

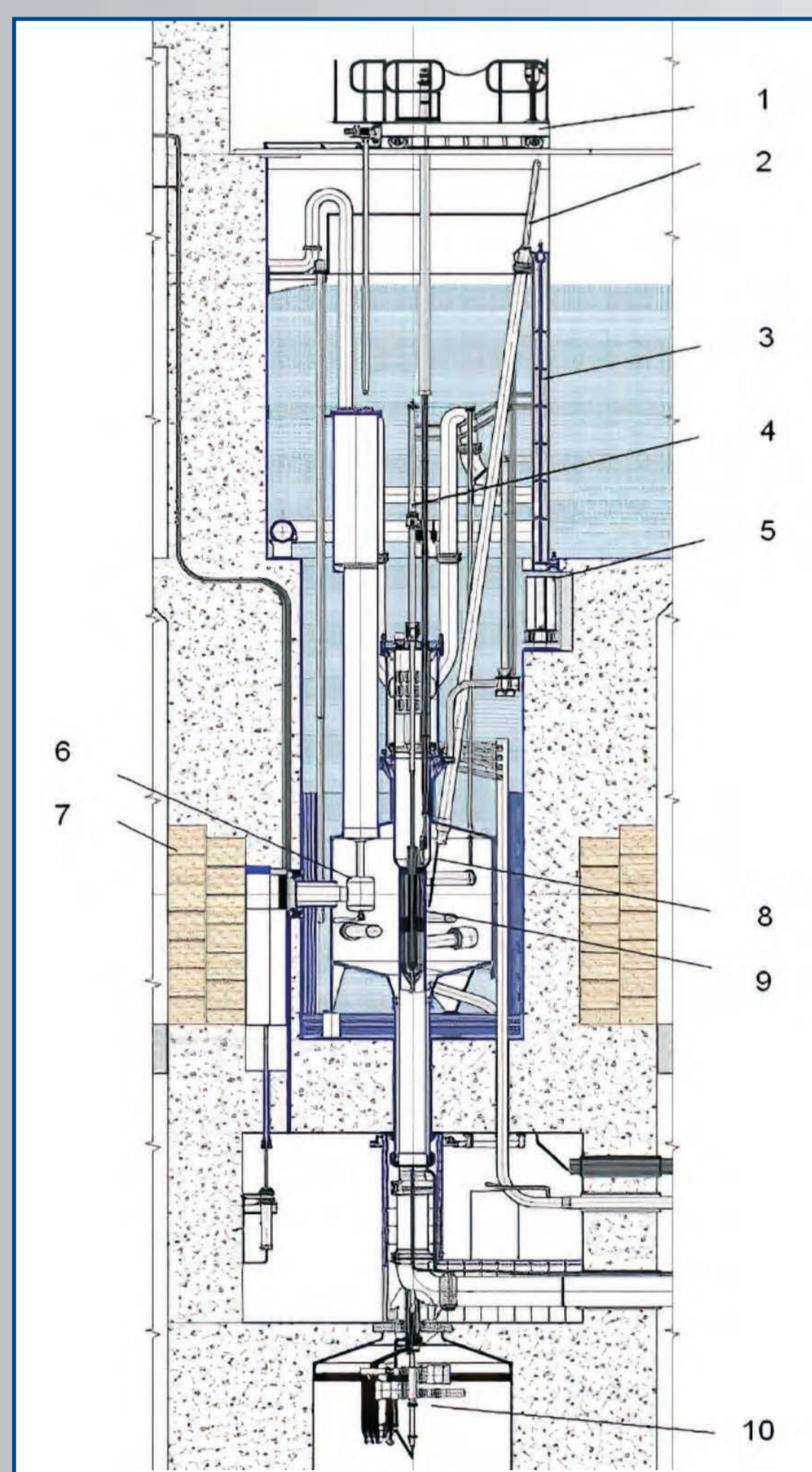


# РЕАКТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ПИК

Реактор ПИК (Пучковый Исследовательский Корпусной) был задуман и спроектирован в начале 1970-х гг. как источник нейтронных пучков самой высокой интенсивности. Драматичная история создания реактора (Чернобыльская катастрофа, развал СССР, глубокий спад экономики) продолжалась более 30 лет. Ситуация начала меняться в 2010 г., когда ПИЯФ был включен в Программу совместной деятельности организаций, участвующих в составе Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Реактор ПИК представляет собой компактный нейтронный источник с объемом активной зоны ~ 50 л, окруженный тяжеловодным отражателем. Максимальная невозмущенная плотность потока тепловых нейтронов достигает  $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  в центральной водной полости и  $1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  в отражателе при тепловой мощности реактора 100 МВт.

Реакторный комплекс ПИК (РК ПИК) состоит из 38 зданий общей площадью 65 000 м<sup>2</sup>.



Вертикальный разрез реактора ПИК

- 1 – машина перегрузочная.
- 2 – привод стержня.
- 3 – гидрозатвор.
- 4 – ЦЭК.
- 5 – барабан перегрузочный.
- 6 – источник холодных нейтронов.
- 7 – защита разборная.
- 8 – поглощающий стержень.
- 9 – корпус с активной зоной.
- 10 – привод шторок.

## Основные характеристики

Параметр	Значение
Максимальная тепловая мощность	100 МВт
Объем активной зоны	50 л
Высота активной зоны	500 мм
Теплоноситель	H <sub>2</sub> O
Отражатель	D <sub>2</sub> O
Максимальная плотность потока нейтронов в отражателе	$1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
Максимальная плотность потока нейтронов в центральной ловушке	$5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
Операционный цикл	~ 30 суток
Экспериментальные каналы:	
– горизонтальный (ГЭК);	23
– вертикальный (ВЭК);	6
– наклонный (НЭК);	6
– центральный (ЦЭК)	1

## Этапы ввода в эксплуатацию

**2011 г.** Осуществлен физический пуск реактора на мощности 100 Вт, который подтвердил его нейтронно-физические параметры, полученные в ходе расчетов, а также экспериментально на критическом стенде «Физическая модель реактора ПИК».

