

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.
 - Кривич 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. бр.
 - 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)

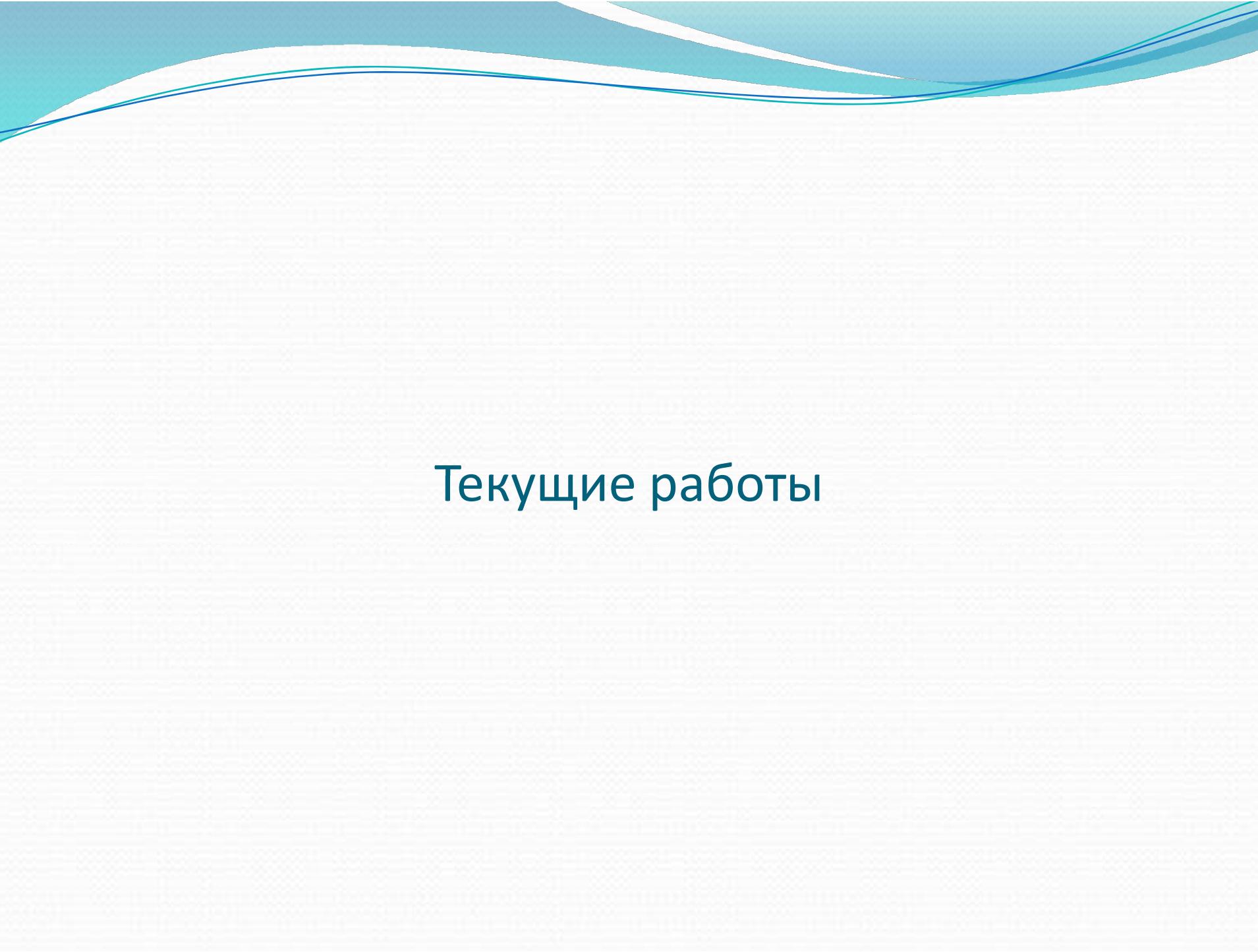
2026 г - ремонт большого зала?

