

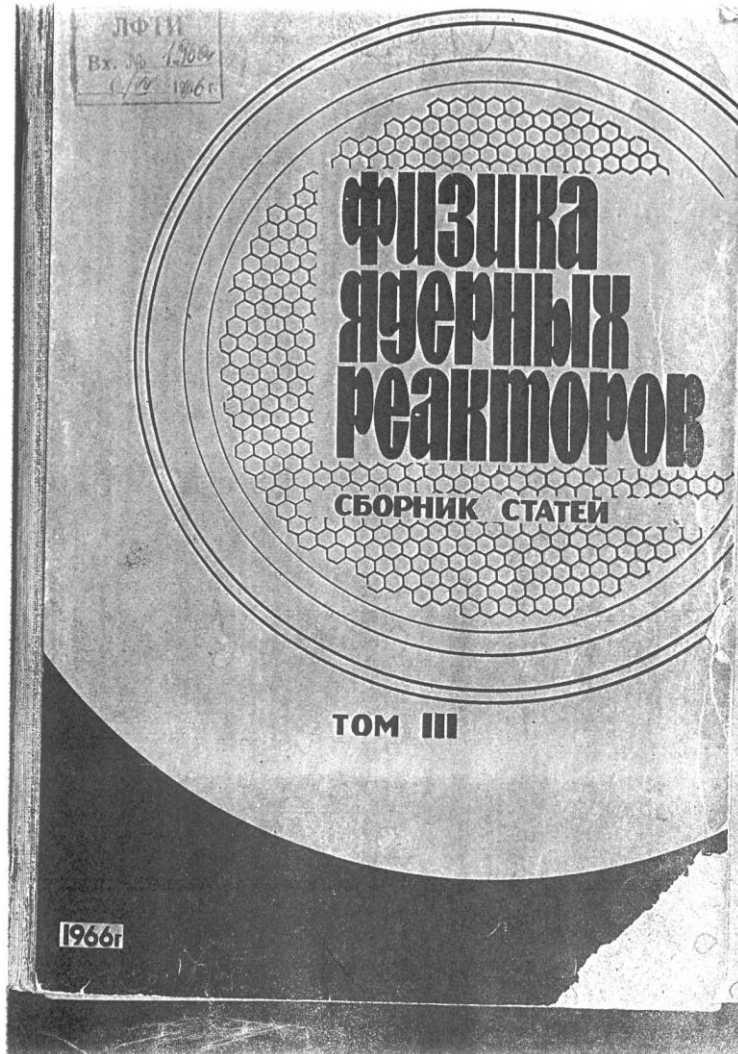
Реакторный комплекс ТИК

Владимир Воронин

НИЦ «Курчатовский институт»_ПИЯФ



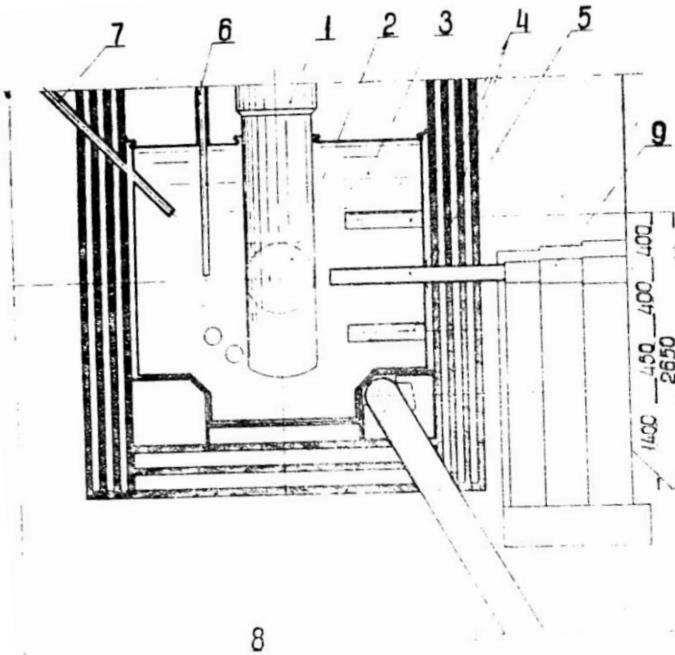
Some history. First PIK mention



РЕАКТОР ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ – ПИК

А.Н.Ерыкалов, Д.М.Каминкер, К.А.Коноплев,
Ю.В.Петров, В.М.Соколов.

КРАТКАЯ СЪЮЖКА ПАРАМЕТРОВ РЕАКТОРА ПИК



Назначение	- Научно-исследовательски
Мощность средняя	- 10 Мвт
Мощность максимальная	- 100 Мвт
Объём активной зоны	- 50 ± 60 л
Среднее удельное энерговыделение	- 2 ± 1,6 Мвт/л.
Замедлитель и теплоноситель	- H ₂ O
Тип ТВЭ	- CM-2
Загрузка U 235	- 20 - 24 кг
Обогащение	- 90%
Доля металла в активной зоне	- 30 ± 40%
Число ловушек	- 1
Заполнитель ловушки	- H ₂ O
Максимальный невозмущенный поток в ловушке	- (4±5)10 ¹⁵ н/см ² сек.
Отражатель	- D ₂ O
Число горизонтальных каналов	- 12 ± 15
Максимальный поток тепловых нейтронов в каналах при 100 Мвт	- ~ 10 ¹⁵ н/см ² сек.
Давление в первом контуре	- 50 бар
Глубина выгорания горючего	- ~ 30%
Кампания	- ~ 5 · 10 ³ Мвт.суток.

РЕАКТОР ПИК

1. РАСПОРЯЖЕНИЕ О СОЗДАНИИ	9.09.75г.	
2. УСТАНОВЛЕННЫЙ СРОК ПУСКА РЕАКТОРА	1980г.	
3. УТВЕРЖДЕННАЯ СМЕТНАЯ СТОИМОСТЬ РЕАКТОРА	24 М.РУБ.	
В Т.Ч. СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ	11,7 М.РУБ.	
4. ОЦЕНКА СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПО УТВЕРЖДЕННЫМ ДОПОЛНЕНИЯМ К ТЕХ. ПРОЕКТУ	25-3 М.РУБ.	
5. СТОИМОСТЬ I-ОЙ ОЧЕРЕДИ ЛАБОРАТОРИЙ КОМПЛЕКСА ПИК (АНИ-2 и МАК) ПО ТЕХ. ПРОЕКТУ	97 М.РУБ.	
В Т.Ч. СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ	5,6 М.РУБ.	
6. ИТОГО: ПОЛНАЯ УТВЕРЖДЕННАЯ СТОИМОСТЬ I-ОЙ ОЧЕРЕДИ КОМПЛЕКСА	36,5 М.РУБ.	
7. ВЫПОЛНЕНО С.М.Р. НА 1 ЯНВАРЯ 1978г.	3,2 М.РУБ.	
В Т.Ч. НА ОСНОВНЫХ ОБЪЕКТАХ	1,5 М.РУБ.	
8. СМЕТНАЯ СТОИМОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ РЕАКТОРА	8 М.РУБ.	
ОПЛАЧЕНО К 1 ЯНВАРЯ 1978г.	1,3 М.РУБ.	
ЗАКЛЮЧЕНО ДОГОВОРОВ И ЗАЯВЛЕНО	5,7 М.РУБ.	
9. СМЕТНАЯ СТОИМОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ I-ОЙ ОЧЕРЕДИ ЛАБОРАТОРИЙ КОМПЛЕКСА ПИК	5,9 М.РУБ.	
ЗАКЛЮЧЕНО ДОГОВОРОВ И ЗАЯВЛЕНО	5,2 М.РУБ.	
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТАНОВЛЕННОГО СРОКА ПУСКА ТОЛЬКО ПО РЕАКТОРУ НУЖНО ОСВОИТЬ:		
1978 г.	1979 г.	1980 г.
2 М.РУБ.	4,5 М.РУБ.	5,4 М.РУБ.
ПРИ ПЛАНЕ ЦУКСа АН СССР		
2	2,5	3,41

РЕАКТОР ВВР-М

1. ГОД ПУСКА
2. ПРОЕКТНАЯ МОЩНОСТЬ, МВт
3. НОМИНАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ, МВт
4. СРЕДНЯЯ ПЛОТНОСТЬ ПОТОКА ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ КАНАЛАХ (ДЛЯ МОЩНОСТИ 15 МВт) $\frac{1}{\text{см}^2}$
5. МАКСИМАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ПОТОКА ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ В "ЛОВУШКЕ" АКТИВНОЙ ЗОНЫ $\text{н/см}^2\text{сек}$
6. КОЛИЧЕСТВО ВЕРТИКАЛЬНЫХ КАНАЛОВ ОБЛУЧЕНИЯ ИЗОТОПОВ
7. КОЛИЧЕСТВО ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КАНАЛОВ
 - а) ПЕРВОНАЧАЛЬНОЕ (ВСЕ РАДИАЛЬНЫЕ)
 - б) ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ, ЗАВЕРШЕННОЙ В 1969г.
 В ТОМ ЧИСЛЕ КАСАТЕЛЬНЫЕ
8. КОЛИЧЕСТВО РАДИОАКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ
9. КОЛИЧЕСТВО ОБЛУЧЕННЫХ ОБРАЗЦОВ
10. В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КАНАЛАХ ЗОНЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ТЕХНАДЗОРОМ СРОК ЭКСПЛУАТАЦИИ КОРПУСА ТРУБОПРОВОДА



