

Я.А. Бердников, Д.О. Котов, Ю.М. Митранков

Высокопоточный исследовательский реактор ПИК, который, по экспертным оценкам, в ближайшие 20-25 лет останется уникальным и самым мощным в мире, готовится к вводу в эксплуатацию в НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ. (<http://www.pnpi.spb.ru/>)



(<http://www.pnpi.spb.ru/>)

Реактор ПИК - (Пучковый Исследовательский Корпусной (Комплекс) ) - один из шести проектов, включенных Правительством РФ в программу создания мегаустановок мирового класса на территории России.

ПИК является одним из самых мощных в мире источников высокопоточных нейтронов, которые замедляются до необходимой энергии и выводятся по специальным каналам к экспериментальным установкам для проведения исследований.

Нейтроны необходимы для проведения исследований в области физики фундаментальных взаимодействий, ядерной физики, физики конденсированного состояния, медицинской физики, биофизики и в других областях.

На реакторе Пик планируется проведение большой серии фундаментальных исследований.

Поиск новой физики за рамками Стандартной модели (СМ) является наиболее приоритетным и актуальным направлением фундаментальных исследований современной физики. К ним, в частности, относятся исследования фундаментальных свойств нейтрона, такие, как поиск его электрического дипольного момента (ЭДМ), проверка электронейтральности, изучение его гравитационных свойств, в частности, проверка принципа эквивалентности для нейтрона, а также поиск его новых взаимодействий с ядрами. Так как наличие ЭДМ нейтрона (как и любой другой частицы) нарушает T-, а, следовательно, и CP-инвариантность, то его обнаружение или новые ограничения на его величину могут дать очень важные сведения о новых взаимодействиях, которые отсутствуют в СМ и нарушают эти фундаментальные симметрии. Кроме того, новые ограничения на величину ЭДМ могут пролить свет на одну из самых захватывающих загадок современности – существующую барионную асимметрию Вселенной.

Ожидаются также эксперименты по измерению времени жизни нейтрона, нейтринные исследования, исследования по анализу элементного и изотопного составов вещества и множество других.

Облучение нейтронами помогает выяснить внутреннюю структуру, состав и магнитные свойства вещества, что применяется в материаловедении, молекулярной

биофизики, производстве изотопов, химии, фармацевтике. Нейтронное облучение является важнейшим методом лечения онкологических заболеваний.

Ввод в эксплуатацию реактора ПИК, несомненно, приведет к новым открытиям и новым практическим результатам.

Разработка новых материалов и технологий их получения требует наличия систематической информации «состав – структура – свойства», что позволяет создавать материалы с заранее заданными свойствами. Переход к наноструктурам и нанотехнологиям ставит новые задачи. Требуется изучение структур одновременно на нескольких масштабах, при этом требуется учет динамики в ультраширокой временной области от атомной динамики, к динамике кластеров. Значительная часть задач может быть решена путем проведения экспериментов по рассеянию нейтронов. При этом, наряду с традиционными методами требуется выработка новых подходов и разработка новых устройств.

Технические решения для конструкций, которым предстоит работать в условиях нейтронного облучения, несомненно, найдут свое применение в ядерной энергетике, а также понадобятся на термоядерных электростанциях.

По соглашению с Обществом им. Гельмгольца (Германия) в нейтронном зале РК ПИК размещены станции из Научного центра HZG (Геестхахт) для исследований в области физики конденсированного состояния и материаловедения.

Физический пуск высокопоточного исследовательского ядерного реактора ПИК в ПИЯФ НИЦ КИ осуществлен 28 февраля 2011 года в составе пускового комплекса № 1 (ПК-1).