**2013 г.** Закончено строительство всех пусковых комплексов РК ПИК.

**2018 г.** Проведено испытание систем реактора на мощности до 100 кВт – первого этапа Программы энергетического пуска.

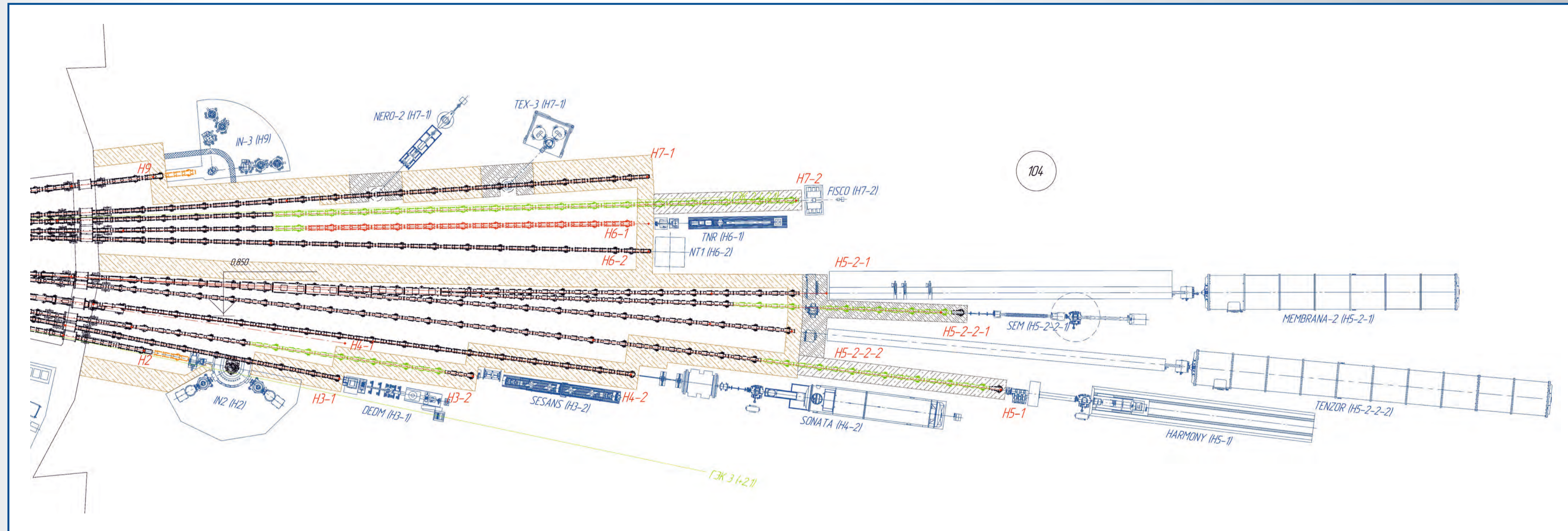
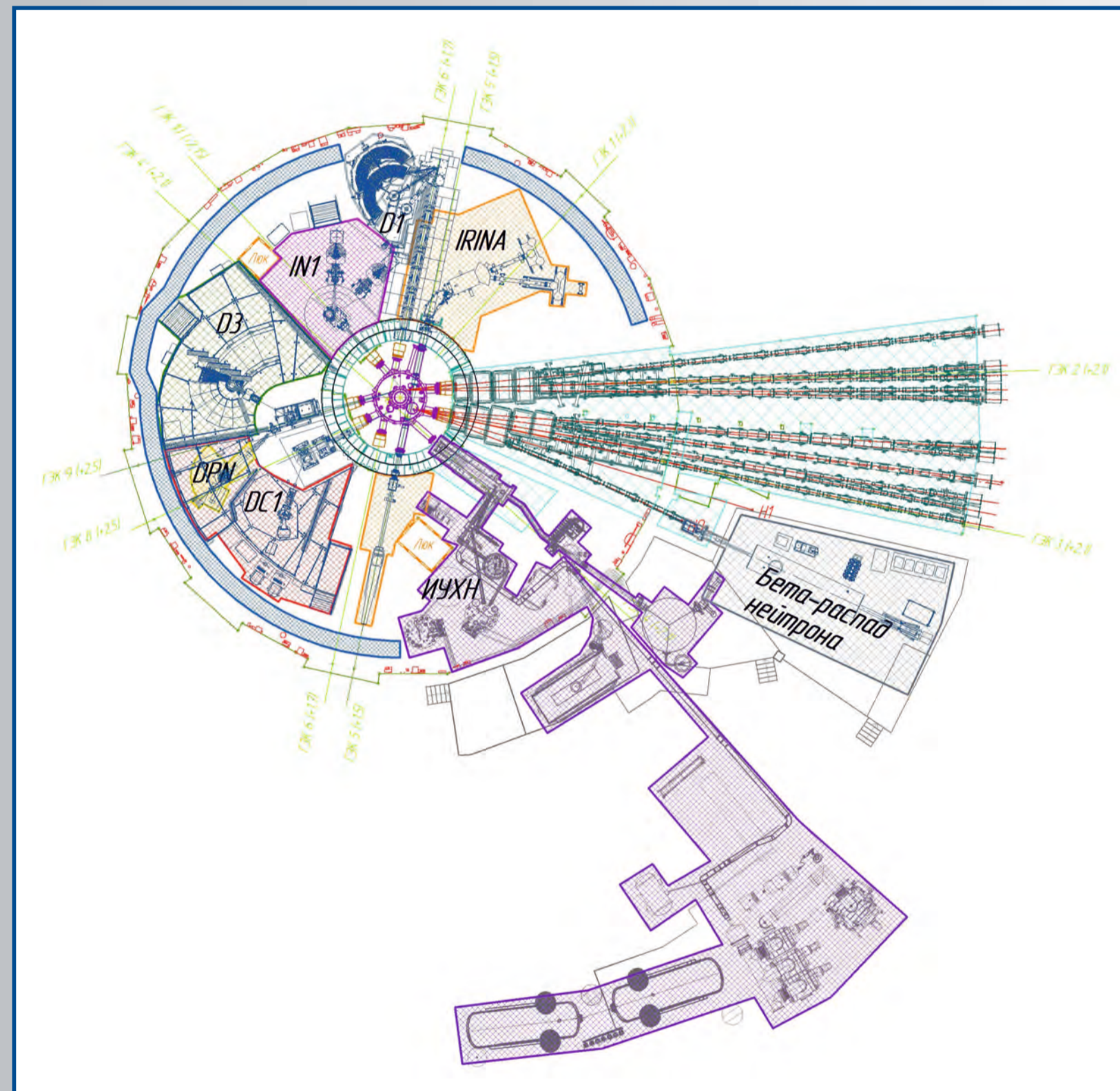
**2020 г.** Введены в эксплуатацию 5 экспериментальных станций первой очереди для проведения экспериментов на выведенных пучках нейтронов.

**2021 г.** Осуществлен переход реактора на энергетический режим работы этапа освоения мощности до 10 МВт.

**2022 г.** Достигнута мощность реактора 7 МВт, что подтвердило высокую квалификацию персонала и продемонстрировало устойчивую и надежную работу реактора и технологических систем.

Идет подготовка к переходу от пусковой активной зоны к эксплуатационному комплексу тепловыделяющих сборок, обеспечивающих удовлетворительную длительность цикла работы реактора порядка 25 суток между перегрузками топлива. Концепция нового топлива для реактора ПИК основана на использовании серийных тепловыделяющих элементов реактора СМ с повышенной загрузкой <sup>235</sup>U, применении выгорающего поглотителя и модернизации конструкции самой топливной кассеты. Параллельно с увеличением мощности реактора идет создание комплекса экспериментального оборудования для проведения научных экспериментов.

## СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ В ЗАЛЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КАНАЛОВ И НЕЙТРОНОВОДНОМ ЗАЛЕ



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАНЦИИ ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ В ЗАЛЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КАНАЛОВ РЕАКТОРА ПИК

### Тестовый нейтронный рефлектометр (ТНР)



**Назначение:** тестирование нейтронных поляризующих и неполяризующих зеркал для создания нейтронных пучков и других нейтронно-оптических устройств, в том числе для РК ПИК.

### Тестовый спектрометр (ТСпектр)



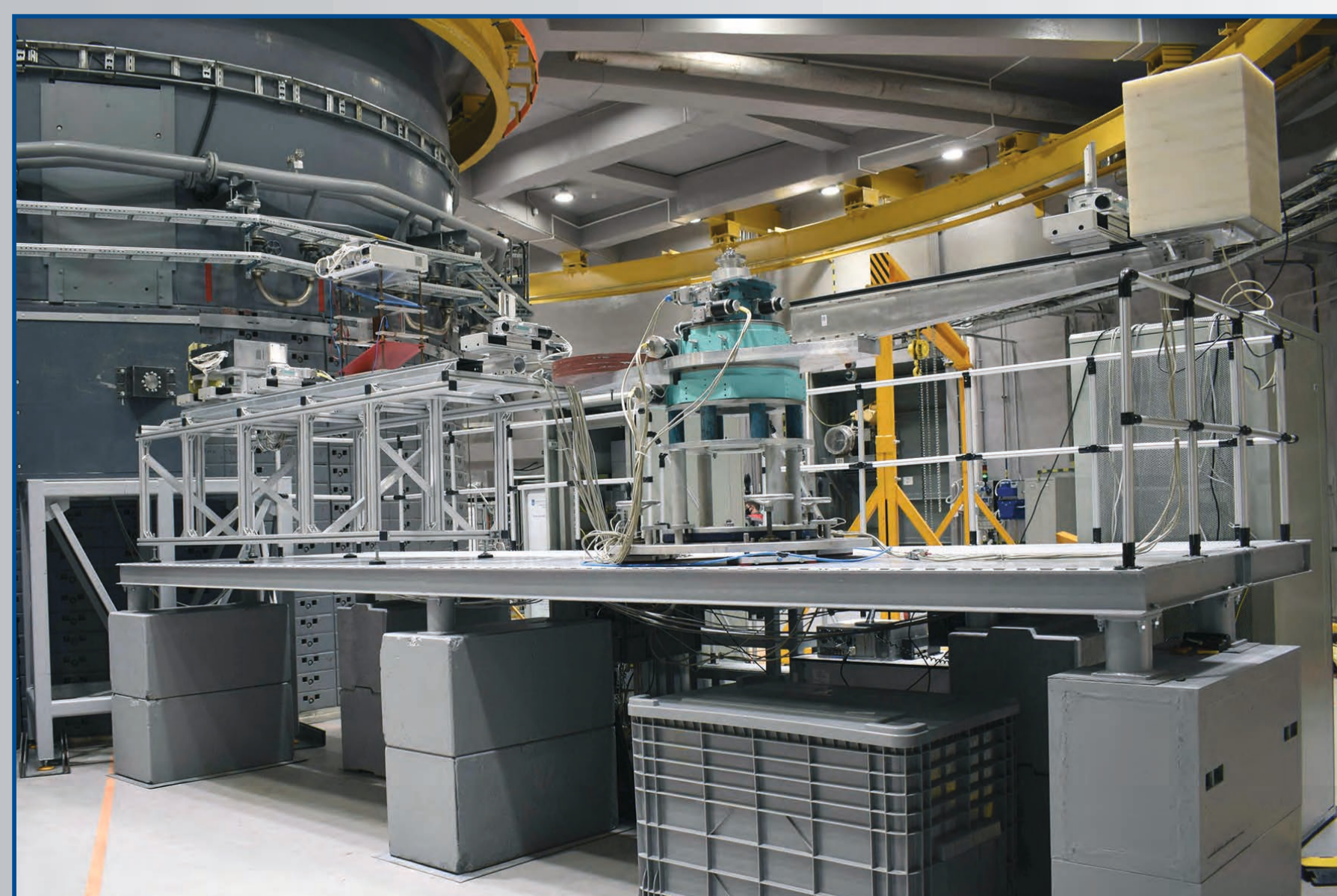
**Назначение:** измерение спектра тепловых нейтронов, выводимых либо непосредственно из горизонтальных экспериментальных каналов, либо нейтронноводами. Регистрация спектра производится по методу времени пролета (TOF).

### Текстурный дифрактометр (ТЕХ-3)



**Назначение:** текстурная дифрактометрия, в том числе прикладные текстурные исследования конструкционных и технических материалов.