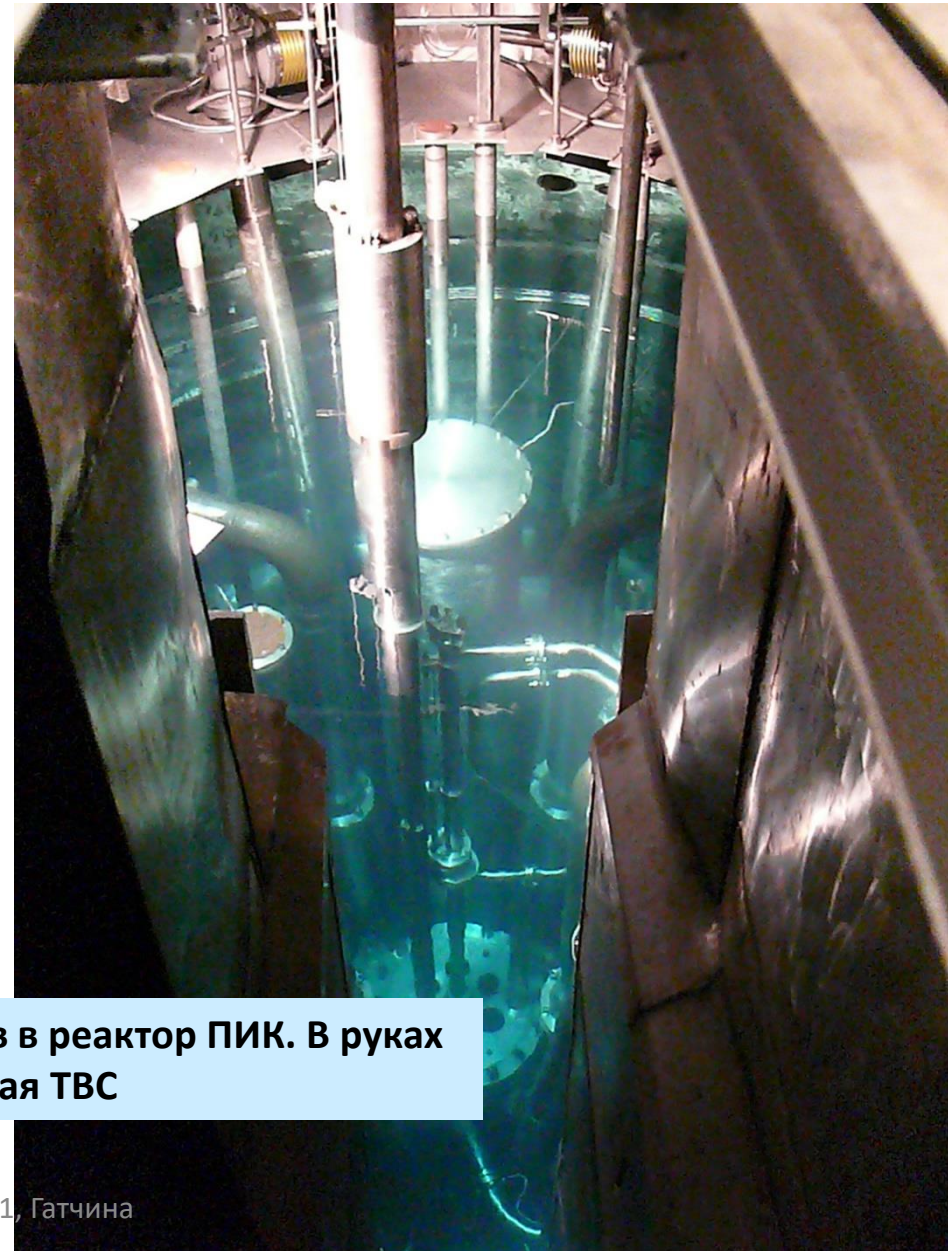
РЕАКТОР ВВР-М30

1. ПРИБЛИЖИТЕЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ ЗАМЕНА УСТАРЕВШИХ И ПОВЫШЕНИЕ

Физический пуск - 2011

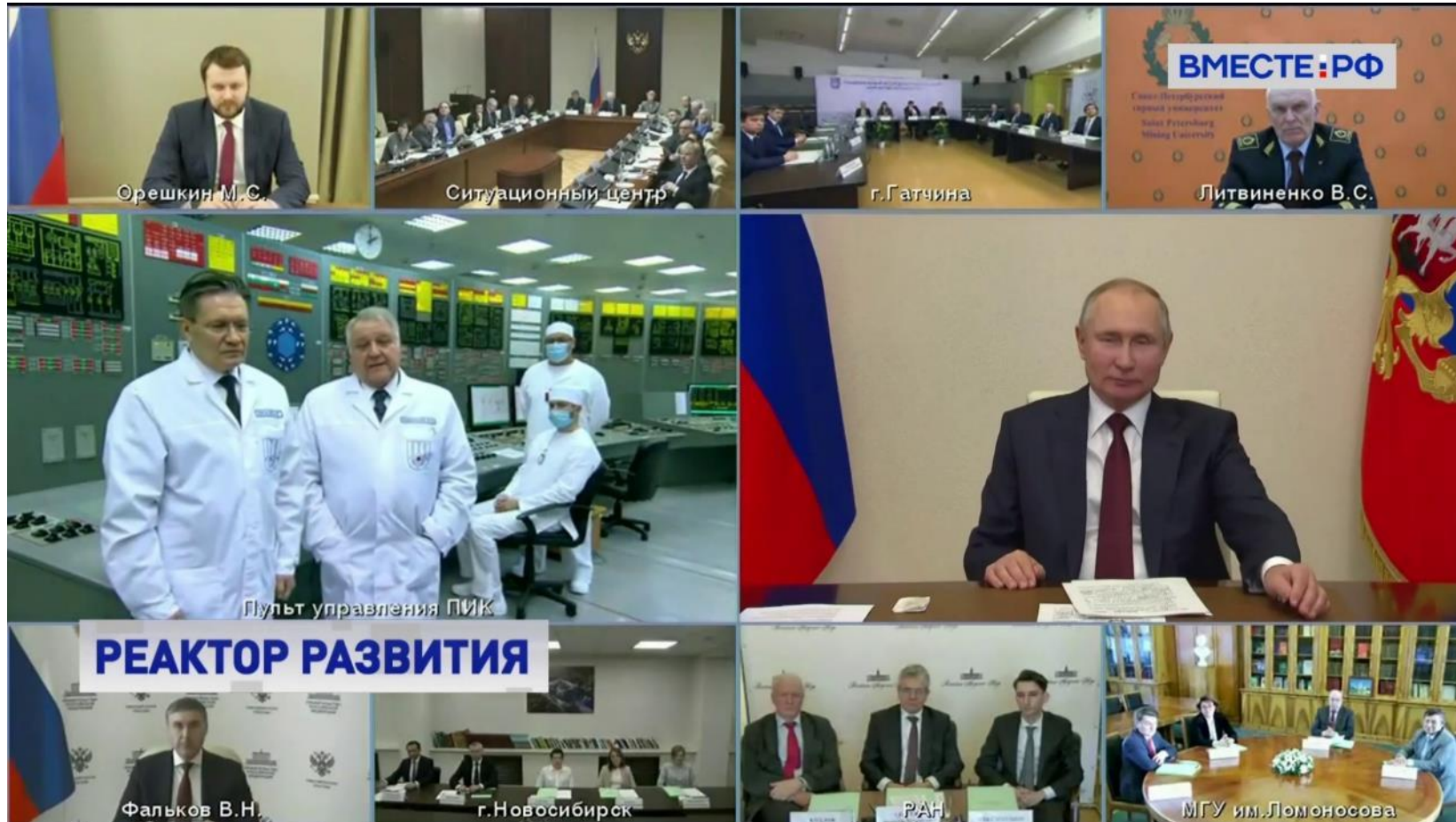


**Загрузка топливных элементов в реактор ПИК. В руках
Кира Александровича настоящая ТВС**



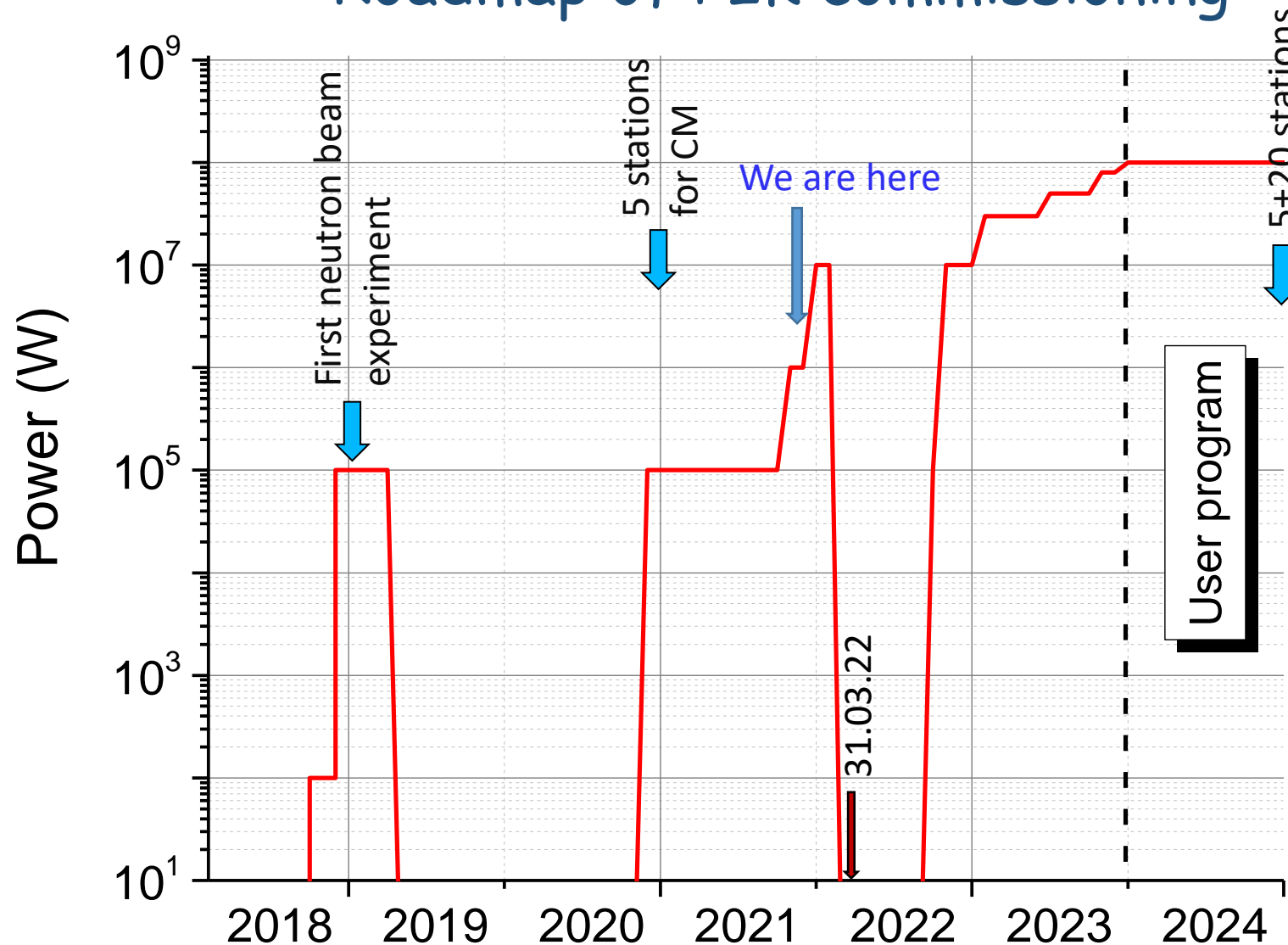
8 February 2021.