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

к.66а – производственный участок (газовые и вакуумные установки, большая ЧК):

строу-детектор PAS, нейтронные детекторы

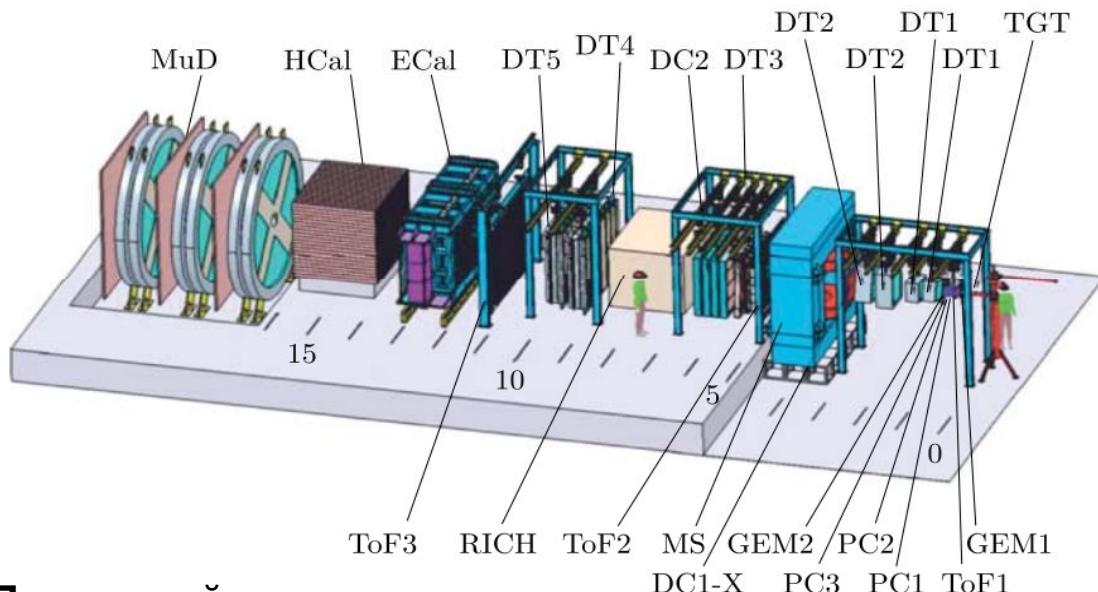
ОКИП – сборочный участок ДК для СПАСЧАРМ с условно чистой зоной



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 — жидковородородная мишень

GEM1, GEM2 — GEM-детекторы

ToF1–ToF3 — гodosкопы TOF-системы

DT1–DT5 — дрейфовые трубы

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

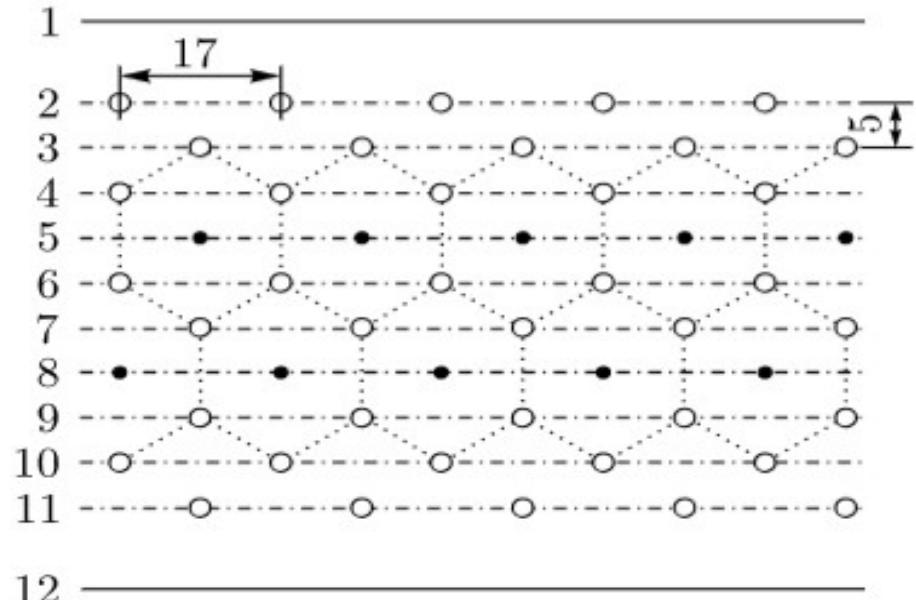
Дрейфовые камеры для Спасчарм

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-проводке в области пучка до Ø100μm (**М.А.Сорока , В.А.Ганжа**)