### Рефлектометр поляризованных нейтронов (NERO-2)

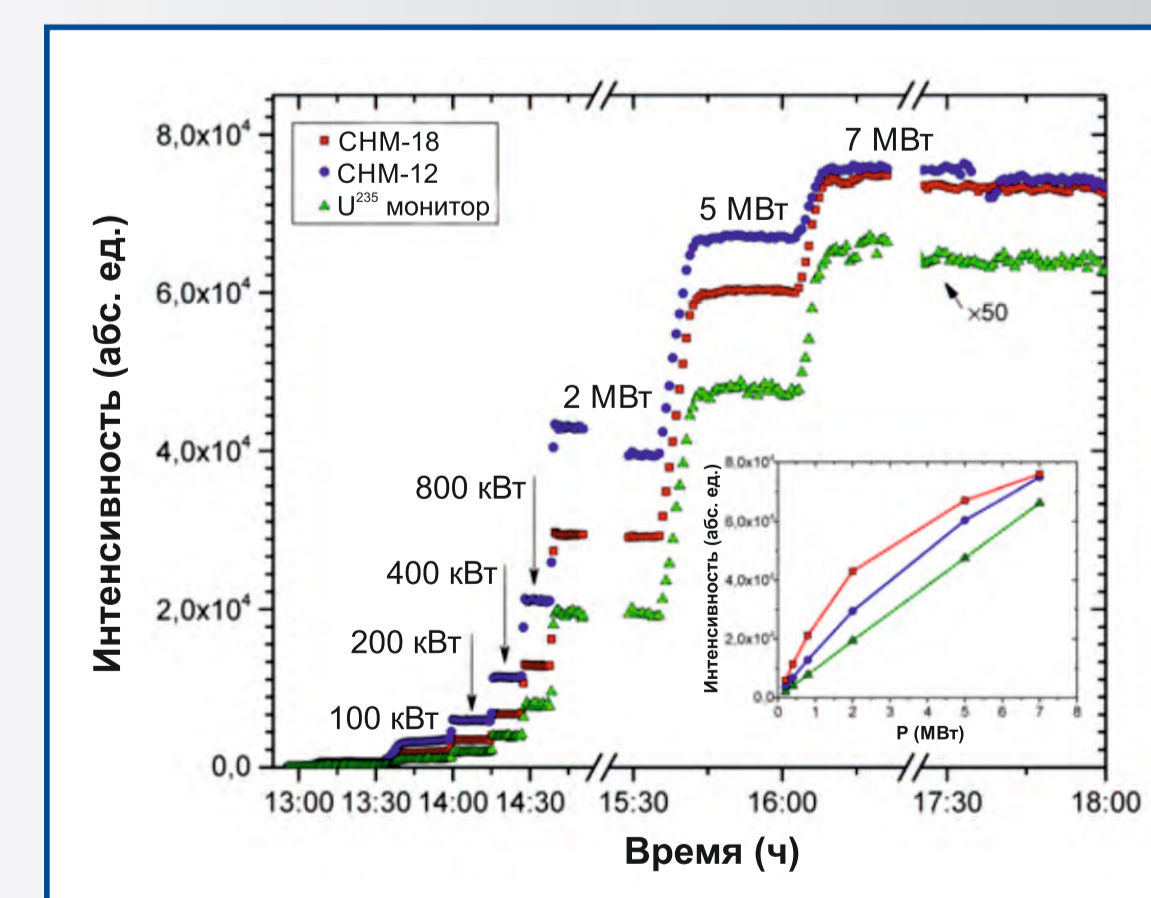


**Назначение:** исследование поверхностных структур, границ раздела, тонких пленок и многослойных структур как магнитных, так и немагнитных материалов.

### Дифрактометр поляризованных нейтронов (ДПН)



**Назначение:** исследование особенностей магнитного упорядочения в кристаллических объектах (определение типа магнитного порядка, вектора магнитной структуры, ориентации магнитных моментов).



Временная зависимость интенсивности пучка нейтронов канала ГЭК-10 при выходе реактора ПИК на мегаваттные мощности. На вставке представлена зависимость интегральной интенсивности от мощности реактора

Измерены спектр нейтронного пучка на выходе из экспериментальных каналов, а также абсолютное значение потока тепловых нейтронов двумя независимыми методами на выходе канала ГЭК-10. Показано: интегральный поток нейтронов на выведенном пучке линейно растет при выходе реактора на мощность 7 МВт. Полученные значения потока совпали с расчетным, что подтверждает проектные характеристики реактора ПИК.



# РЕАКТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ПИК



Один из ключевых элементов Федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры, высокотемпературный реактор ПИК станет уникальной базой научных исследований, проводимых с использованием нейтронов (фундаментальные свойства нейтрона, материаловедение, физика и техника реакторов, ядерная физика, нейтронная физика, физика конденсированного состояния).

## ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ, ВКЛЮЧЕННЫЕ В ФЕДЕРАЛЬНУЮ ЦЕЛЕВУЮ ПРОГРАММУ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

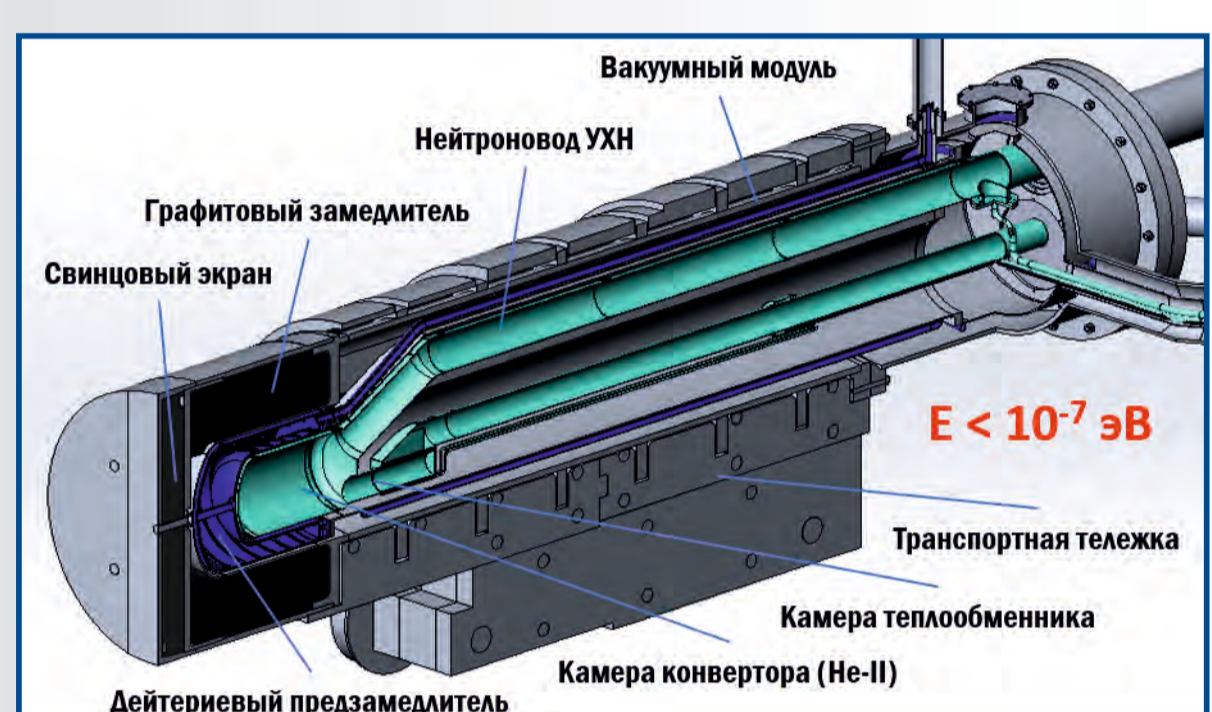
Проект «Модернизация инженерно-технических систем обеспечения эксплуатации реактора ПИК и работы его научных станций».  
Проект «Реконструкция лабораторного комплекса научно-исследовательского реакторного комплекса ПИК».  
Проект «Создание приборной базы реакторного комплекса ПИК».

В результате реализации этих проектов будет создан научно-исследовательский комплекс, оснащенный 25 нейтронными станциями, источниками холодных нейтронов, горячих нейтронов и источником ультрахолодных нейтронов, что позволит удовлетворить запросы на нейтронные исследования как со стороны научно-технического комплекса России, так и со стороны значительной части европейских партнеров на долгие годы. Нейтронноводная система позволяет транспортировать нейтроны к 17 экспериментальным установкам, расположенным в нейтронноводном зале в низкофонных условиях.

## ИНФРАСТРУКТУРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ РК ПИК

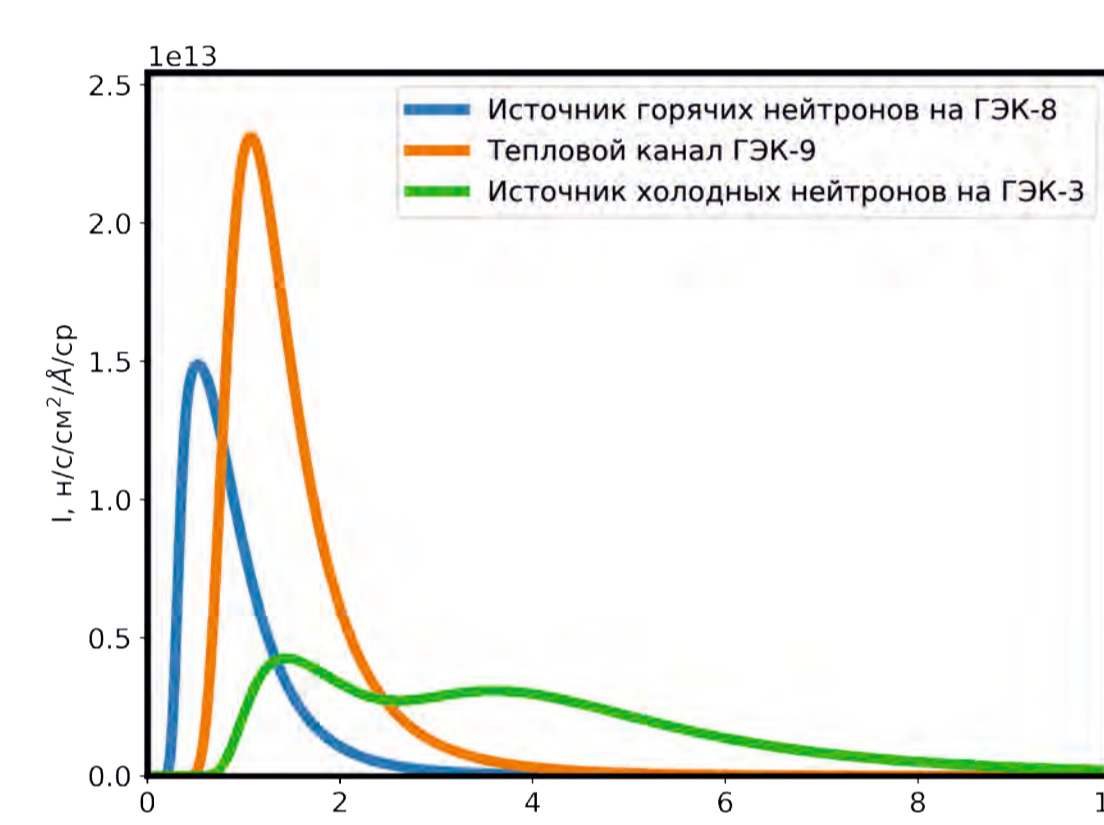
### ВТОРИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ НЕЙТРОНОВ РАЗЛИЧНОЙ ЭНЕРГИИ

#### Элементы источника ультрахолодных нейтронов канала ГЭК-4

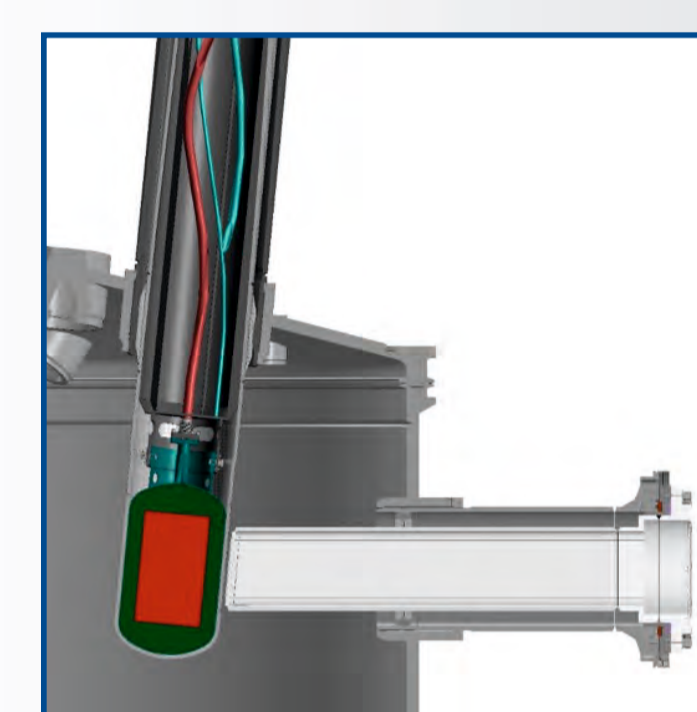


#### Параметры источника ультрахолодных нейтронов

- Температура конвертора (He-II): 1,15 К.
- Энерговыведение в He-II: 3,85 Вт.
- Плотность УХН в He-II:  $1,3 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$ .
- Плотность УХН в эксперименте:  $3,5 \cdot 10^2 \text{ см}^{-3}$ .

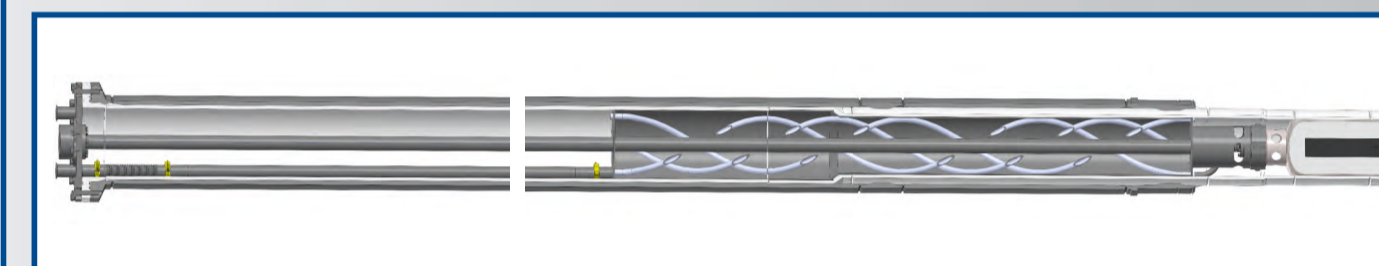


#### Источник горячих нейтронов (ГЭК-8)

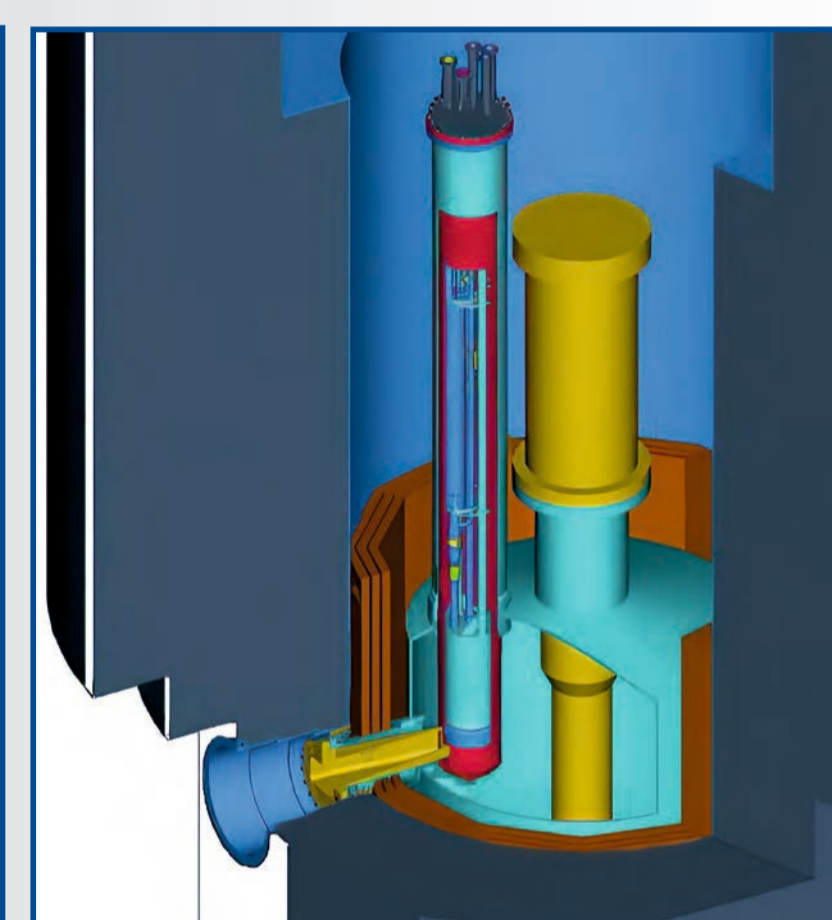


#### Параметры источника горячих нейтронов

Источник на основе графита ( $T = 1800 \text{ К}$ ) обеспечивается за счет радиационного нагрева,  $V = 5 \text{ л}$ ) позволит получить нейтроны с энергией до 1 эВ.