The energetic regime was started by Russia president Vladimir Putin

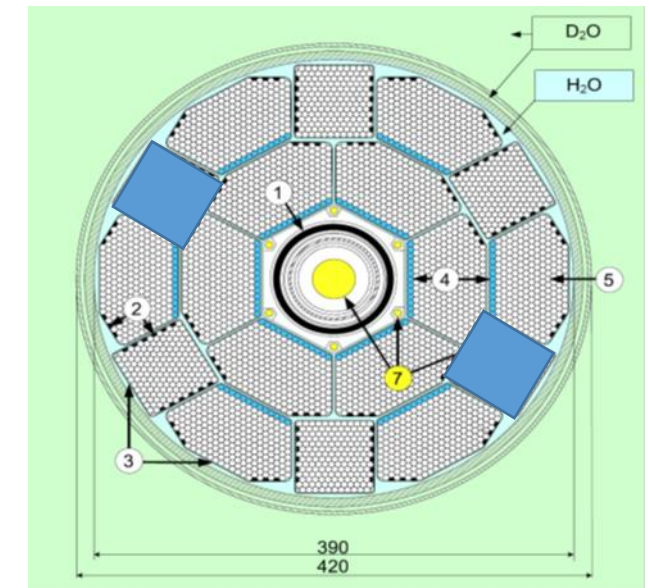


- 1975 – Start construction
- 1986 – Completed at 80% but Chernobyl accident
- 1991 – Continuation of construction but revolution
- 1991-1999 – stagnation
- 1999 – Continuation of construction but volatile funding
- 2009 – “First day” complex for 100W
- 2010 – PNPI join to program NRC KI
- 2011 – Physical start (100W)
- 2013 – Complex for 100kW
- Commissioning**
- 2018 – 100kW
- 2020 – **license for 10MW**
- 2021 – **10 MW**
- 2023 – 100 MW

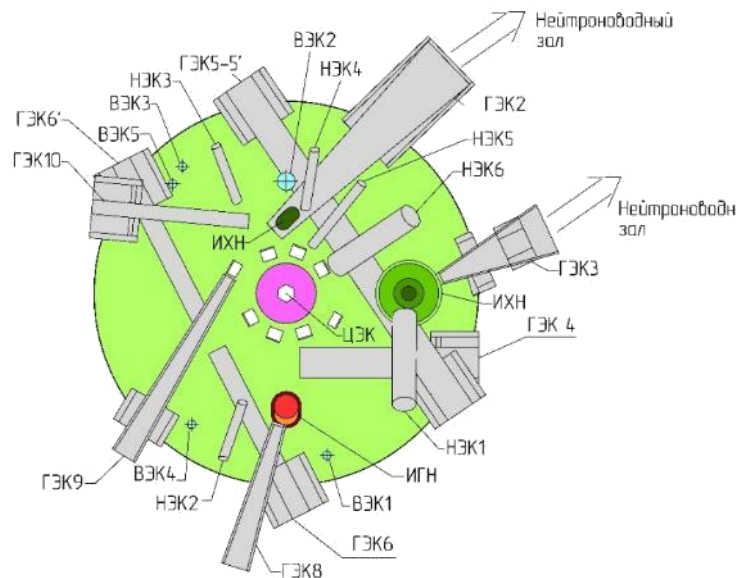
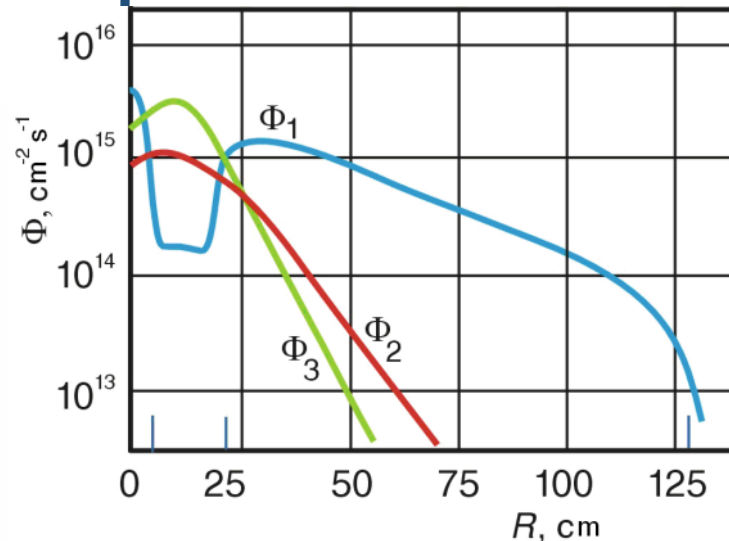
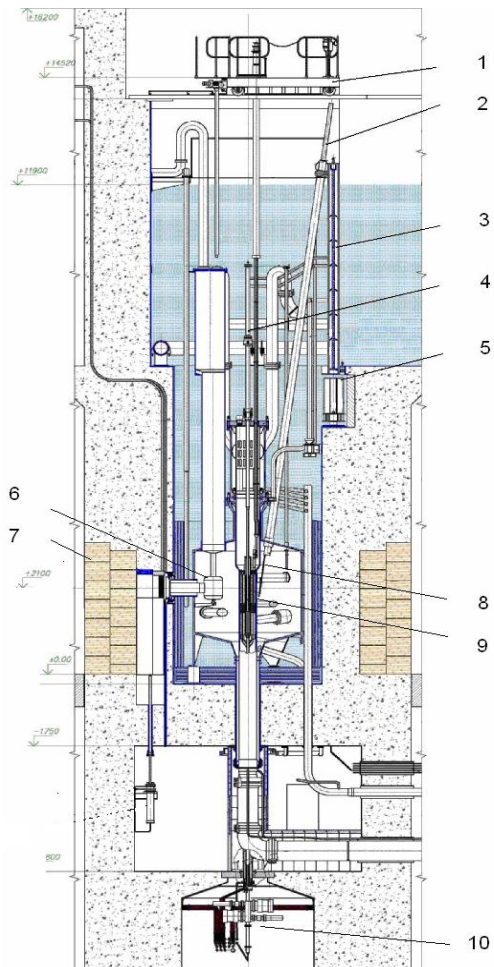
Roadmap of PIK commissioning



Currently the **10 megawatts power** expected



Reactor PIK parameters



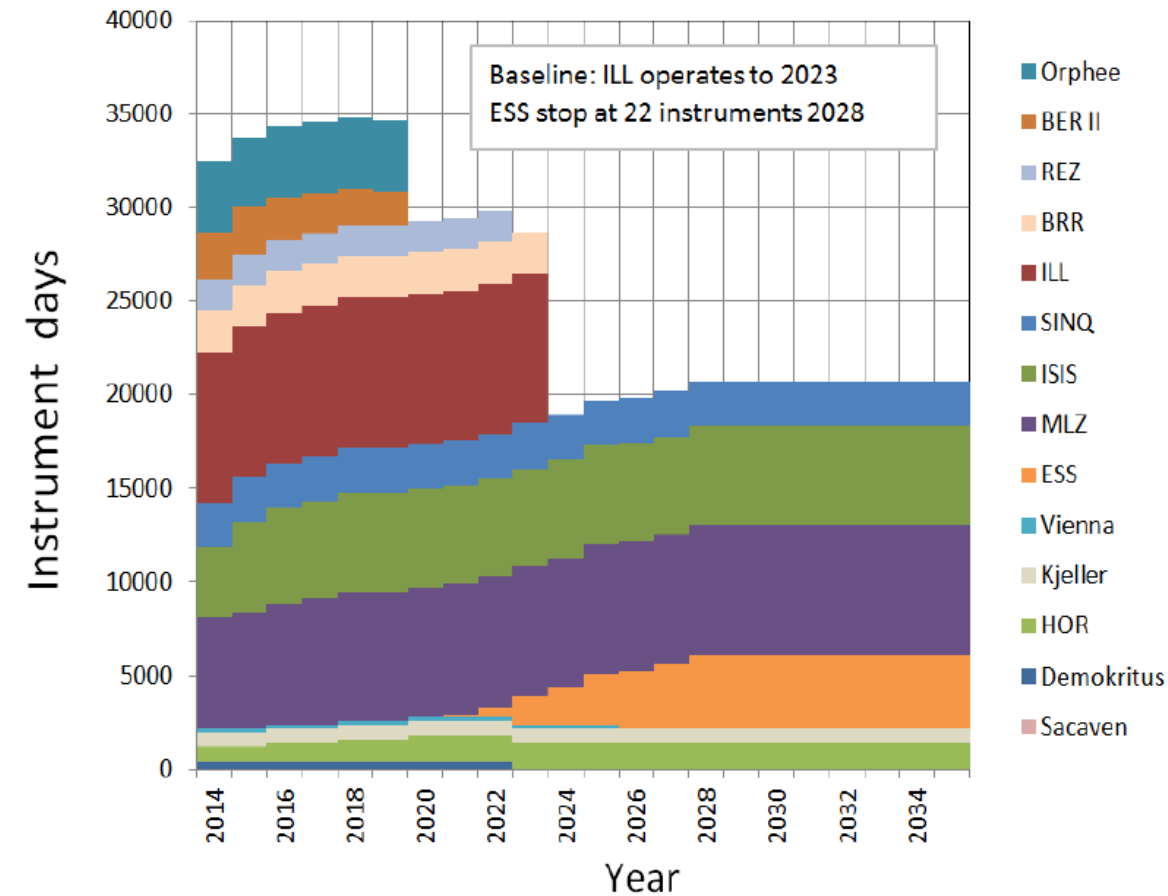
	Value
Power	100 MW
Reactor core volume	50 l
Core height	500 mm
Coolant	H ₂ O
Reflector	D ₂ O
Maximal neutron flux in moderator	1.3×10 ¹⁵ n/cm ² c
Maximal neutron flux in central trap	5×10 ¹⁵ n/cm ² c
Operation cycle	~30 day
Experimental channels	
- Horizontal (HEC)	10
- Vertical (VEC)	6
- Inclined (IEC)	6
- Central (CEC)	1

Comparison of PIK with the best reactors

Europe without PIK
 (from C.Carlile, NOP-2017, Nara, Japan)

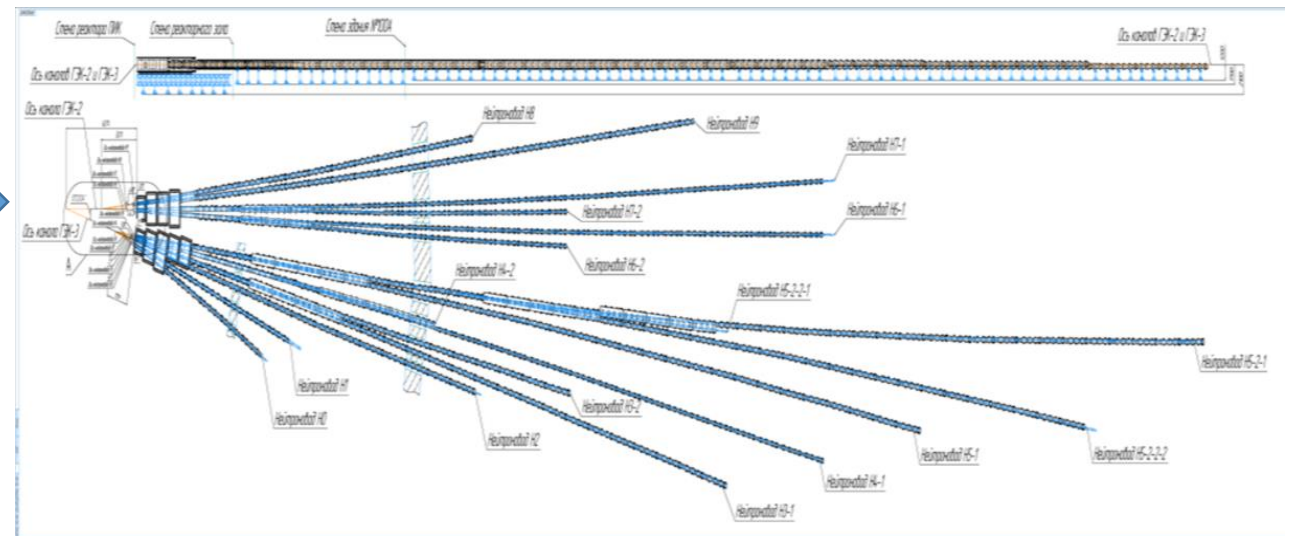
Beam Days - Baseline

Установка, местоположение	Год ввода в эксплуатацию	Тепловая мощность, МВт	Максимальная плотность потока, 10^{15} н/см ² ·с	Число пучковых позиций для инструментов
ПИК Гатчина, Россия	2022 (план)	100	5.0	до 50
HFR Гренобль, Франция	1971	58	1.5	40
HFIR Окридж, США	1965 (2007 после модернизации)	85	3.0	15
FRM-2 Мюнхен, Германия	2005	20	0.8	27
HANARO Таэджон, Ю. Корея	1995	30	0.45	7
OPAL Сидней, Австралия	2006	20	0.4	10
ИБР-2 Дубна, Россия	1984	2	0.01 (10 в импульсе)	14

