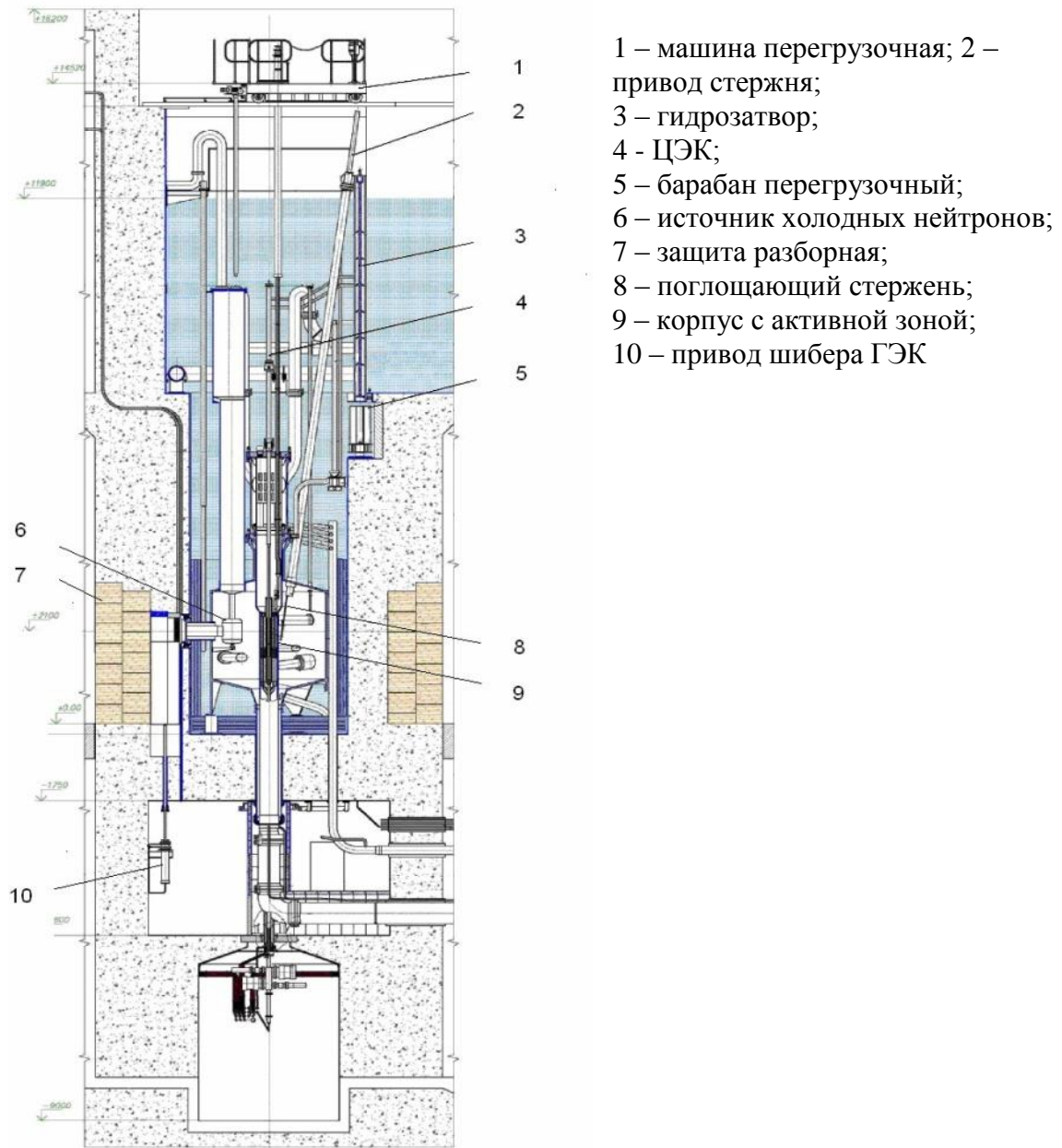


## Конструкция и параметры реактора ПИК



Вертикальный разрез реактора ПИК

## Основные нейтронно-физические и технические характеристики реактора ПИК

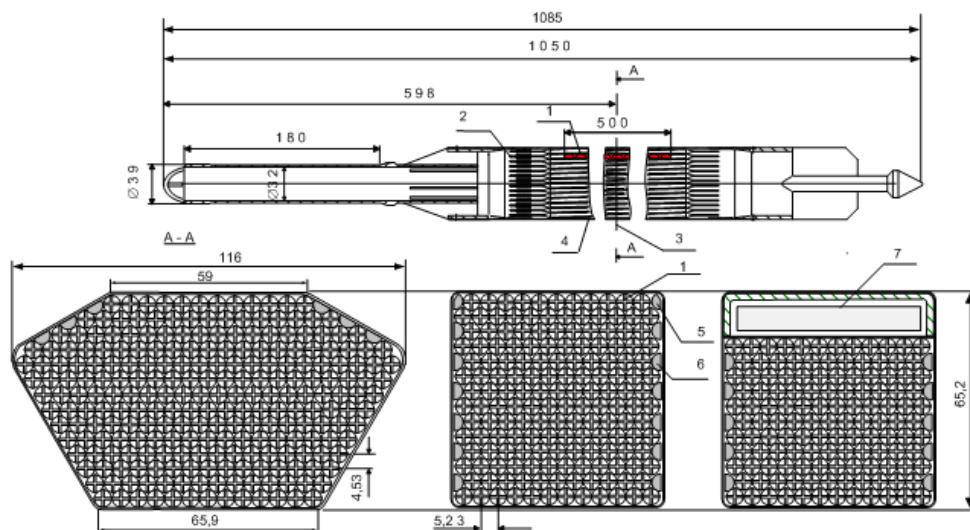
Наименование	Величина
Тепловая мощность	100 МВт
Объем активной зоны	50 л
Тип ТВЭЛОВ	Стержневой
Топливо	UO <sub>2</sub> + Ве-бронза
Обогащение топлива	90%
Количество ТВС в активной зоне	18 шт
Высота активной зоны	500 мм
Замедлитель/теплоноситель	Дистиллят H <sub>2</sub> O
Отражатель: боковой торцевой	D <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O
Максимальная плотность потока тепловых нейтронов в отражателе	$1.3 \cdot 10^{15}$ н/см <sup>2</sup> *с
Максимальная плотность потока тепловых нейтронов: в ловушке	$5 \cdot 10^{15}$ н/см <sup>2</sup> *с
Средняя по активной зоне глубина выгорания (в режиме частичной перегрузки)	20%
Предельная глубина выгорания топлива по ТВС в режиме частичной перегрузки	37%
Количество исполнит.органов СУЗ: - стержни КС - стержни АЗ -“шторки”с функциями АР,КС, АЗ	6 шт. 2 шт. 2 шт.
Кампания	≤30 сут
Расход воды I контура через активную зону	2400 м <sup>3</sup> /ч
Давление в I контуре	5,0 Мпа
Температура теплоносителя I контура: - на входе в активную зону, - на выходе из активной зоны	50 °С 86 °С
Экспериментальные каналы: - горизонтальные (ГЭК) - вертикальные (ВЭК) - наклонные (НЭК)	10 шт. 6 шт. 6 шт.

Реактор ПИК - водо-водяного типа, корпусной, под давлением, со стационарной плотностью потока нейтронов. Он имеет трехконтурную схему охлаждения. Генерируемое реактором тепло передается через градирни атмосфере.

Легководная активная зона объемом около 50 л помещена в тяжеловодный отражатель и представляет собой интенсивный источник быстрых нейтронов деления мощностью 100 МВт. Тяжеловодный отражатель, в котором замедляются быстрые нейтроны, обеспечивает наилучшее, по сравнению с другими замедлителями, отношение плотности потока тепловых нейтронов в экспериментальных каналах к мощности. Такой отражатель позволяет изменять и заменять экспериментальные каналы как до, так и после пуска реактора. В качестве теплоносителя, обладающего высокой удельной теплоемкостью, для охлаждения активной зоны использована обычная легкая вода (дистиллят).