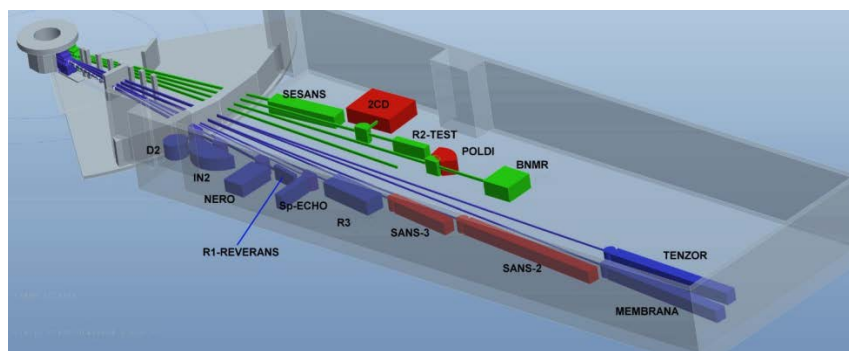
Ожидается, что энергетический пуск будет осуществлен 8 февраля 2021 года.

После энергетического пуска в состав реакторного комплекса войдут кроме самого реактора ПИК, являющегося источником нейтронов, несколько десятков экспериментальных установок.

Пять экспериментальных станций обеспечивают реализацию полного набора нейтронных методик: дифрактометрических, рефлектометрических и спектрометрических.

Они оснащены порошковыми и кристаллическими дифрактометрами, малоугловыми инструментами, спектрометрами неупругого рассеяния, уникальными установками для исследований в области физики конденсированного состояния вещества и физики элементарных частиц.

Три из пяти станций способны работать с пучками поляризованных нейтронов, что является естественным продолжением и развитием достижений Школы поляризованных нейтронов, методические и теоретические основы которой были заложены в НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ.



#### Планируемое размещение инструментов в нейтронном зале:

**D-2** – многосчетчиковый порошковый дифрактометр холодных нейтронов, **IN-2** – 3-х осный спектрометр холодных нейтронов, **NERO** – рефлектометр поляризованных нейтронов с анализом поляризации, **R1-REVERANS** – рефлектометр поляризованных нейтронов с вертикальной плоскостью рассеяния, **Sp-Echo** – спин-эхо спектрометр, **R-3** – рефлектометр с векторным анализом поляризации и позиционно-чувствительным детектором, **SANS-2, SANS-3, MEMBRANA** – малоугловые установки, **TENZOR** – малоугловой дифрактометр с анализом поляризации нейтронов, **BNMR** –  $\beta$ -ЯМР спектрометр (ИТЭФ), **POLDI** – дифрактометр поляризованных нейтронов с 2D-детектором, **R2-TEST** – нейтронно-оптический рефлектометр, **2CD** – ультрамалоугловой дифрактометр на совершенных кристаллах, **SESANS** – установка спин-эхо ультрамалоуглового рассеяния.

(<https://www.slideserve.com/dana/research-program-on-neutron-reactors-reactor-pi-k>)

Адаптированность станций к составу и интенсивности излучения реактора, а также их научно-методическая специфичность позволяют рассматривать их как единую с реактором и при этом уникальную научную установку (УНУ), получившую название «Международный центр нейтронных исследований на базе высокопоточного реактора ПИК» (УНУ «МЦНИ ПИК»).

Максимальная тепловая мощность	100 МВт
Плотность потока тепловых нейтронов (максимальная)	$5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
Плотность потока тепловых нейтронов в отражателе	$1,3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
Объемное энерговыделение в активной зоне	
• среднее	2,0 МВт/л
• максимальное	6,6 МВт/л
Теплоноситель	обычная вода
Отражатель	тяжелая вода
Число горизонтальных экспериментальных каналов	10
Число наклонных экспериментальных каналов	6
Число вертикальных экспериментальных каналов	6
Число источников холодных нейтронов	3
Источник горячих нейтронов	1
Число экспериментальных станций для исследований	50

Параметры нейтронных пучков и экспериментальных возможностей реактора ПИК являются уникальными, – аналогичные существуют лишь в Международном Институте Лауэ-Ланжевена в Гренобле, и нигде в мире, по-видимому, не будут созданы в ближайшие 10 - 15 лет.

Максимальная плотность невозмущенного потока тепловых нейтронов близка к величине  $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  и соответствует рекордным значениям, полученным в реакторах непрерывного действия.

Реактор ПИК становится основой Международного центра нейтронных исследований мирового класса.



**Главный щит управления – реальная работа**

<https://www.slideserve.com/dana/research-program-on-neutron-reactors-reactor-pi-k>