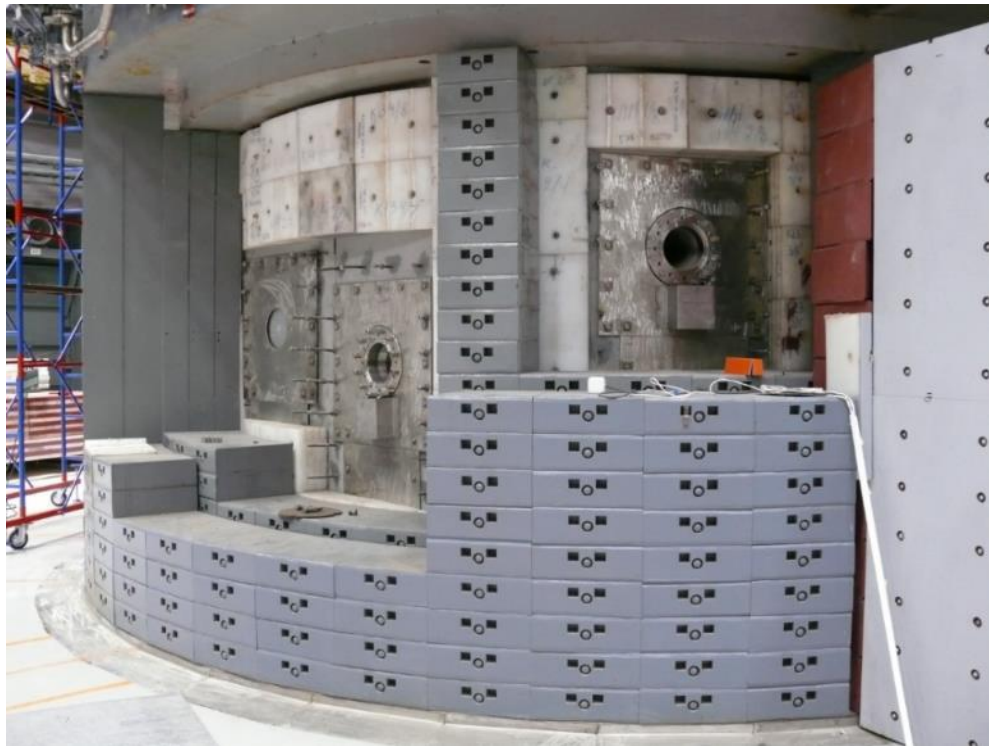


PIK could be the base of International center for neutron research

1. Two stations of **Phase 1** with international contribution will be commissioned 2020.
2. **CREMLIN+ (2020-2022)** (**C**onnecting **R**ussian and **E**uropean **M**easures for **L**arge-scale research **I**nfrastructures) (**goal - To enhance science cooperation between the six Russian megascience facilities and the European RI counterparts**) **Work Package 4 - Science Cooperation with the PIK research reactor in the field of neutron sources**
3. National instrumentational program takes into account the possible international cooperation.
4. Agreement on Belarus joining the ICNR is being negotiated

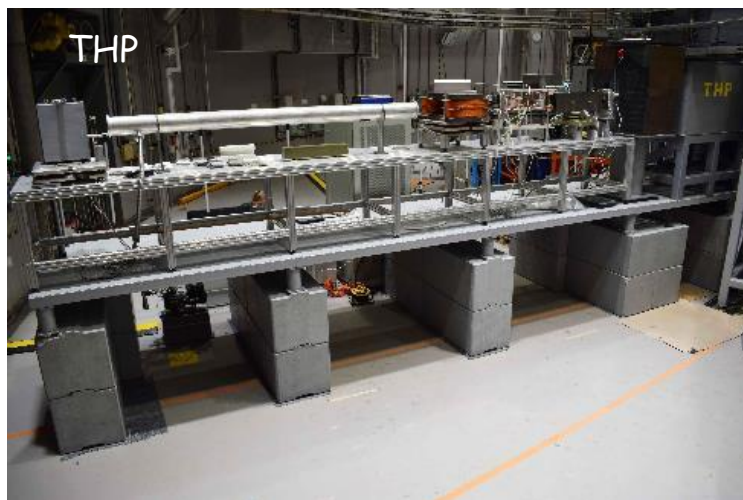


Current status of instrumental program

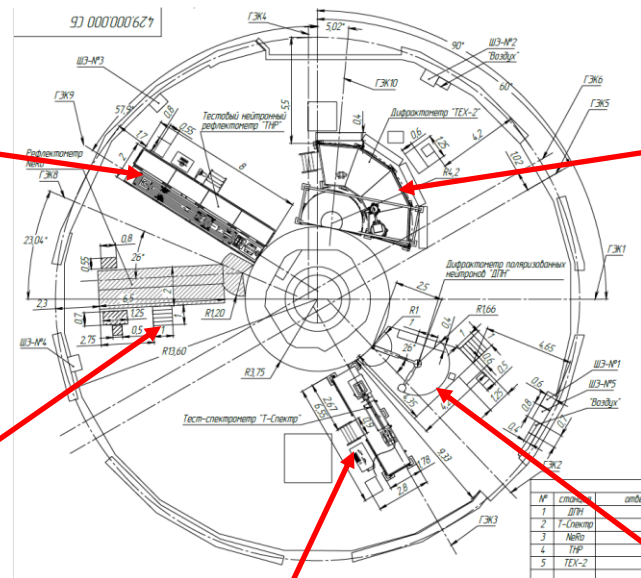




В соответствии с Указом Президента РФ №356 от 25.07.2019 в декабре 2020 введены в эксплуатацию первые пять станций

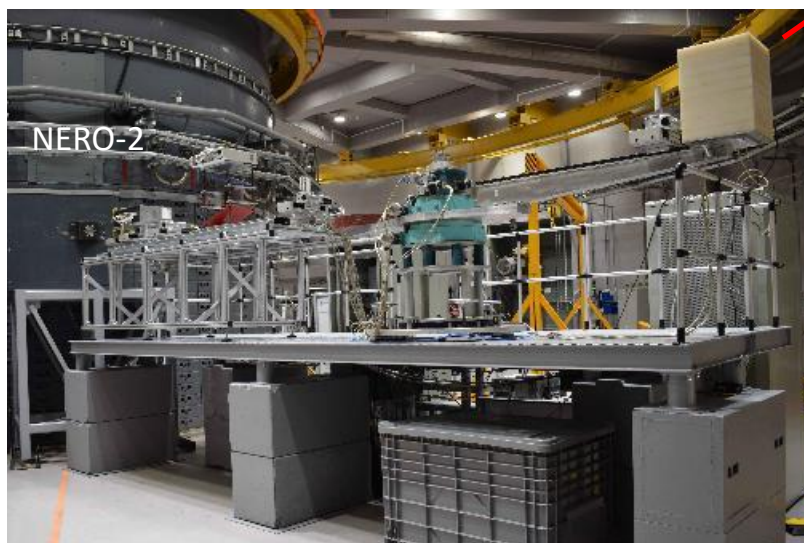


TNR



TEX-3

1. TNR – тестовый нейтронный рефлектометр
2. NERO-2 Рефлектометр поляризованных нейтронов
3. ДПН – дифрактометр поляризованных нейтронов
4. Текстуальный дифрактометр TEX-3
5. Тестовый нейтронный спектрометр



NERO-2



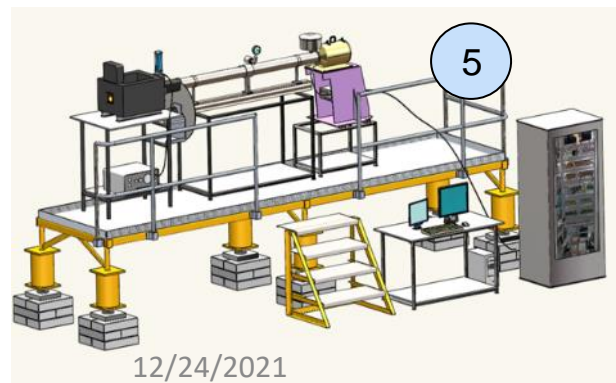
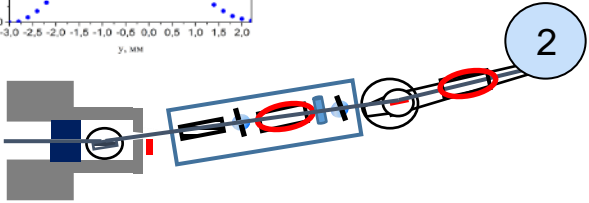
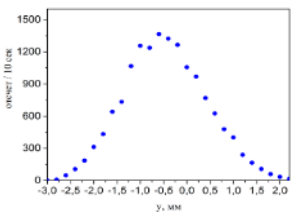
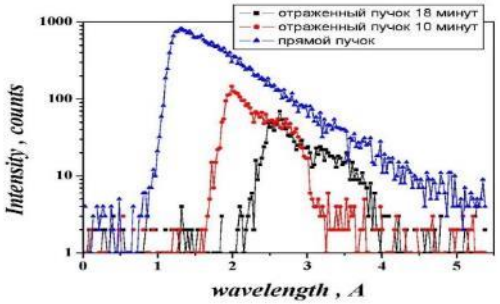
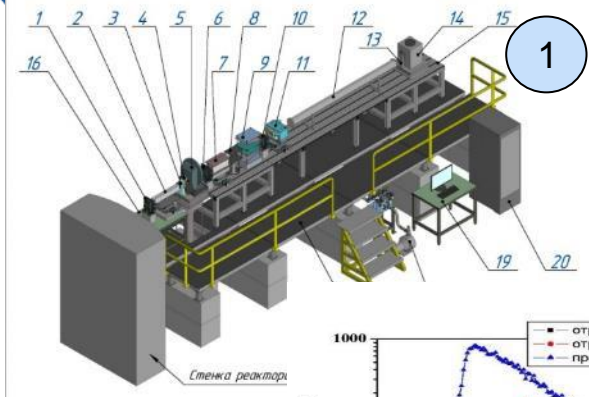
T-spectrum



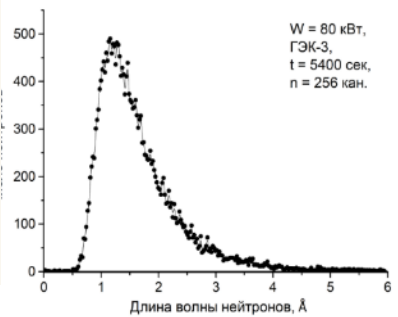
DPN



Status of the "first day" stations



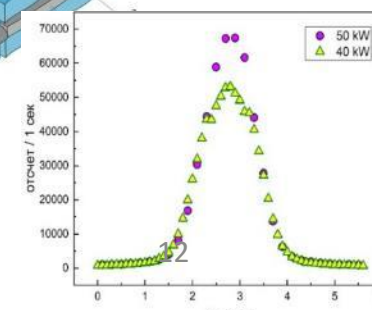
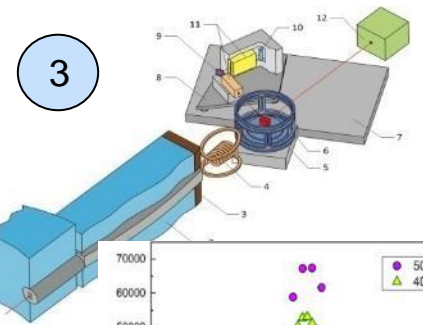
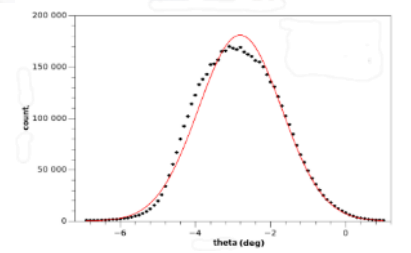
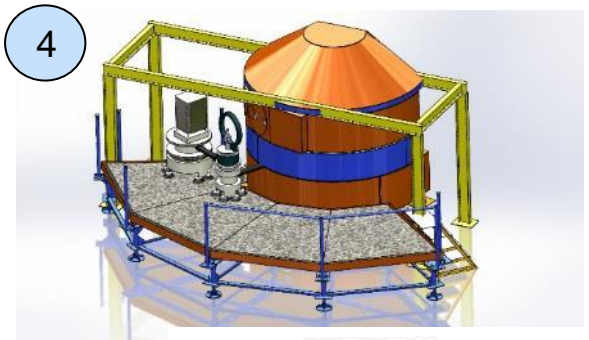
12/24/2021