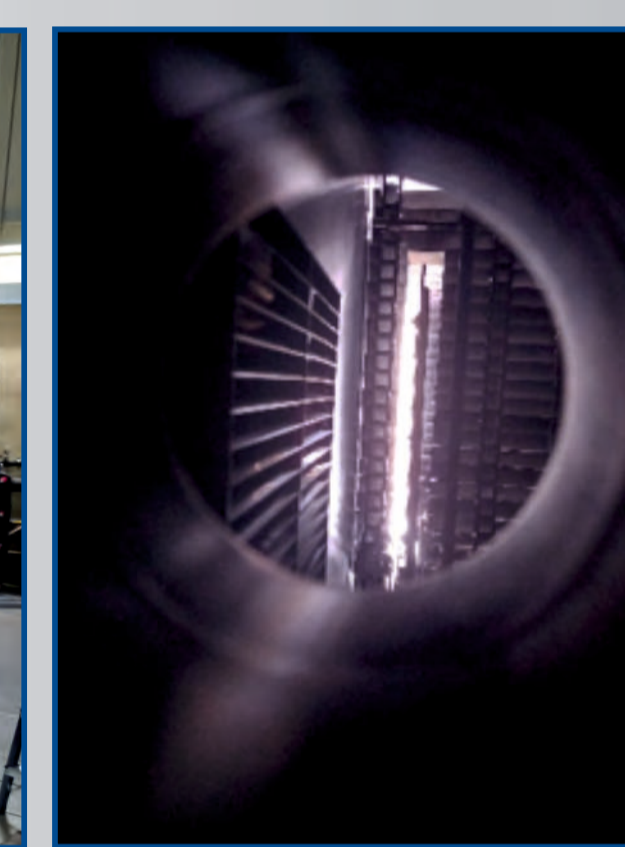
#### Криогенное оборудование источника холодных нейтронов для ГЭК-3



#### Параметры источника холодных нейтронов

- Замедлитель – жидкий дейтерий ( $T = 20 \text{ К}$ ,  $V = 25 \text{ л}$ ).
- Расстояние от активной зоны реактора до источника: 600 мм.
- Тепловыделение: 5–6 кВт.

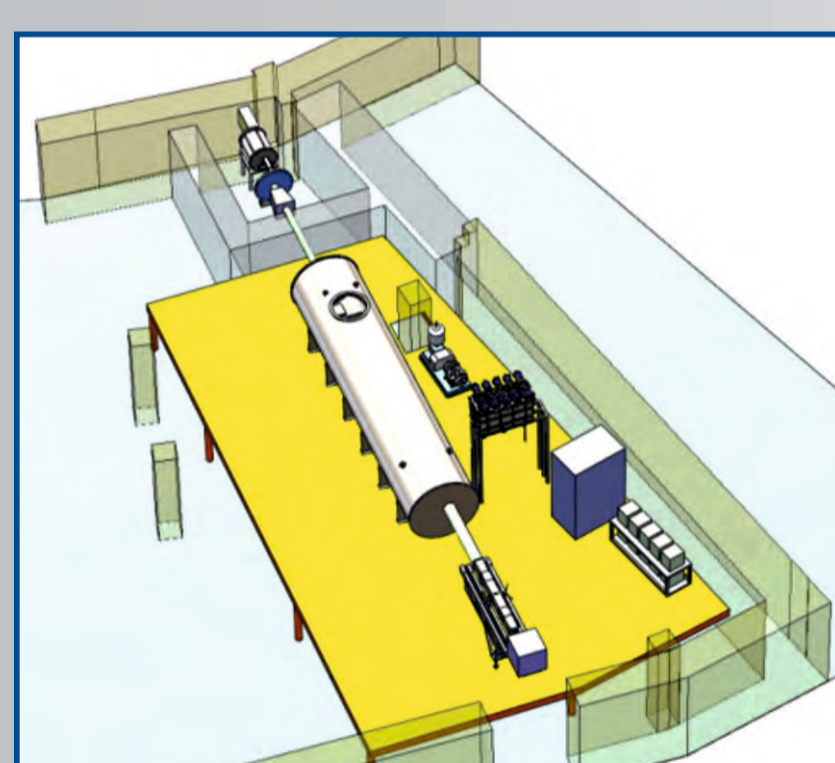
#### Напылительный комплекс (корпус 11)



Позволяет изготавливать зеркала с покрытием до  $m = 3$

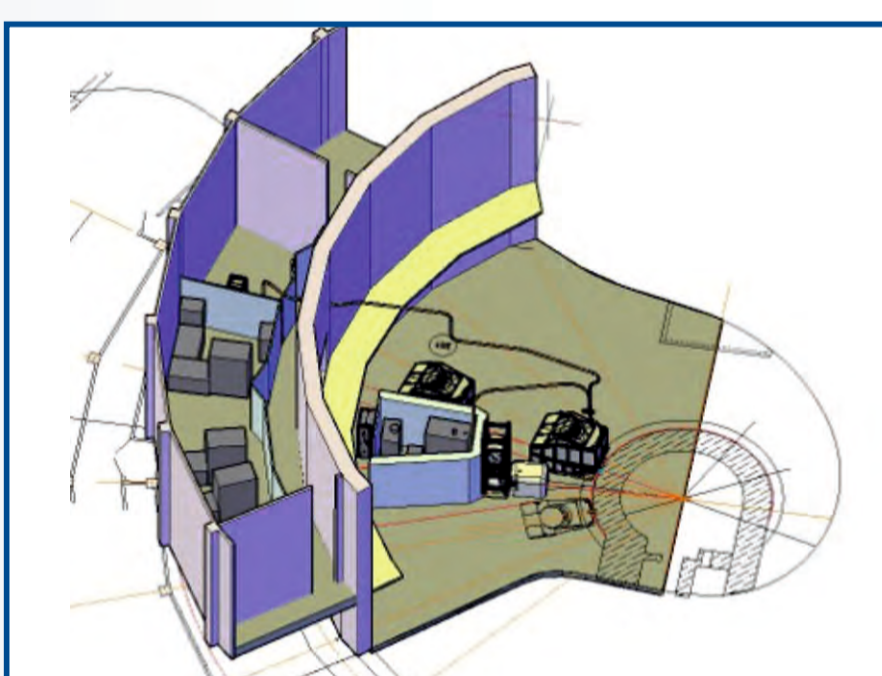
## КОМПЛЕКС УСТАНОВОК ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ФИЗИКИ ЧАСТИЦ

#### Бета-распад нейтрона



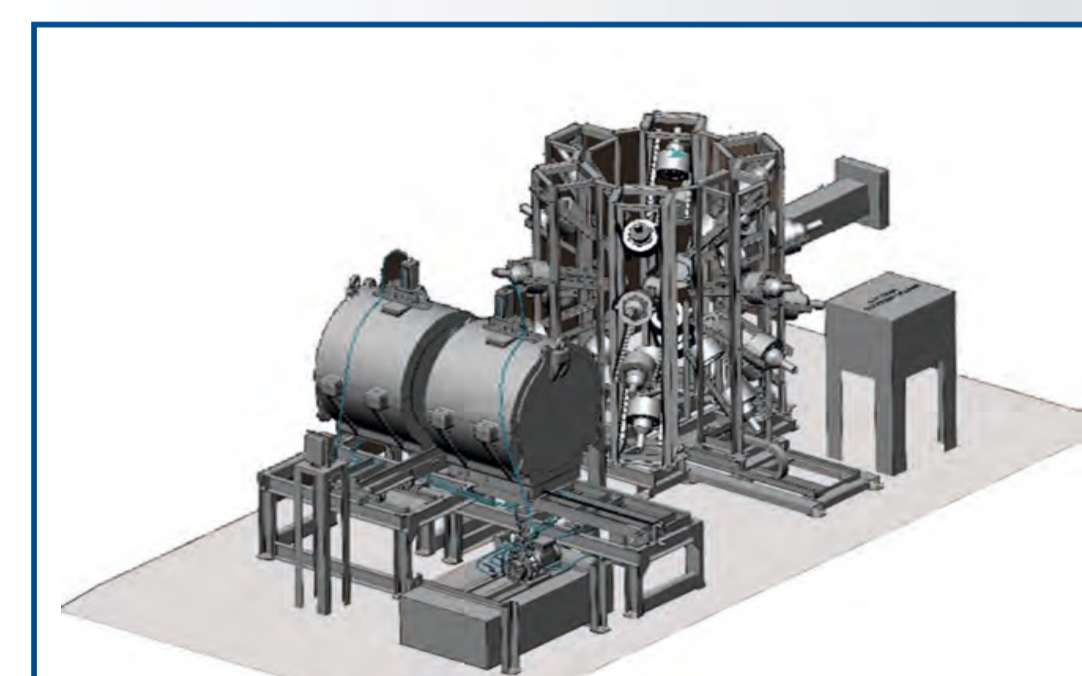
**Назначение:** исследование слабых взаимодействий путем измерения корреляционных коэффициентов при бета-распаде нейтрона.

