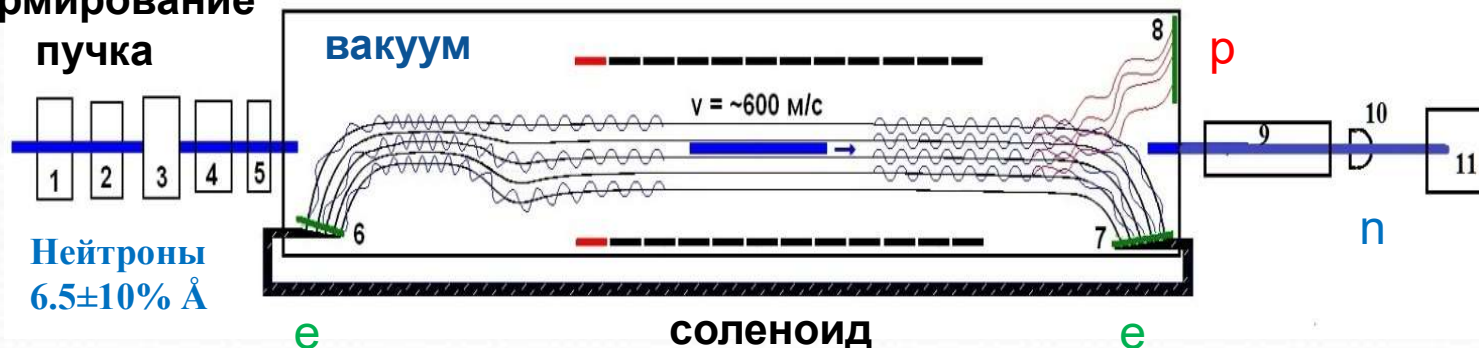


Схема установки

- 1) суперзеркальный поляризатор
- 2) селектор скоростей
- 3) прерыватель (чоппер)
- 4) Коллиматор
- 5) спин-флиппер
- 6) первый (основной) детектор электронов
- 7) второй (дополнительный) детектор электронов
- 8) детектор протонов
- 9) анализатор поляризации
- 10) нейтронный детектор
- 11) ловушка пучка