УС ОФВЭ - 2021, Гатчина

1. TNR test neutron reflectometer
2. NERO Polarized Neutron Reflectometer (GKSS)
3. DPN polarized neutron diffractometer
4. Texture Diffractometer TEX-2 (GKSS)
5. Test neutron spectrometer

- Commissioned at the December 2020
- First "demonstration" experiments at 100kW power were carried out
- All results coincide with the theoretical predictions
- Program for updates of these stations to the power of 100 MW is developed



Instrumental program status

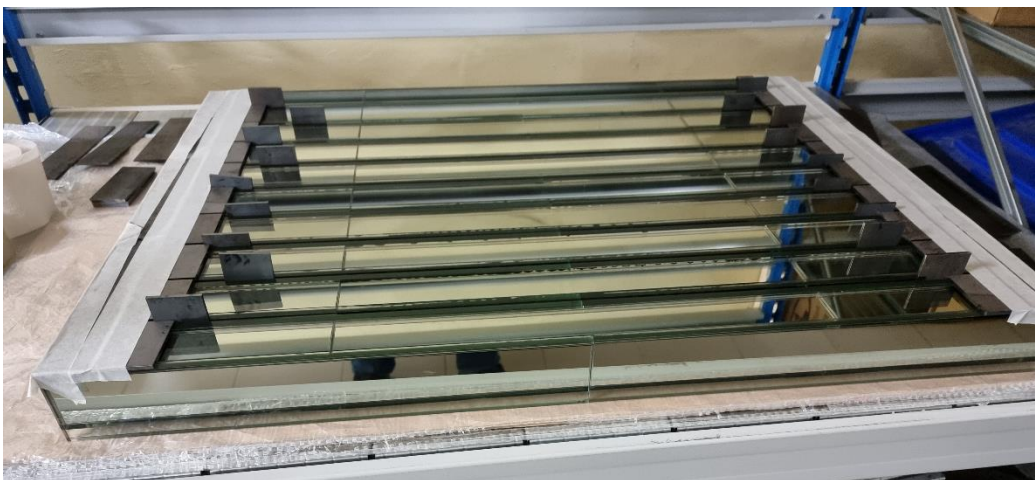
- The **design of the project** obtained a positive state expertise decision in **September 2020**
- Construction of the **first phase** instruments started **January 2021**
- **Second phase** instruments started **June 2021**
- The **third phase** will start at the **beginning of 2022**

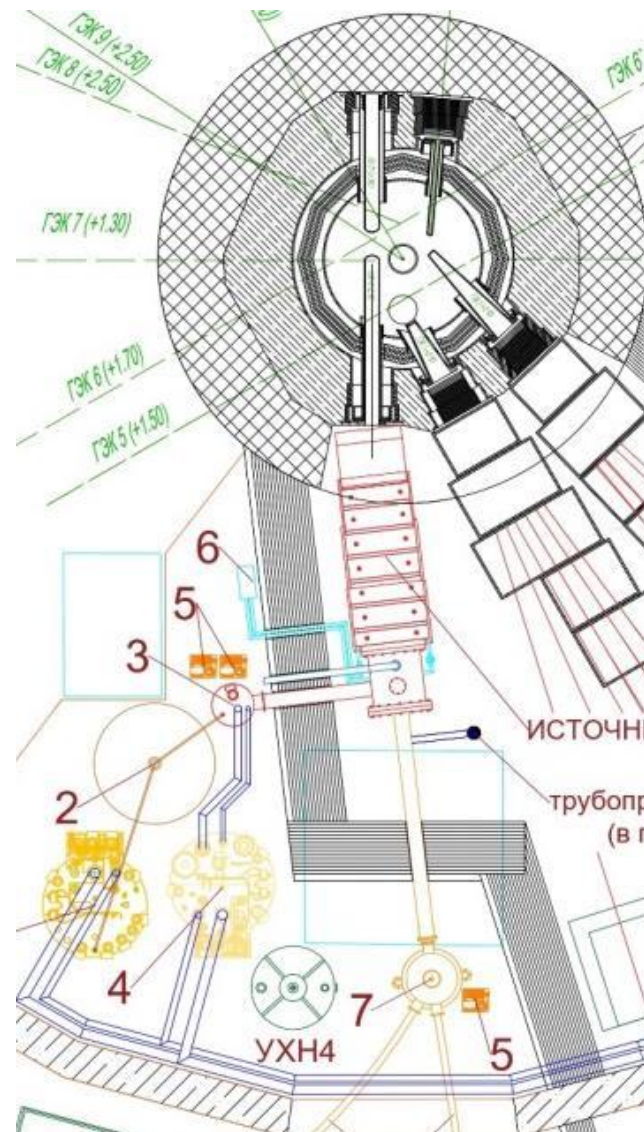
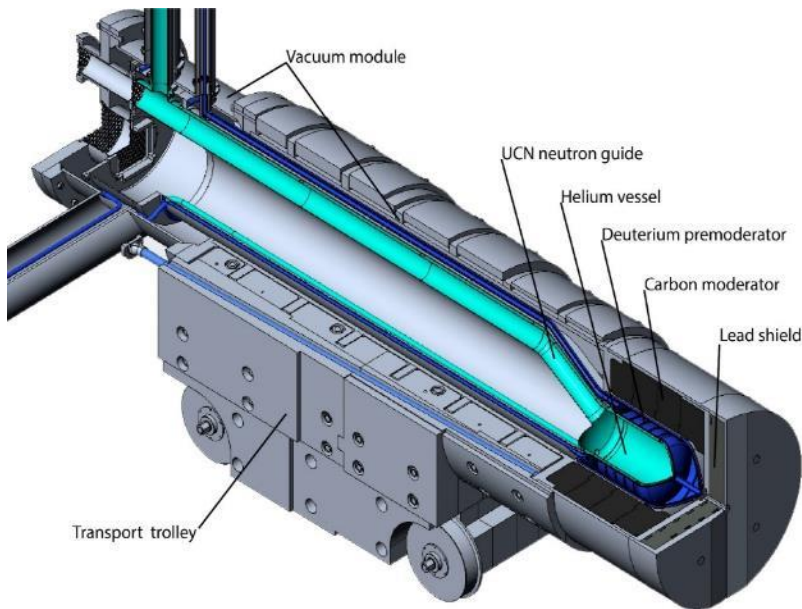


Напылительный комплекс (11 корп)



РАБОТАЕТ,
умеем делать
неполяризующие
зеркала до $m=3$





УС ОФВЭ - 2021, Гатчина

UCN source parameters:

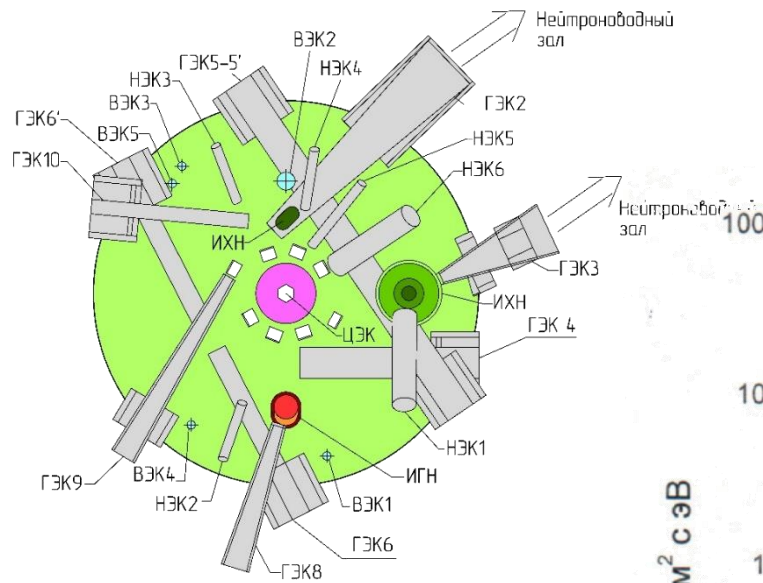
Parameter	Value
UCN converter temperature, K	1,15
Thermal neutron flux, $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$	$2,8 \cdot 10^{10}$
9\AA flux density, $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{\AA}^{-1}$	$5 \cdot 10^8$
UCN density in UCN source, cm^{-3}	$1,3 \cdot 10^3$
UCN density in the EDM trap, cm^{-3}	$3,5 \cdot 10^2$
Energy release in the helium chamber, W	3,85
Energy release in the pre-moderator chamber, W	10,7
Energy release in the lead shield, W	267