#### Установка для нейтронно-активационного анализа INAA (НЭК-4)



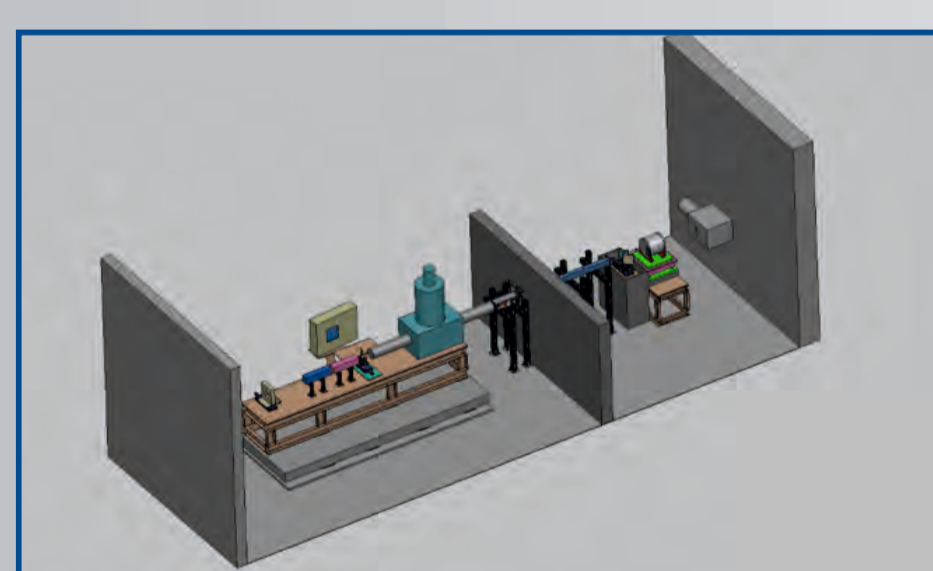
**Назначение:** проведение инструментального нейтронно-активационного анализа на основе спектрометров гамма-излучения.

#### Установка для исследования множественности осколков деления FISCO (Н-9)



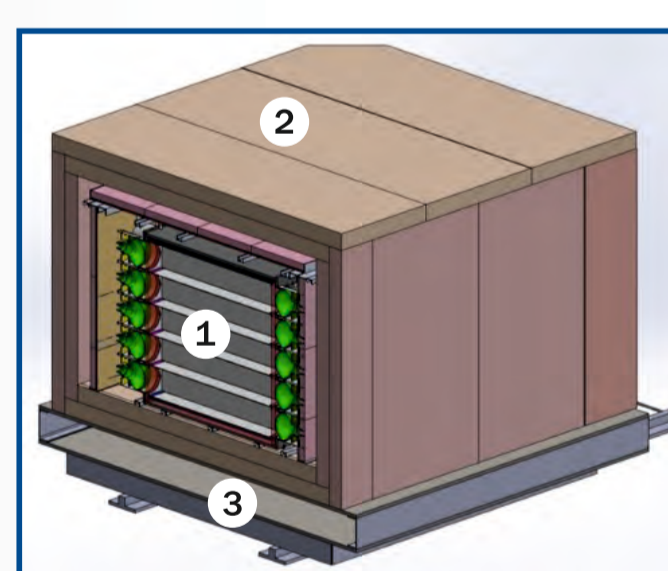
**Назначение:** изучение механизма деления ядер и получение ядерных данных, необходимых для практических приложений, с высокой точностью.

#### Установка для измерения ЭДМ нейтрона кристалл-дифракционным методом DEDM (Н4-1)



**Назначение:** проведение эксперимента по поиску ЭДМ нейтрона с использованием дифракции в нецентросимметричном кристалле кварца.

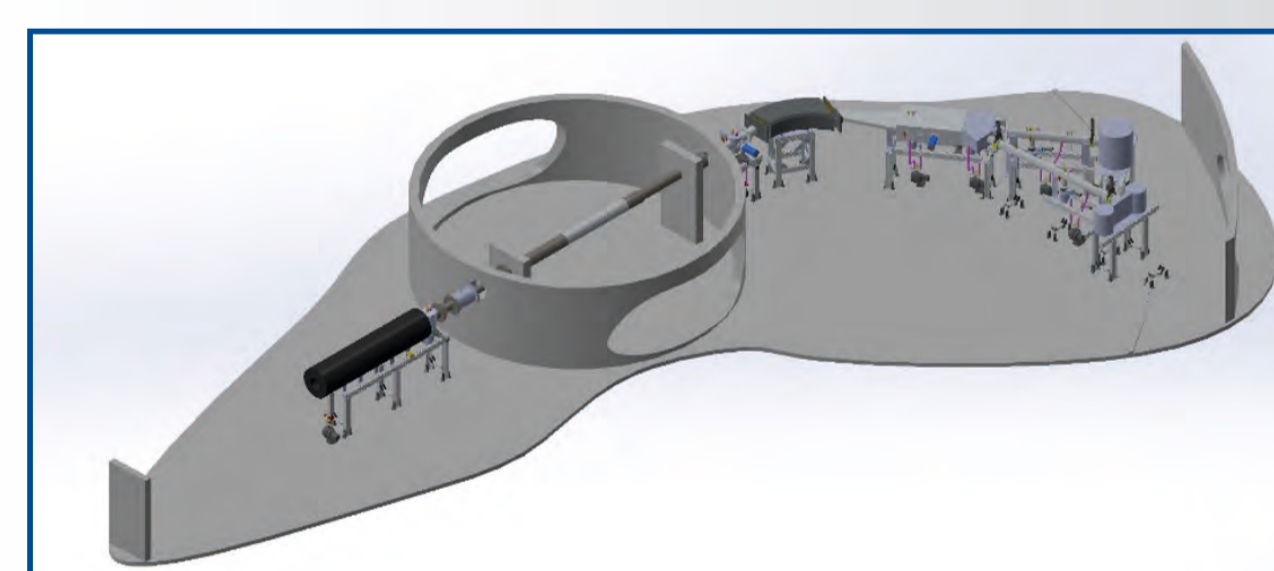
#### Нейтронный приборный комплекс «Нейтрино» (зал ГЭК)



- 1 – детектирующий модуль с ФЭУ.
- 2 – пассивная защита (60 т).
- 3 – система перемещения детектора.

**Назначение:** измерение спектра реакторных антинейтрино на различных расстояниях от источника.

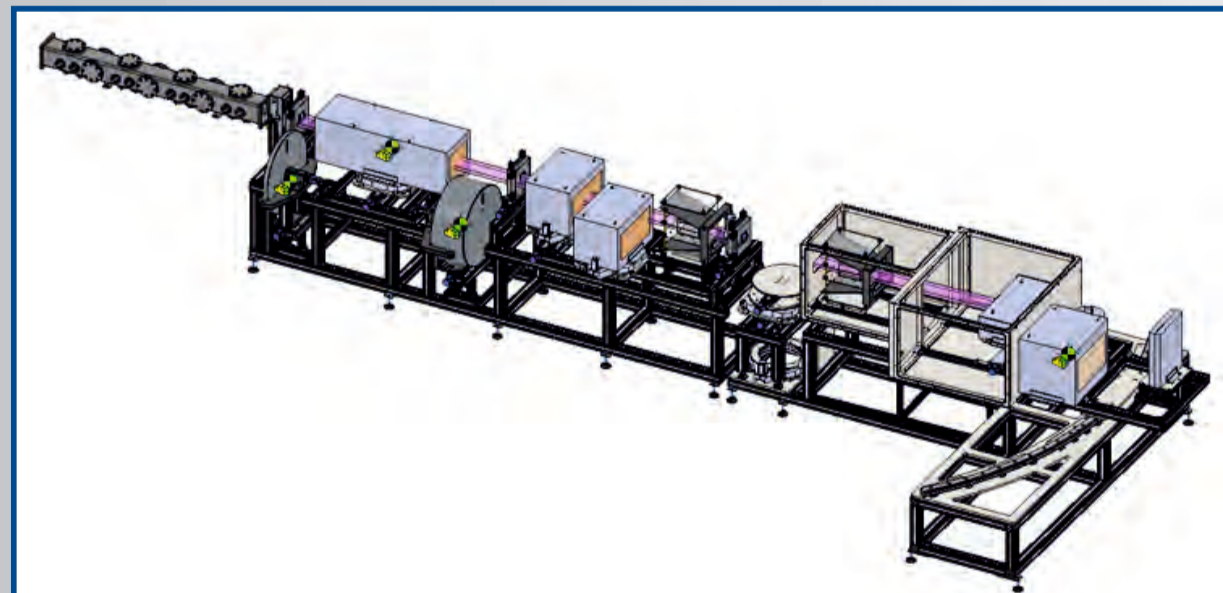
#### Масс-сепараторный лазерно-ядерный комплекс ИРИНА (ГЭК 5-5')



**Назначение:** получение радиоактивных ионных пучков нейтроноизбыточных короткоживущих изотопов для ядерно-физических исследований и ядерной медицины.