Для получения высокой абсолютной плотности нейтронного потока ТВЭЛЫ должны позволять снимать высокую удельную мощность. ТВЭЛ реактора ПИК представляет собой стержень крестообразного сечения с внешним диаметром 5,15 мм с топливом на основе диоксида урана, диспергированного в медно-бериллиевой матрице. Высота топливного

слоя в твэлах составляет 500 мм. Он закручен вокруг оси с шагом 300 мм, чем обеспечивается самодистанционирование твэлов в кассете. Активная зона набирается из 12 шестигранных и 6 квадратных кассет. Шестигранная кассета содержит 241 твэл, квадратная - 161.



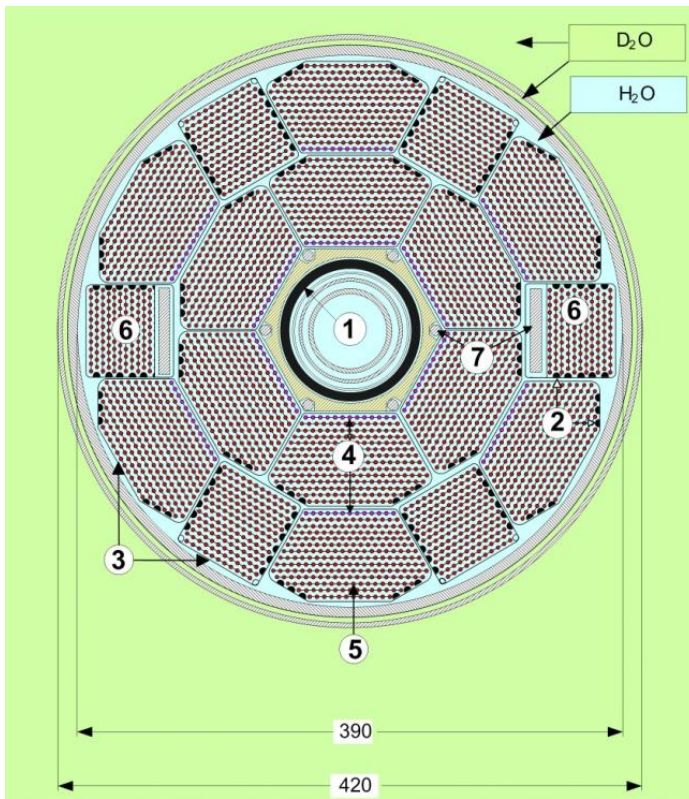
- 1 – твэл;
- 2 – дистанционирующие обоймы;
- 3 – центр по топливу;
- 4–чехол ТВС (Э-125 или Э-110);
- 5 – вытеснитель угловой;
- 6 – СВП;
- 7 – ампула с образцами-свидетелями

Рис. ТВС реактора ПИК

Для формирования топливной загрузки применяются три модификации ТВС, включая ТВС с полостью для облучения образцов–свидетелей материала корпуса. В ТВС предусматривается использовать стержни выгорающего поглотителя (СВП) на основе гадолиния, что позволяет увеличить максимальную длительность кампании реактора с 15 до 30 суток.

Особенностью активной зоны является топливное профилирование. Вблизи нейтронной ловушки располагаются твэлы с уменьшенным содержанием топлива, что позволяет снизить объемный коэффициент энерговыделения ( $K_V$ ). Два типа ТВС, отличающихся по форме и числу твэлов, позволяют варьировать долю перегружаемых твэлов и создают предпосылки для организации оптимальной схемы перегрузки топлива в зависимости от целей приоритетных экспериментов и ограничений на топливные затраты.

Расположение и функциональное распределение рабочих органов (РО СУЗ) способствуют эффективному использованию нейтронных потоков исследователями. Центральные РО СУЗ – две поглощающие шторки из металлического гафния, изготовленные в форме кольцевых поглотителей большого диаметра ( $98 \times 6$  мм), что позволило образовать легководную нейтронную ловушку и установить центральный экспериментальный канал (ЦЭК), оборудованный автономной петлей и необходимыми системами безопасности для испытаний материалов ядерной техники.