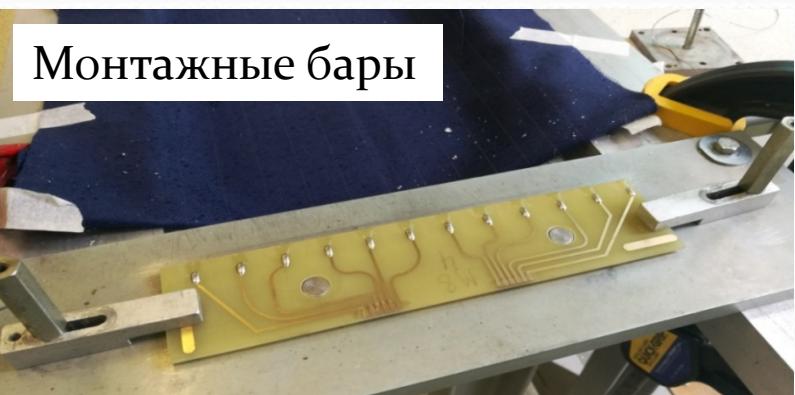
Фрагмент структуры ДК:

- ❖ 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 охrанные 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 200мкм проволок - необходима переборка!
- **Внесены измерения:**
 - Замена 100/200мкм W(Au) на 90мкм Брб2 – натяжение в 2 раза меньше, адгезия много лучше
- **Проведенные работы по камере DCX1:**
 - Разбор сеток, очистка баров
 - Перетяжка 1440 проволочек с контролем натяжения
 - Герметизация и тесты



Ремонт ДК



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

Участок ДК (ОКИП)



Сетки на штифтах в ДК



Установка сеток



Хранение сеток

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 Не-3

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

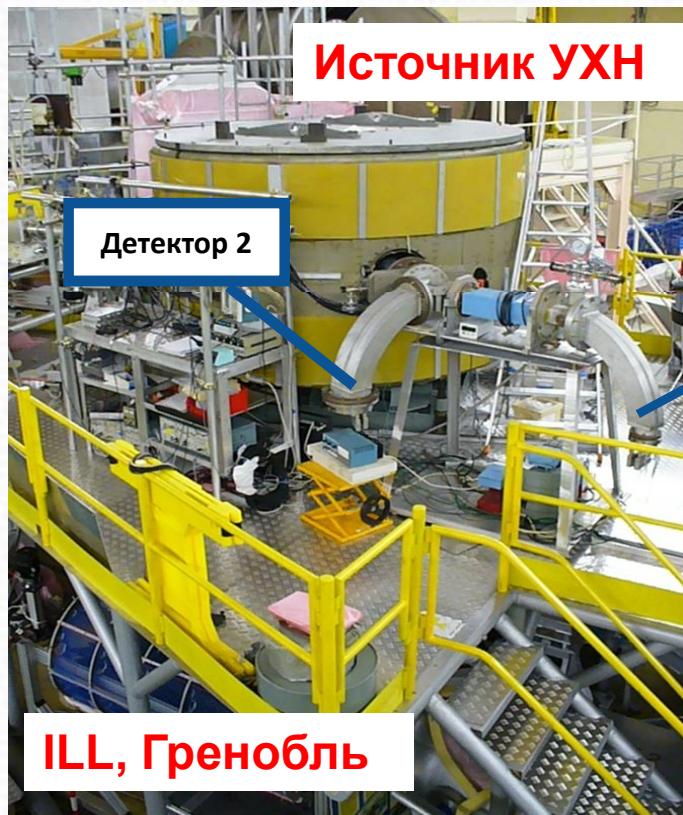
Детекторы с тонкопленочным В4С-конвертером

- 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 50Х50 мм
- НИР:
 - Молодежный грант РНФ «**Разработка и создание систем регистрации нейтронов и компактной нейтронной защиты для данных систем, предназначенных для работы в условиях высоких пучковых загрузок 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