Superfluid ^4He
converter at
HEC-4

$T=1.15\text{K}$

$V \sim 35$ litre

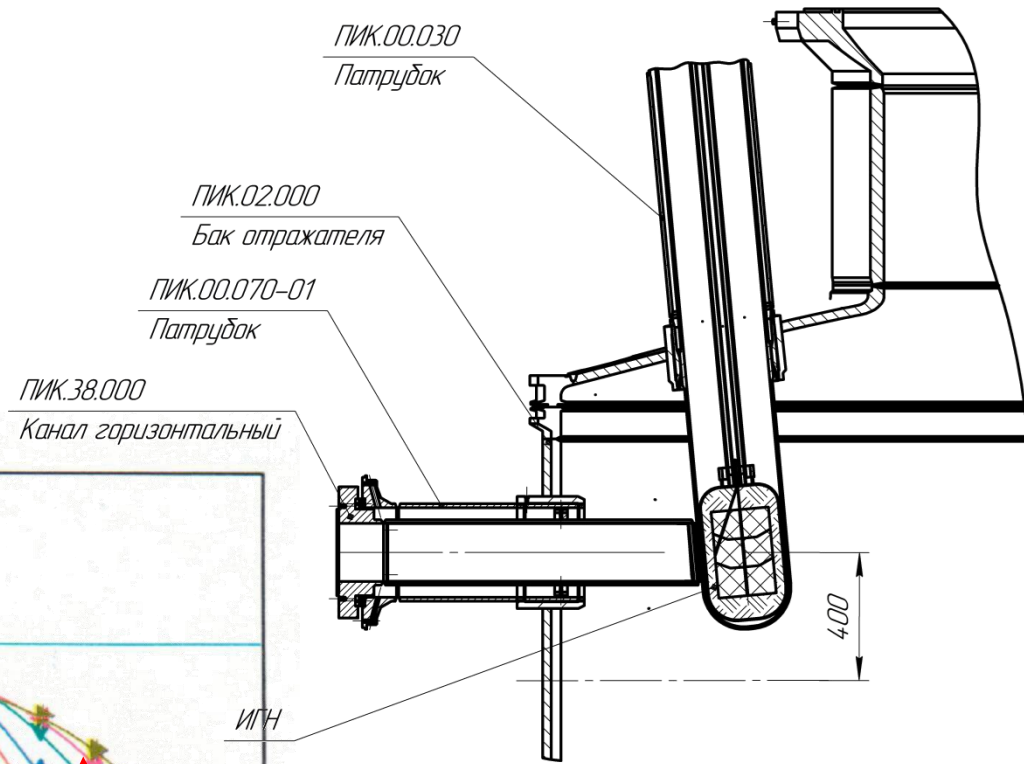
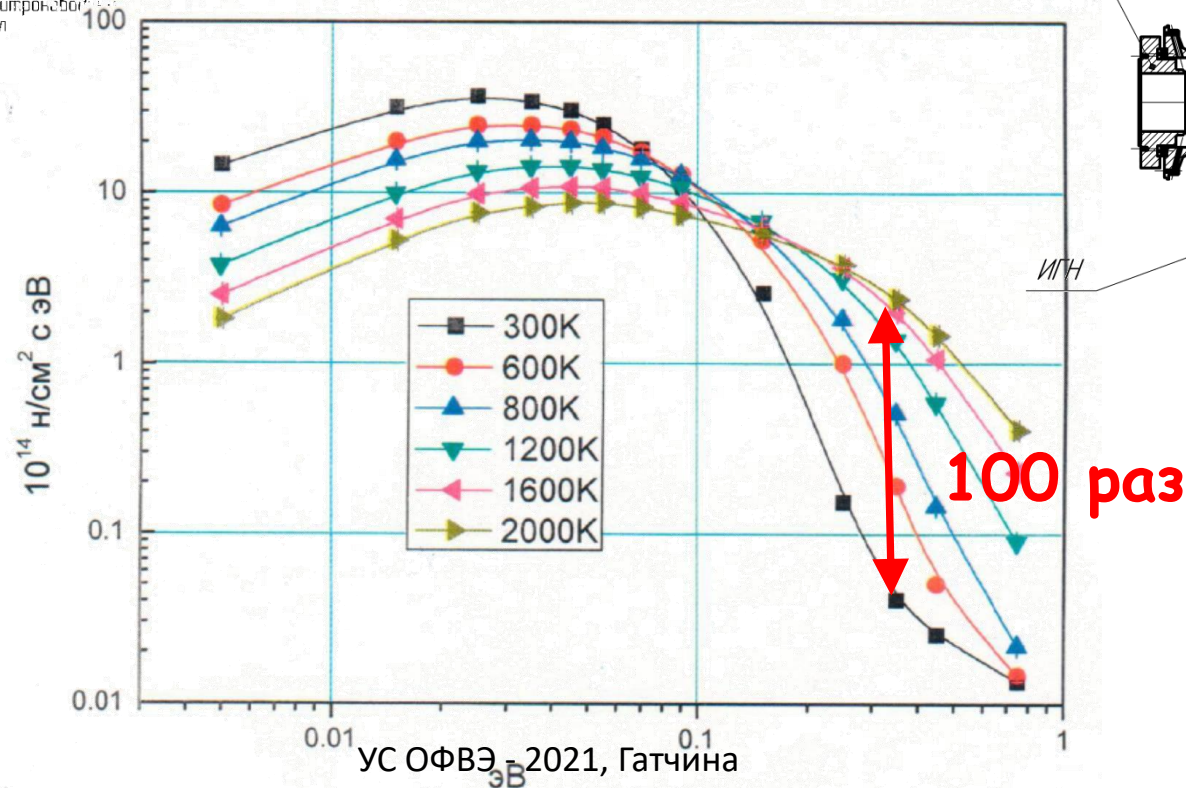
Источник горячих нейтронов (ГЭК-8)

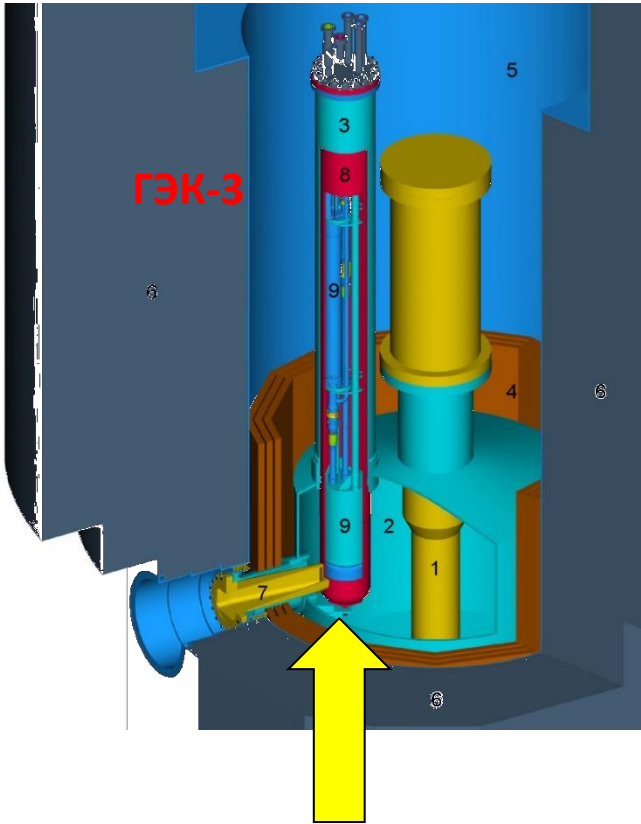


Графит
(радиационный
нагрев)

$T=1500-2000\text{ K}$

$V \sim 5\text{ л}$





CN source - parameters
 Liquid deuterium - 25 L, **T = 20 K**
 The distance from the active zone
 of the reactor-60cm
Heat release - 5-6 kW.

Cold neutron source HEC-3

CNS comparative parameters

Параметр	ANSTO	PNPI	ILL (V / H)
Reactor power, MW	20	100 (ver. ГЭК-3)	57
<i>Thermal neutron flux at CNS location, n cm⁻²c⁻¹</i>	1,65*10 ¹⁴	4,0 10 ¹⁴	4,6x10 ¹⁴ / 8x10 ¹⁴
Cold neutron flux at reactor face, $\lambda > 4\text{\AA}$, n cm ⁻² c ⁻¹	(1,8-2,5) 10¹⁰	6,0 10¹⁰	$\sim 10^{10}/4 \times 10^{10}$
<i>Cold neutron flux at neutron guide hall, $\lambda > 4\text{\AA}$, n cm⁻²c⁻¹</i>	6,4 10⁹	$\approx 10^{10}$	5,4 10 ⁸ , (H18) 5,4 10 ⁹ , (H17) 5,0 10 ⁶ , (H14)

From Victor Mitukhlaev, Nucleus-2021, SpB, Sept 21

Криогенная станция (зд.100Е)