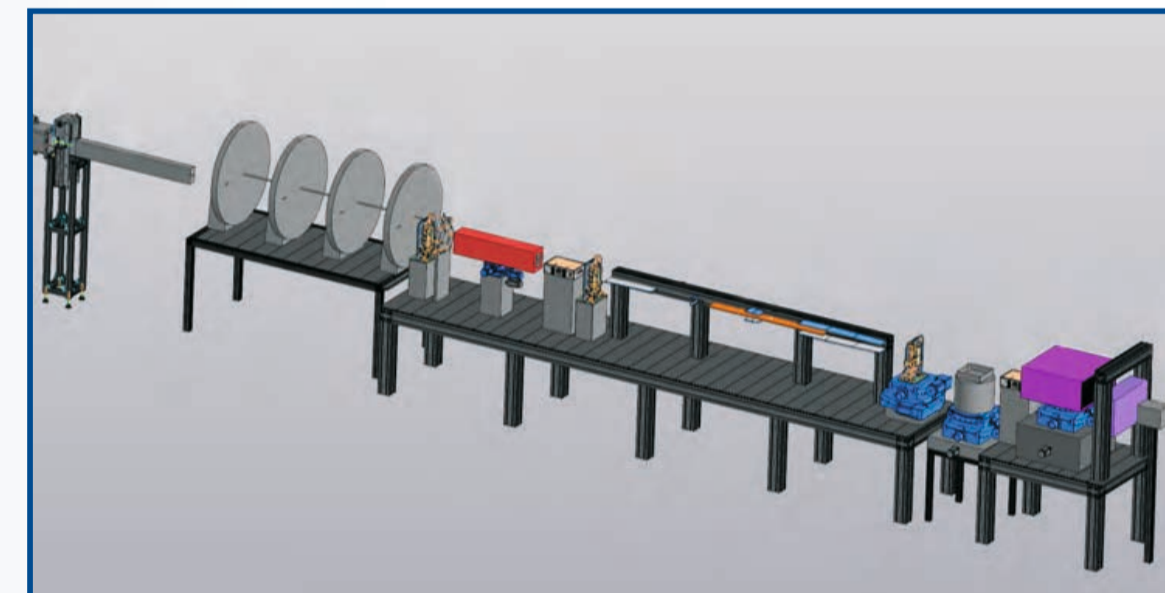
## КОМПЛЕКС РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

#### Нейтронный оптический рефлектометр SONATA (Н4-2)



**Назначение:** исследование образцов с небольшой площадью поверхности (тонкие и атомарно тонкие пленки, слоистые и латерально упорядоченные структуры), в том числе процессов на границе раздела «твердая – жидкая фазы».

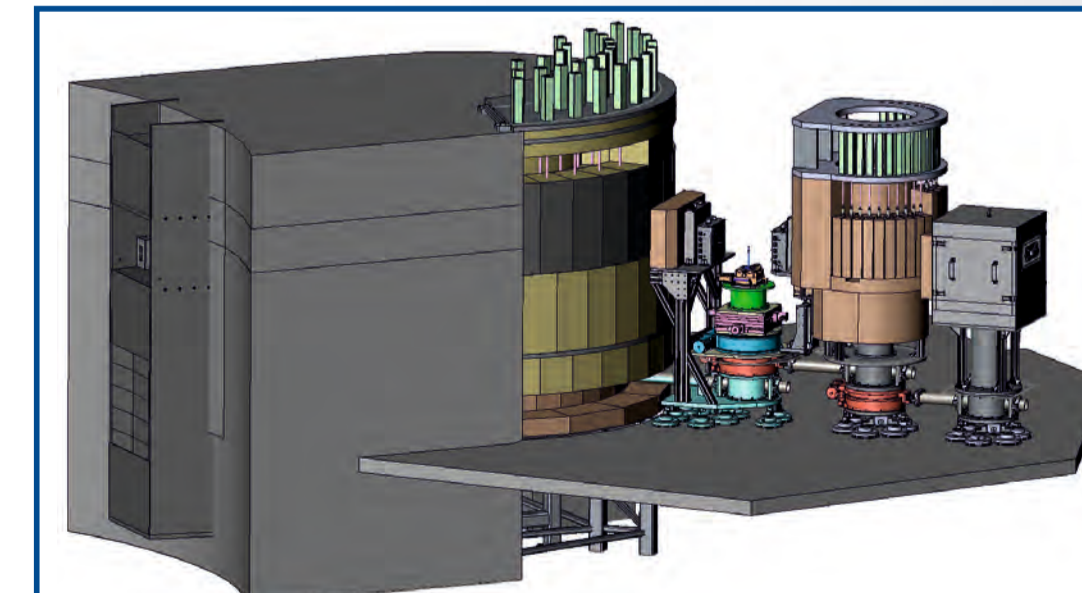
#### Нейтронный оптический рефлектометр HARMONY (Н5-1)



**Назначение:** исследование физики мягкой материи (в том числе жидкостей, жидких кристаллов, мембран, полимеров, сложных растворов), а также магнитных и немагнитных твердотельных пленок.

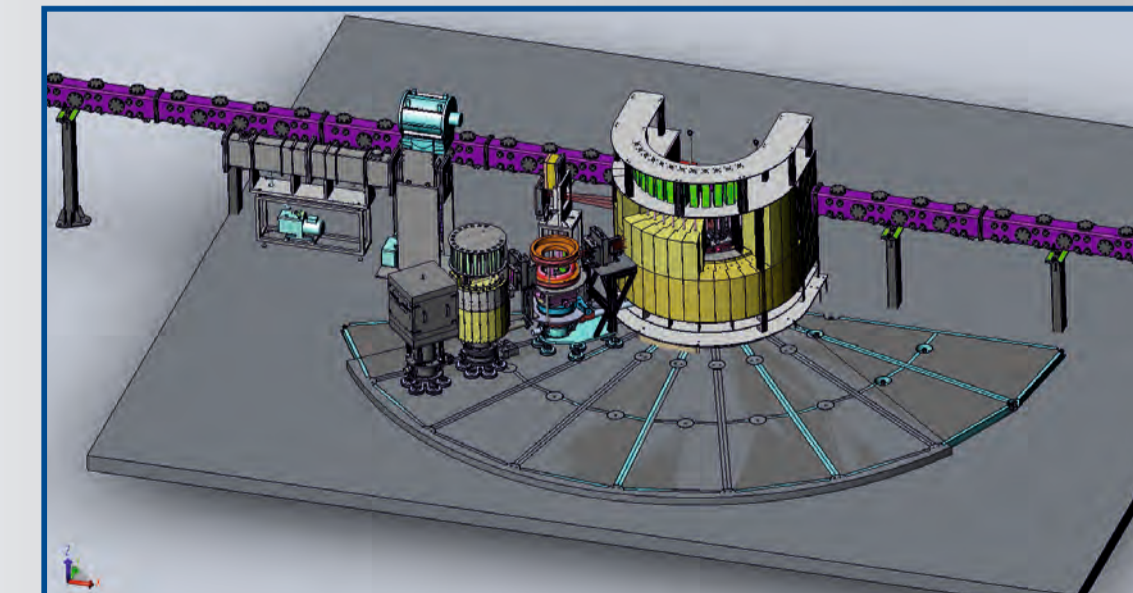
## КОМПЛЕКС СПЕКТРОМЕТРИИ

#### Трехосный спектрометр тепловых нейтронов IN-1 (ГЭК-10)



**Назначение:** исследование неупругого рассеяния нейтронов на коллективных возбуждениях в твердом теле.

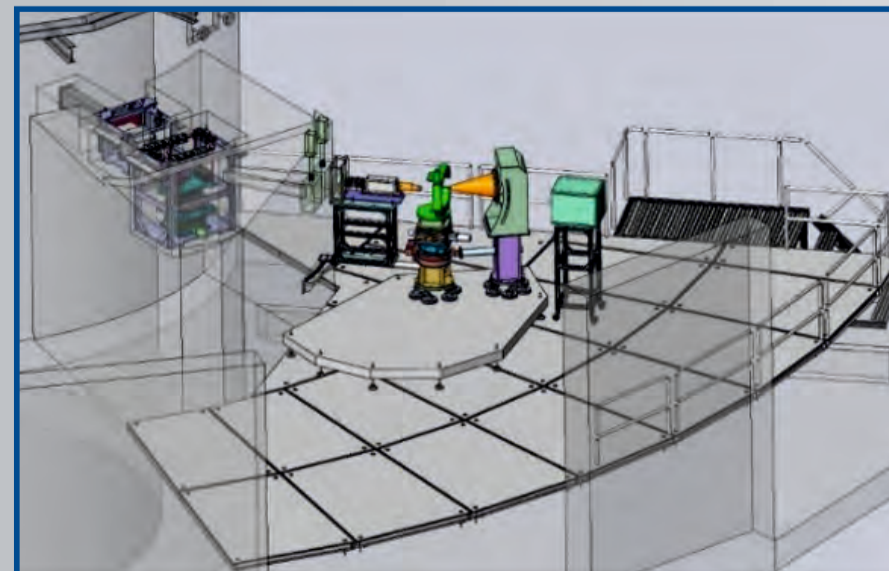
#### Трехосный спектрометр холодных нейтронов IN-2 (Н-2)



**Назначение:** исследование динамики кристаллической и магнитной решеток; критического рассеяния и явлений, связанных с фазовыми переходами, и др.