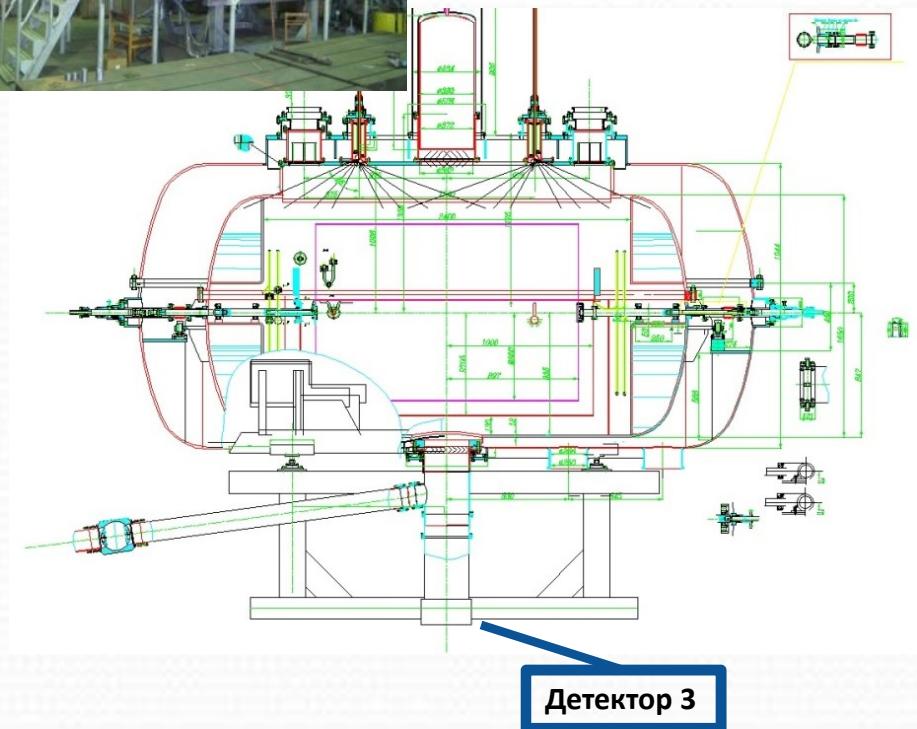
УХН детекторы

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

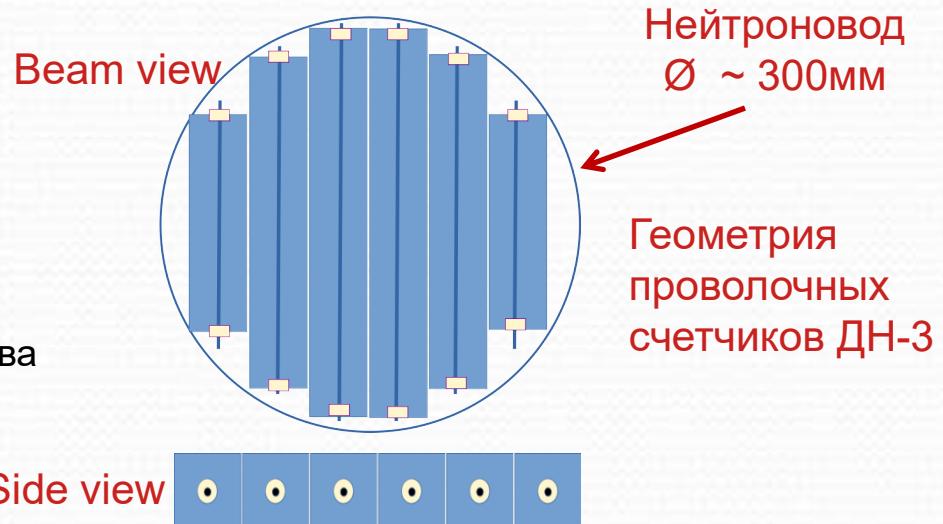
- УХН $v \leq 8$ м/с, расч. эфф. $\epsilon \approx 90\%$
- Немагнитные материалы!
- Напыление Ni-58 на катодах
- Окно - Al-фольга 100мкм
- Перепад давления на окне
“нейtronовод - детектор” 1 Атм
- $n + {}^3He \rightarrow p + T + 0.74 \text{ MeV}$
УХН: $v < 8$ м/с
 $\sigma(\text{He-3}) \sim 1 / v \sim 1.5 \text{ Мбарн}$

- Парциальное давление He-3
 $P(\text{He-3}) \sim 10-15 \text{ мбар}$
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)
 $\varnothing 290$ мм, 6 ячеек, 48*48 мм ш*в
Число сч. каналов: 2 (1-3-5 яч & 2-4-6 яч)