12/24/2021

Макет источника ХН в баке ТВО



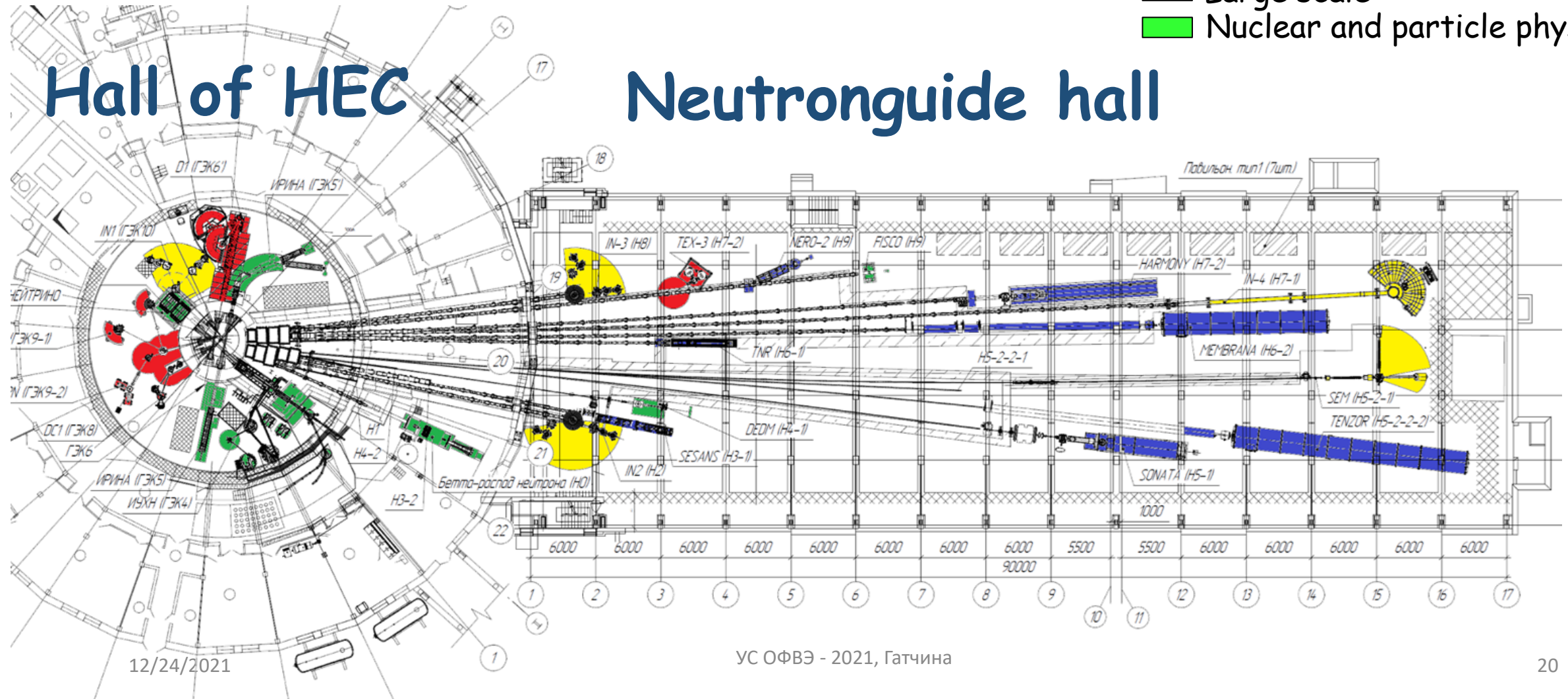
УС ОФВЭ - 2021, Гатчина

Layout of the Instruments

- Spectroscopy
- Diffraction
- Large scale
- Nuclear and particle physics

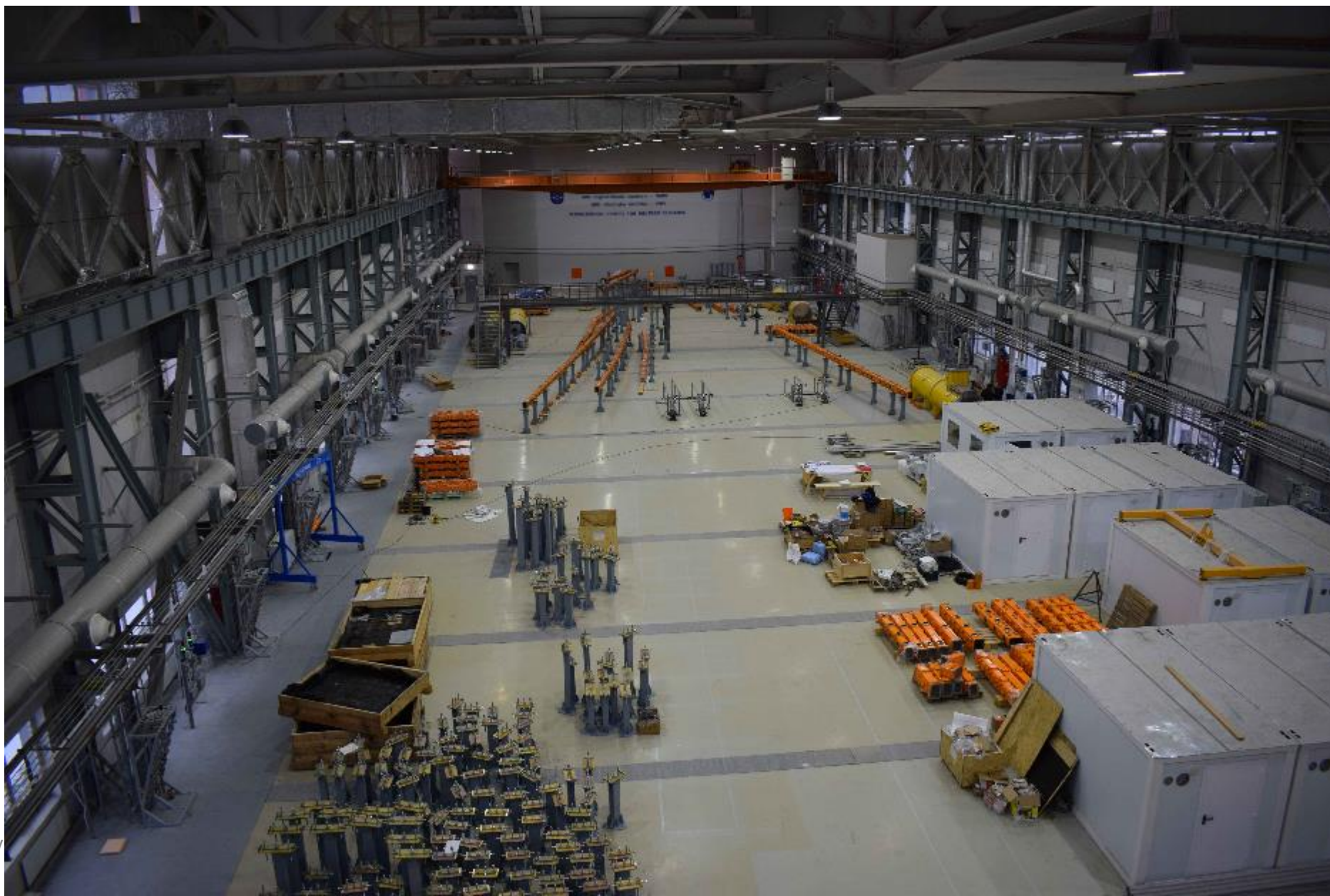
Hall of HEC

Neutron guide hall





Neutronguide hall







Neutron guide hall

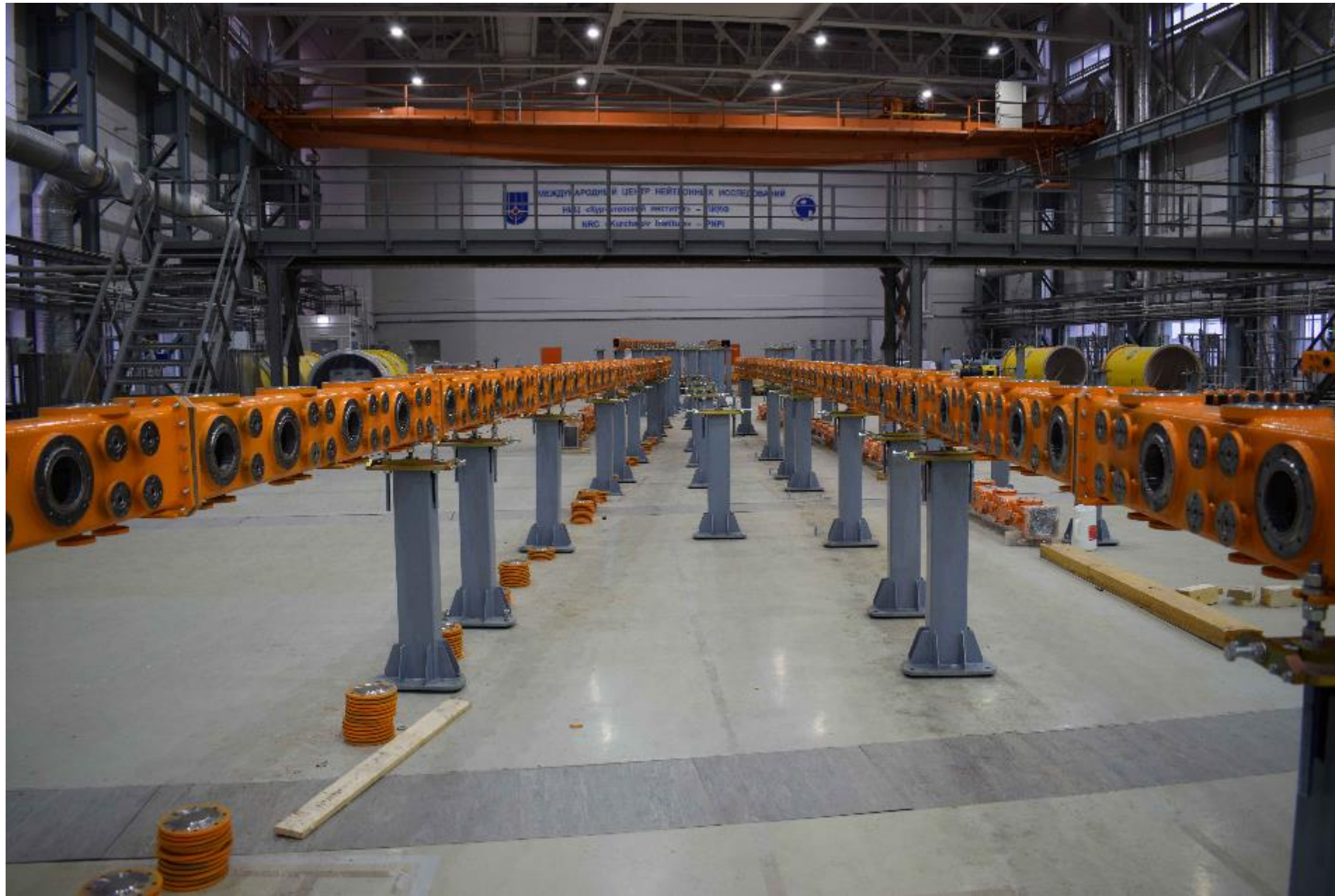
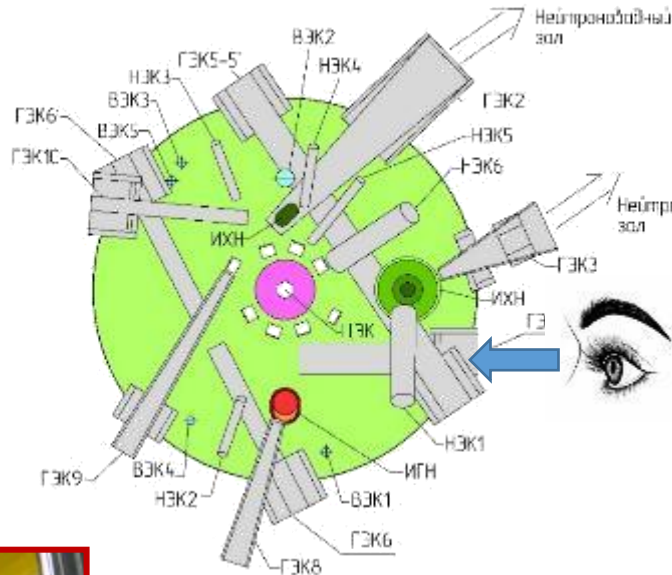
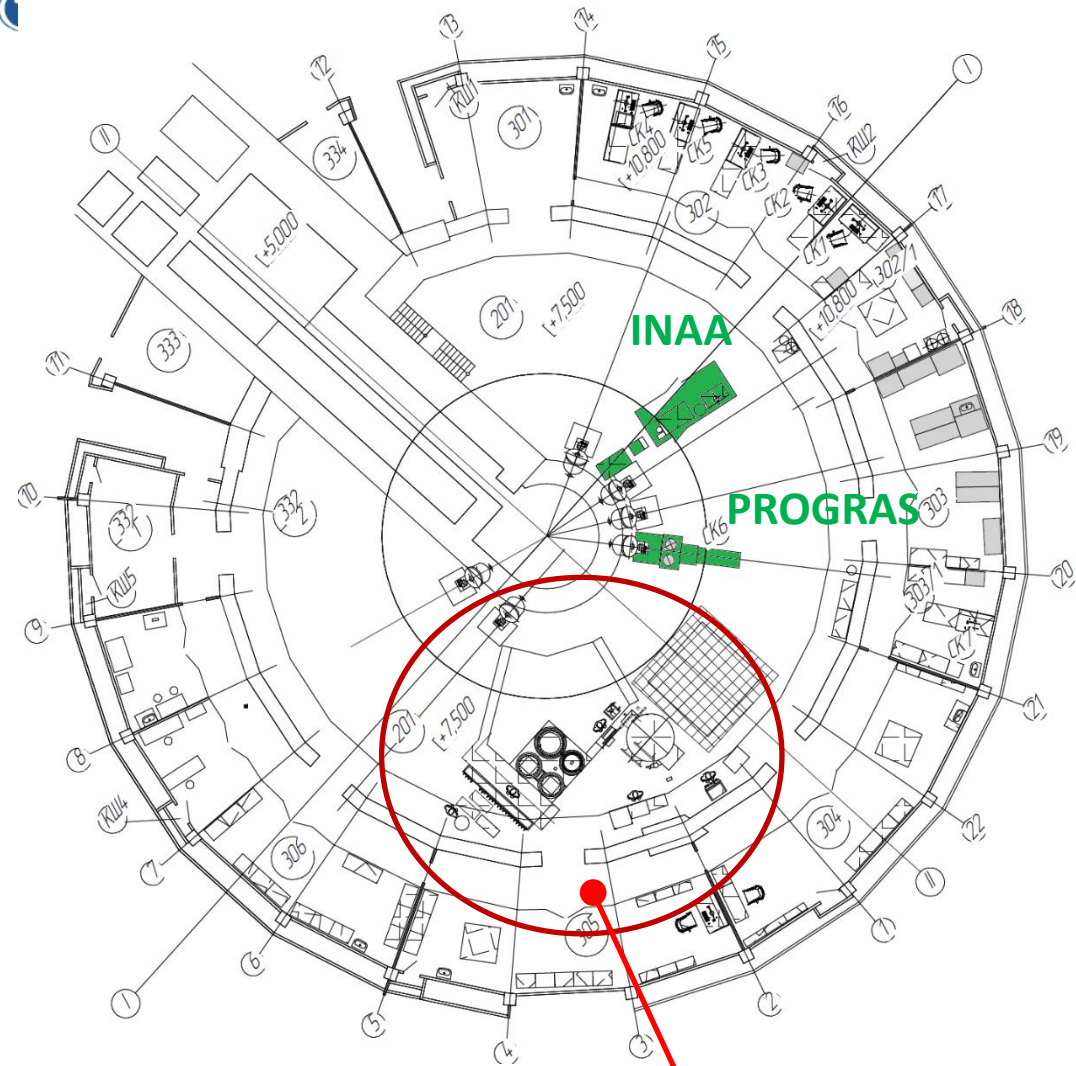
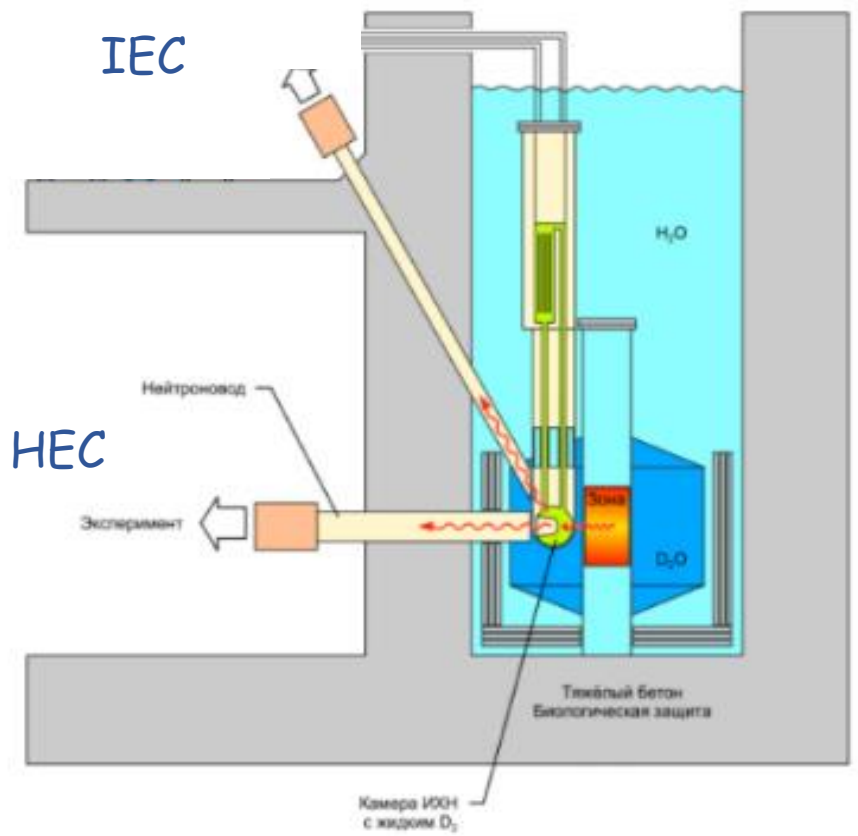