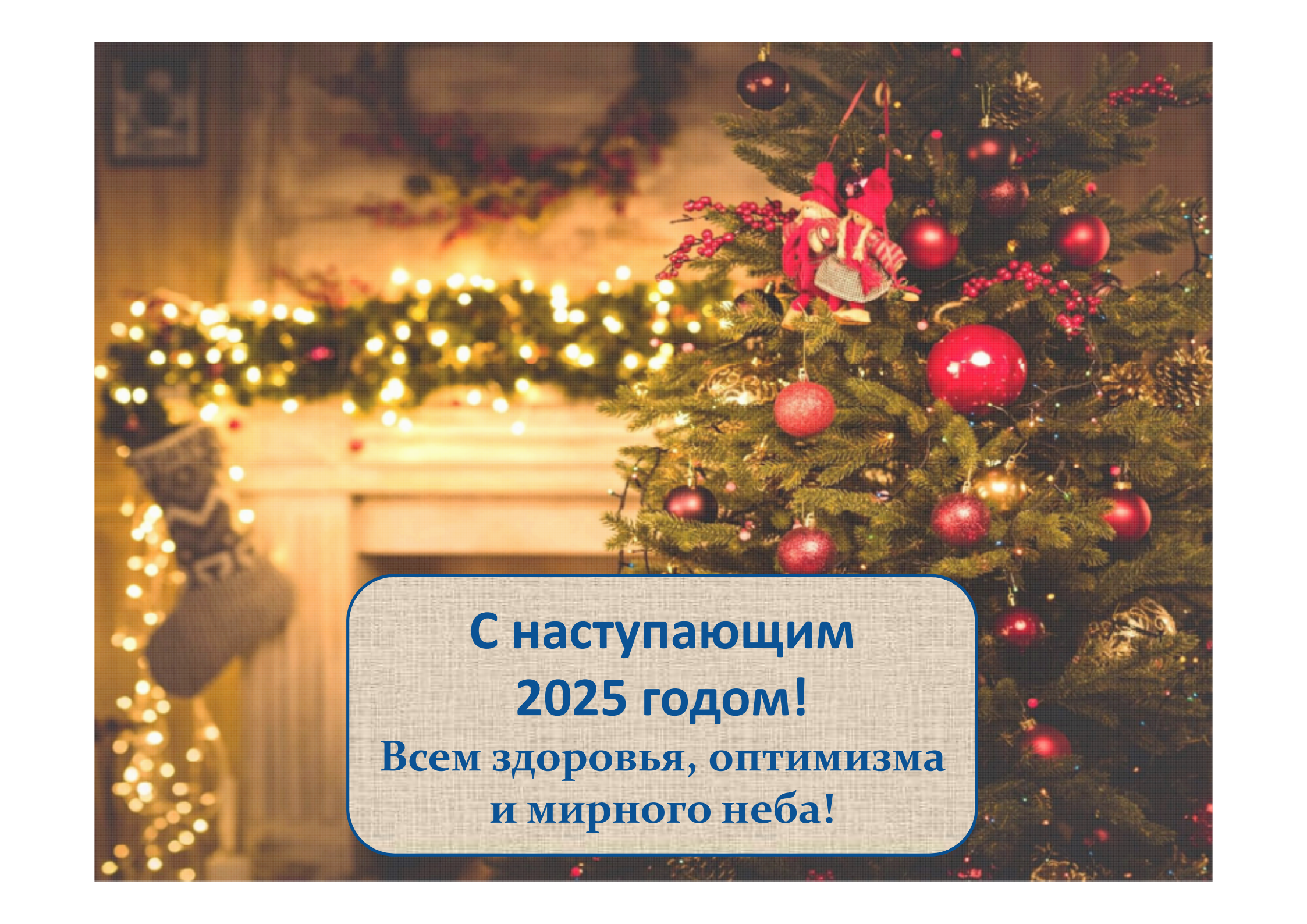
• Электронные и протонные детекторы – В.А.Дербин (ОППЯД, ОНИ)

• **Нейтронный детектор - ОДИ**

TOF-привязка к нейтронному пучку (80x128 мм)

Рассматриваются 2 варианта НД:
мульти-строу или MWPC с He-3

| | НД «светлый» | НД «темный» |
|---------------------------|------------------|-------------|
| Длина волны, \AA | $6,5 \pm 10\%$ | |
| Эффективность, % | $0,01 \div 5,0$ | $99,5$ |
| Апертура - 1, мм | 100×150 | |
| Апертура - 2, мм | 100×10 | |
| Вакуум | нет | |
| Информация | Общий счет | |
| Число рабочих НД | 2 | |
| Число запасных НД | 2 | |

A warm, cozy Christmas scene featuring a decorated evergreen tree in the foreground, adorned with red and gold ornaments, pinecones, and a small red and white doll. In the background, a fireplace mantel is decorated with a garland of warm white lights and a small figurine. The overall atmosphere is festive and inviting.

**С наступающим
2025 годом!**

**Всем здоровья, оптимизма
и мирного неба!**



Студенты

Летняя практика (1 мес.), 3 человека, студенты ВГУ 3 курс

Доклады

1. Доклад "СТРАТЕГИЯ ОСНАЩЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК РЕАКТОРА ПИК ДЕТЕКТОРНЫМИ СИСТЕМАМИ НЕЙТРОНОВ". Сессия 300-летие РАН. 02 апреля 2024г. Докладчик - А.Г.КРИВШИЧ.

2. Доклад на научном семинаре ОИЯИ "Экспериментальные методы физики частиц", посвященном памяти и 90-летию со дня рождения проф. Игоря Анатольевича Голутвина. 8 августа 2024г. Докладчик - А.Г.Крившич.