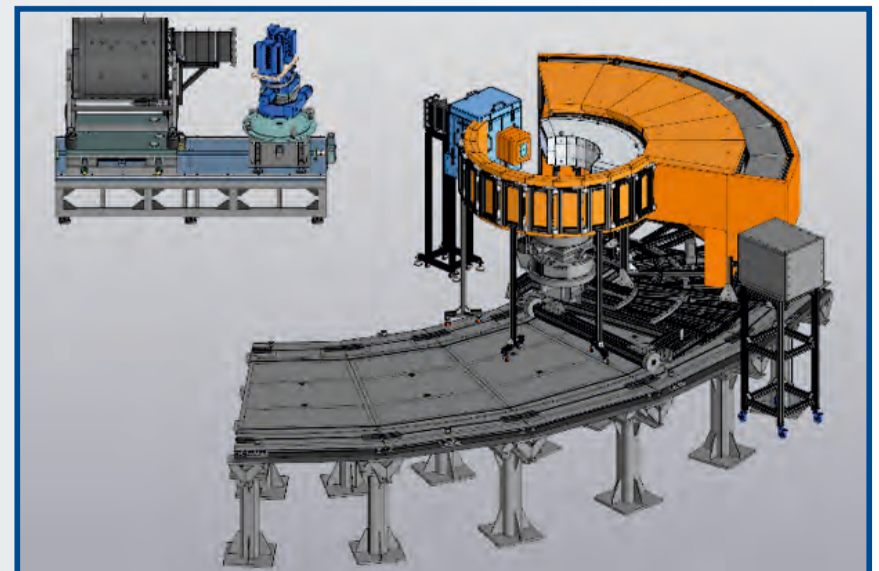
## КОМПЛЕКС ДИФРАКТОМЕТРИИ

#### Четырехкружный дифрактометр DC1 (ГЭК-8)



**Назначение:** исследование атомной и магнитной структуры кристаллов.

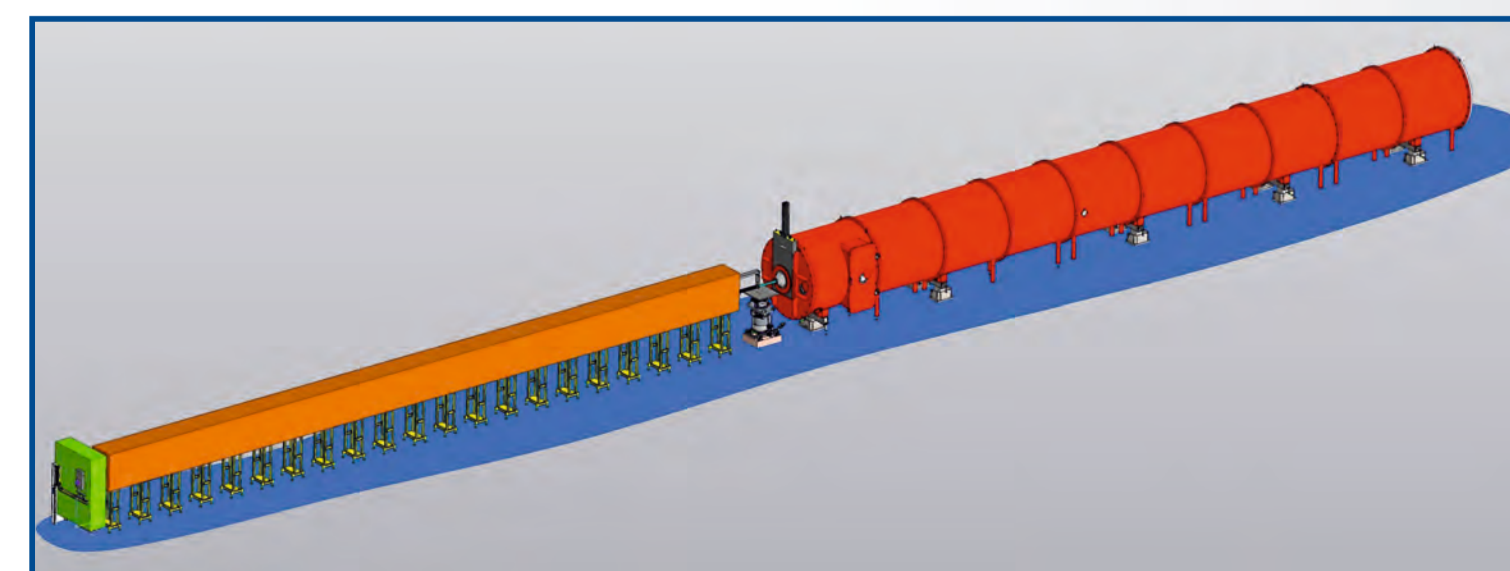
#### Порошковый многодетекторный дифрактометр тепловых нейтронов D3 (ГЭК-9-1)



**Назначение:** исследование атомной и магнитной структуры разных соединений.

## КОМПЛЕКС СПИН-ЭХО И МАЛОУГЛОВОГО РАССЕЯНИЯ

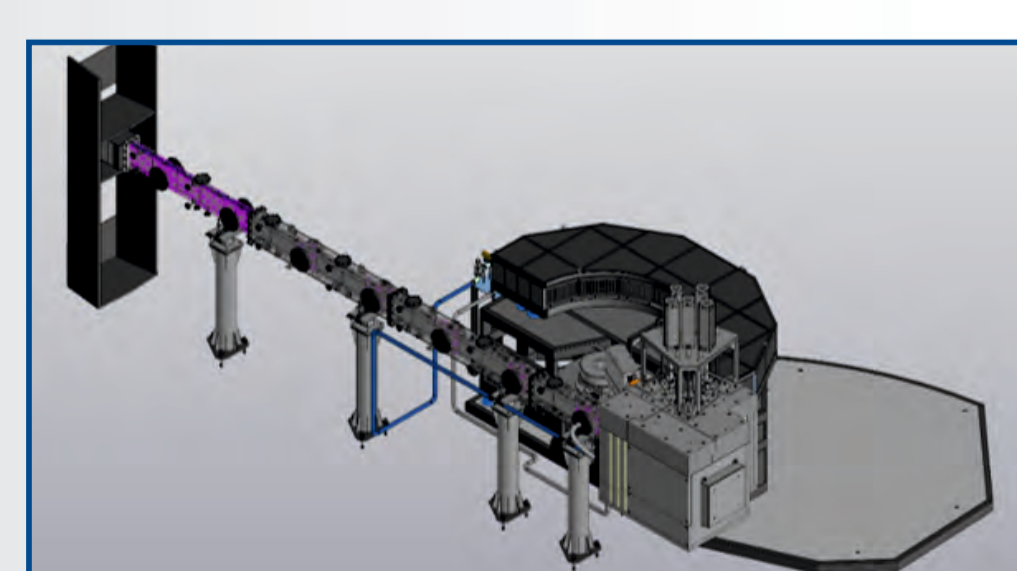
#### Малоугловой дифрактометр поляризованных нейтронов TENZOR (Н5-2-2-2)



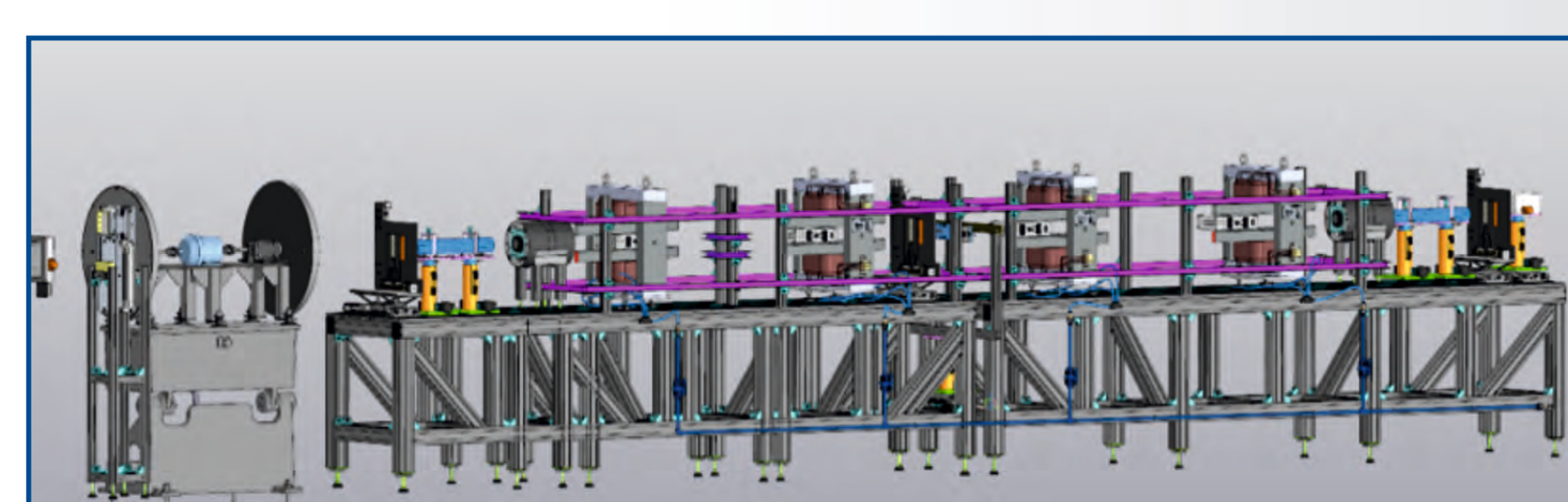
**Назначение:** изучение ядерных и магнитных неоднородностей размерами  $1-10^2 \text{ нм}$  для исследований в области материаловедения, физики металлов, биофизики, физики и химии коллоидных частиц, физики сверхпроводников.

#### Суперпозиционный многосекционный порошковый дифрактометр D1 (ГЭК-6')

**Назначение:** структурные исследования с помощью упругого рассеяния нейтронов на постоянной длине волны.



#### Установка спин-эхо ультрамалоуглового рассеяния SESANS (Н3-1)



**Назначение:** исследование крупномасштабных объектов биологии, коллоидной и супрамолекулярной химии, пористых и мембранных систем, доменной структуры магнитных материалов.