Photo of experimental channel



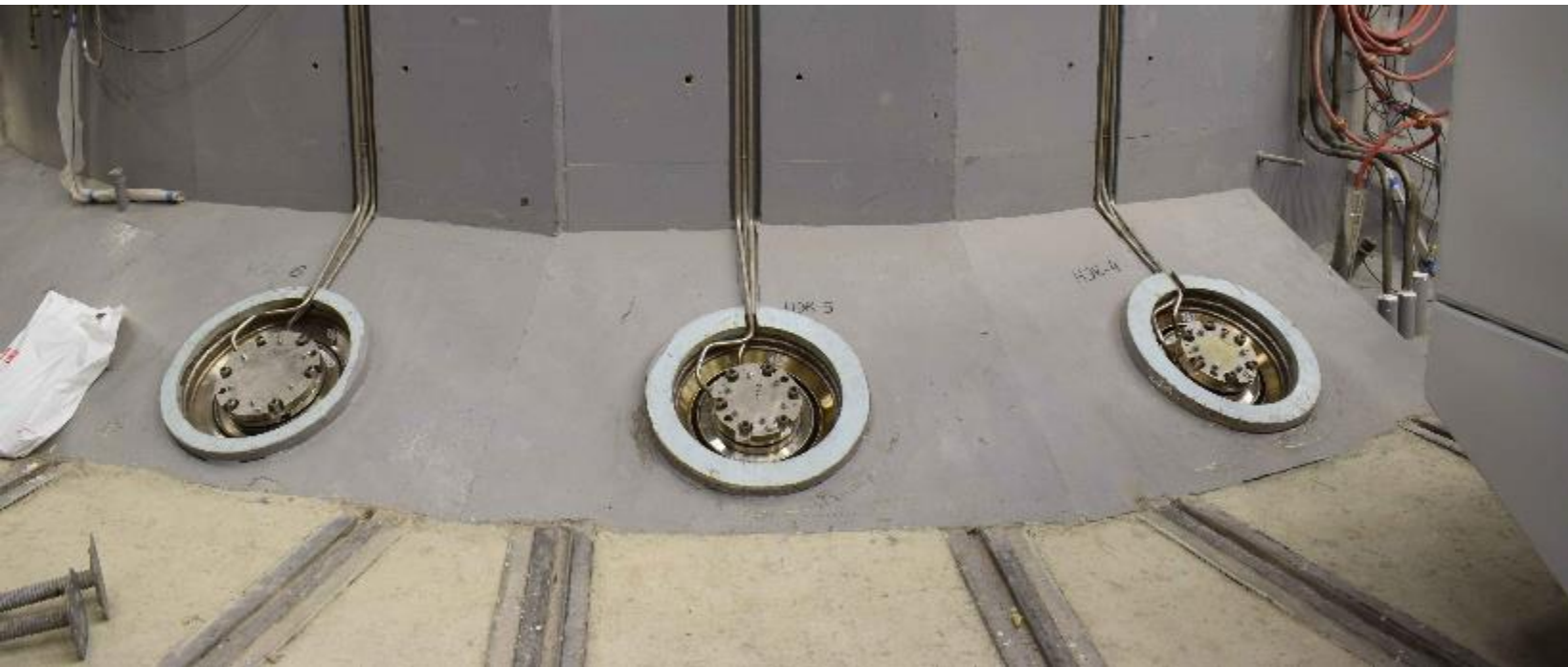
Hall of IEC (above the hall of HEC)



CNS HEC-3 equipment

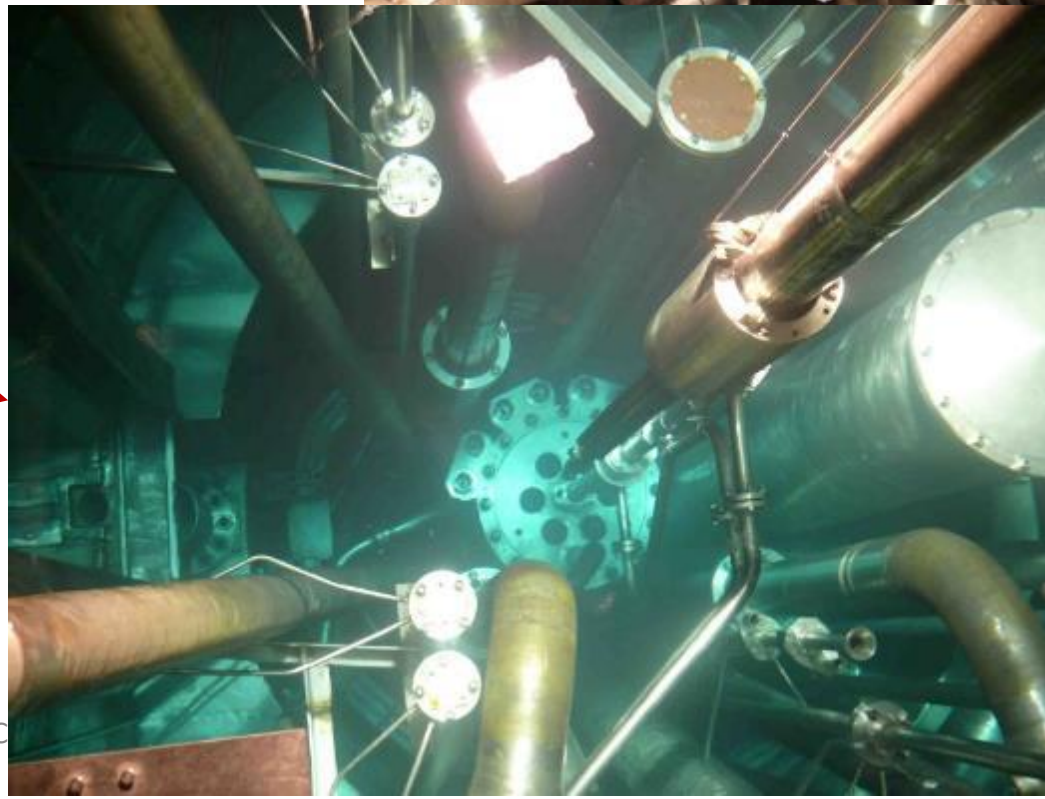
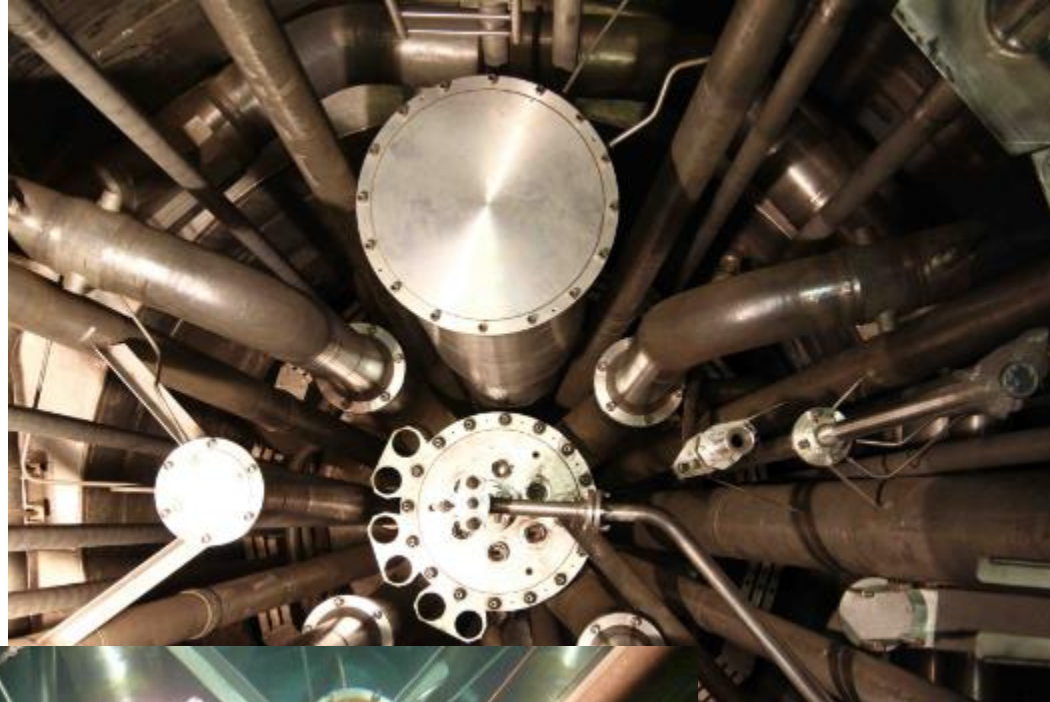


Hall of IEC





Technological hall





Thanks



12/24/2021