УХН Не-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

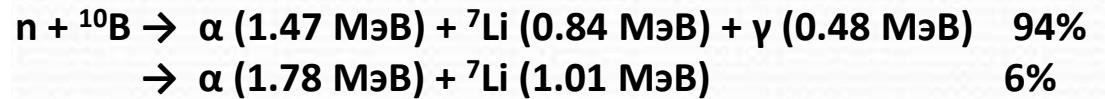
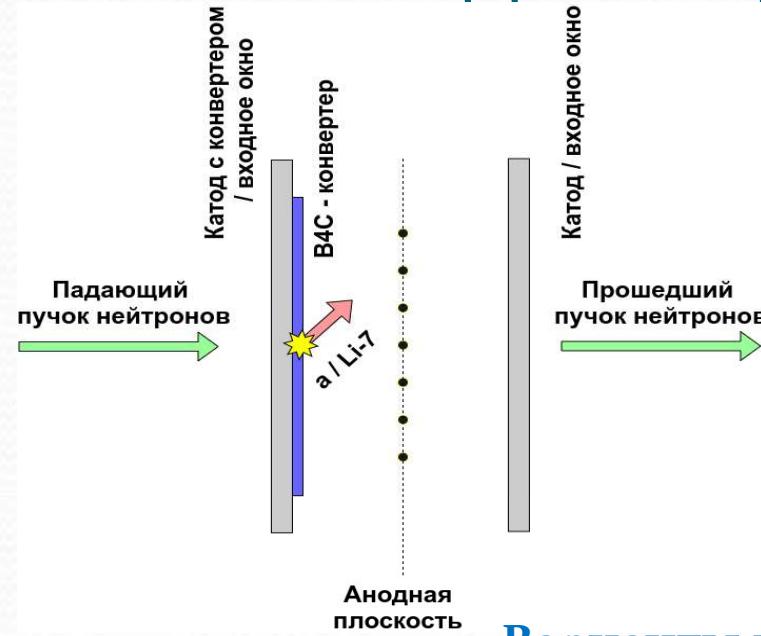
1) сборка двух камер ($\varnothing 290$):

- 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



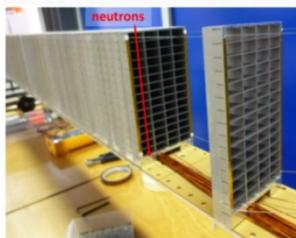
Дл.св. пробега т. н.: $\lambda n \sim 20 \mu\text{m}$

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

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

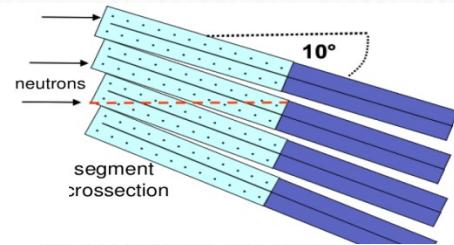
Эффективность одного слоя $\leq 5\%$

Multigrid



Варианты для повышения эффективности регистрации:

Jalousie



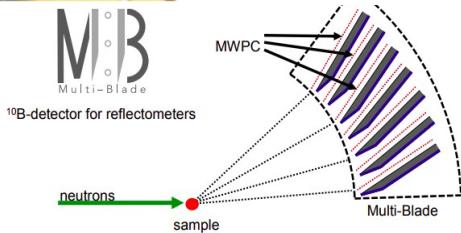
Straw



Straw-pie



Multiblade



А в мониторах решается обратная задача!

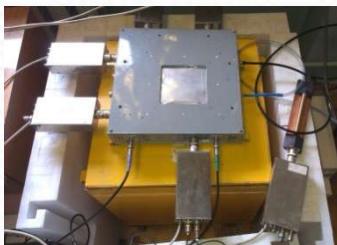
- Трансмиссия пучка $> 98\%$
- Эфф. $\sim 1E-3 \div 1E-5$

B4C-детекторы у нас

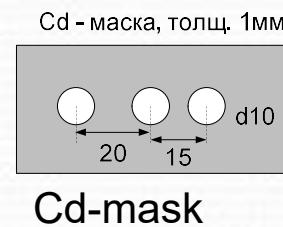
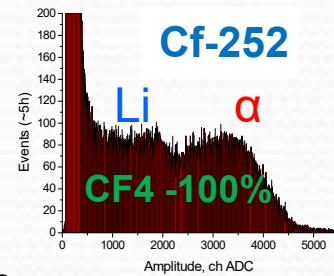
- ❖ Первый 2D-прототип собран и испытан на конвертере из HZG (2015-16 гг)



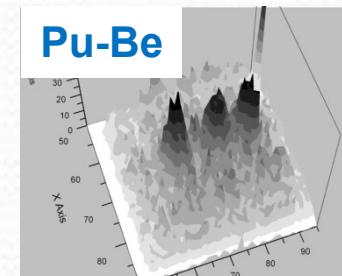
1.2 μm B4C



2D MWPC, drift gap



Cd-mask



Pu-Be
2D spec isomeric view

В 2016г ВВР-М заглушили – пучковые испытания отменили

- ❖ Новые детекторы на базе B4C-конвертеров из Дубны (2023-2024гг)

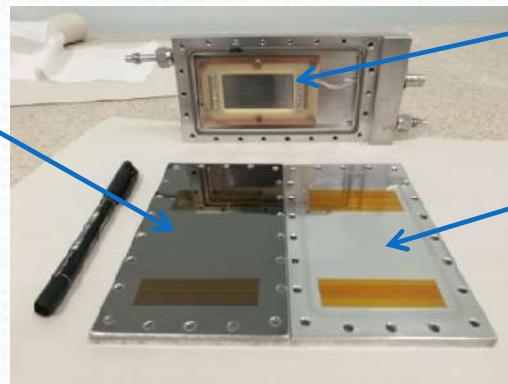
В ОИЯИ технология освоена и развивается (2021-23 Грант МинОбр ~360млн.руб.)



Установка напыления, ОИЯИ, 2023

Прототип мониторного счетчика

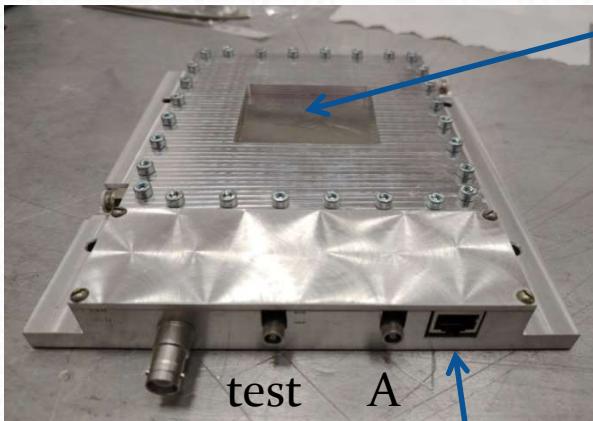
B4C-cathode



Anode frame

Test (pure) cathode

В4С-монитор для спин-эхо SEM (РК ПИК)



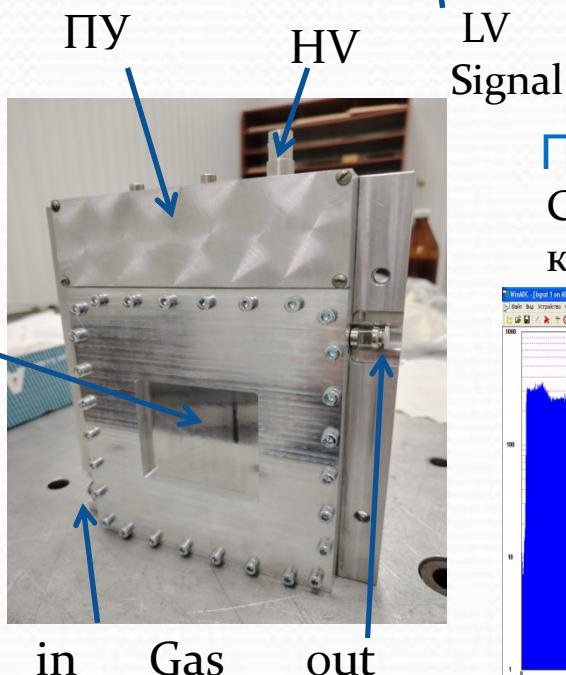
100мкм Al-фольга с B4C (по пучку всего ~650 мкм Al)

Конвертор:

- ❖ Для тестов и отладки на Cf-252
Толщина ~ 1 мкм (обогащ. до 95% по В-10)
 - ❖ Для загрузок на пучке ~ 1E9 н/с
Толщина ~ 10 нм (нат. В4С, 19% В-10)

Газовая смесь:

обычно Ar+10%CO₂ (мин. γ-чувств-сть)



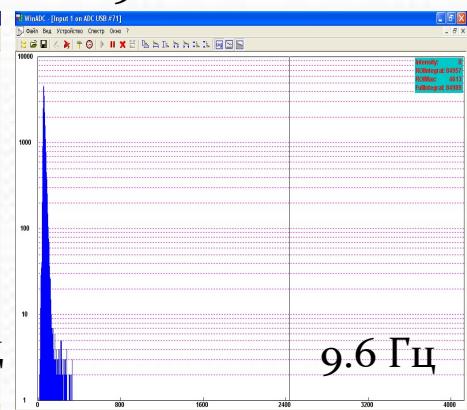
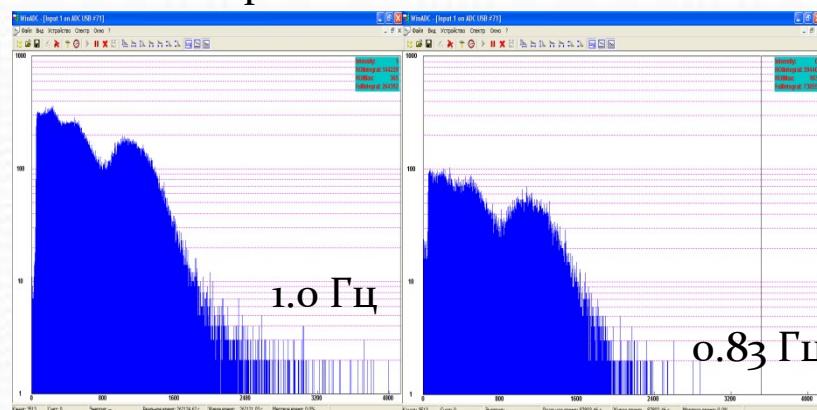
OKHO

ПУ

HV

LV Signal

Предварительные испытания: амплитудные спектры



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., Рощин Е.В., ОРЭ)
- 4x 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 55um, 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

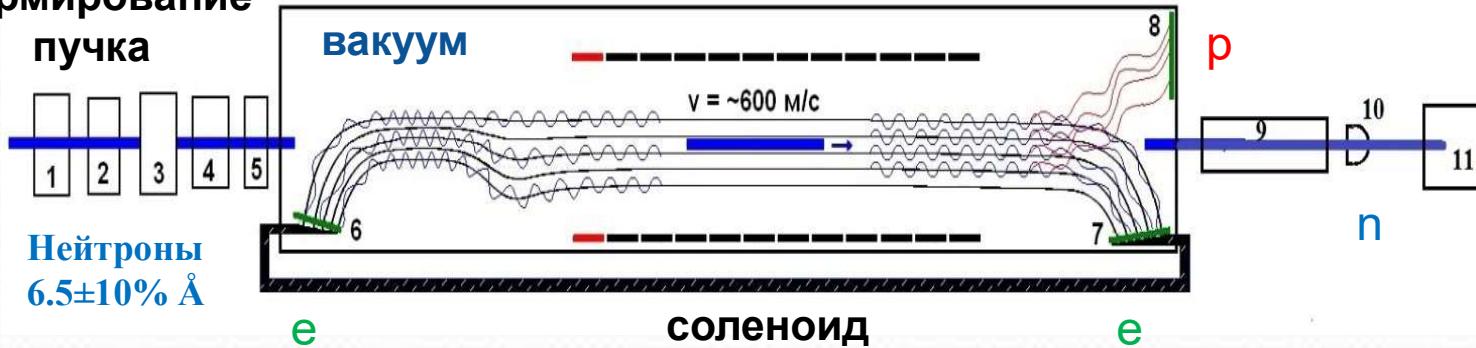


Схема установки

- 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) нейtronный детектор
- 11) ловушка пучка

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

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

- Нейtronный детектор - ОДИ

TOF-привязка к нейtronному пучку (80x128 мм)

	НД «светлый»	НД «темный»
Длина волны, Å	$6,5\pm10\%$	
Эффективность, %	0,01–5,0	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



**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.