- 1– поглощающие шторки из гафния,
- 2 – стержни выгорающего поглотителя  $Gd_2O_3+ZrO_2$ ,
- 3 – циркониевые чехлы ТВС,
- 4 – твэлы с уменьшенным содержанием топлива (0,48 номинального),
- 5– твэлы с номинальным содержанием топлива,
- 6 – ТВС с образцами – свидетелями материала корпуса,
- 7 – облучаемые образцы

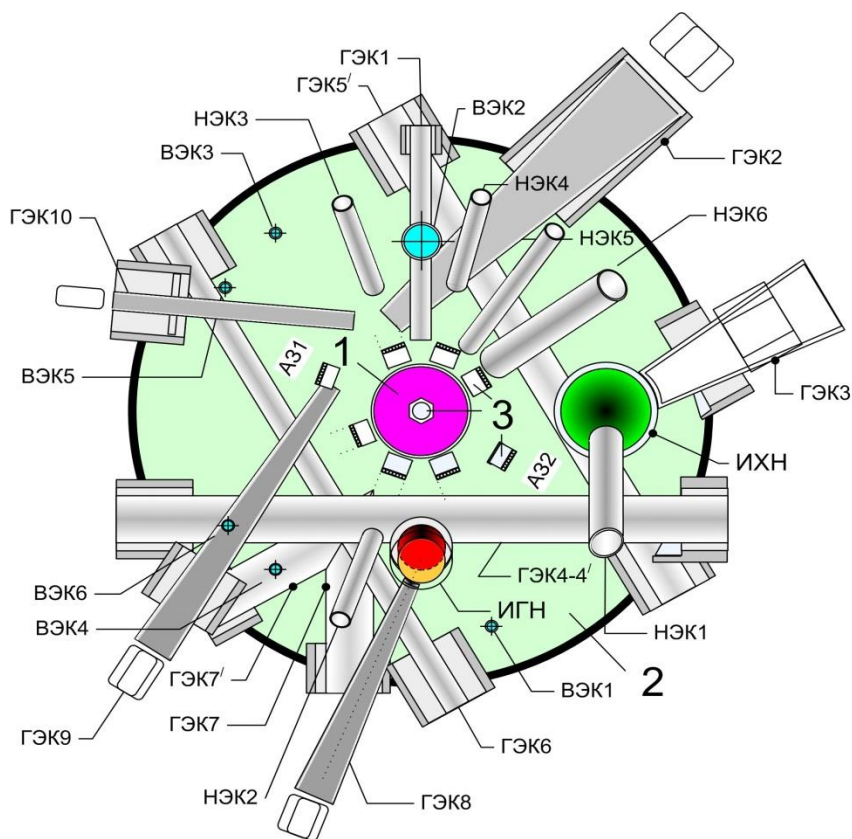
Рис. Активная зона реактора ПИК

В отражателе расположены основные экспериментальные устройства и каналы для вывода нейтронных пучков. Реактор оснащается специализированными источниками горячих, холодных и ультрахолодных нейтронов. В экспериментах возможно использование нейтронов с заданным спектром в широком диапазоне энергий (от нейтронов деления до ультрахолодных нейтронов). Эксперименты на выведенных пучках нейтронов выполняются преимущественно с медленными нейтронами. Размещение каналов тангенциального типа и применение нейтроноводов обеспечивают низкий фон быстрых нейтронов и гамма-излучения при выполнении исследований. Применение развитой системы нейтроноводов может обеспечить одновременную работу до 50 экспериментальных станций.

Проектом предусматривается периодическая замена корпуса и экспериментальных каналов ЦЭК, ГЭК, НЭК и ВЭК находящихся в максимальном нейтронном потоке и получающих максимальные радиационные повреждения. Для этой операции предусматривается специальная технология, оборудование и приспособления, разработанные и изготовленные НИКИМТом.

Таким образом, реактор ПИК является эластичной установкой, позволяющей переходить на новый тип ТВС, корпус из другого материала и активную зону большего размера (до 95 л), заменять при необходимости экспериментальные каналы на каналы других диаметров, а также превращать один сквозной ГЭК в два тангенциальных канала.





- 1 – активная зона;
- 2 – отражатель D<sub>2</sub>O;
- 3 – рабочие органы СУЗ

Рис. Схема экспериментальных каналов

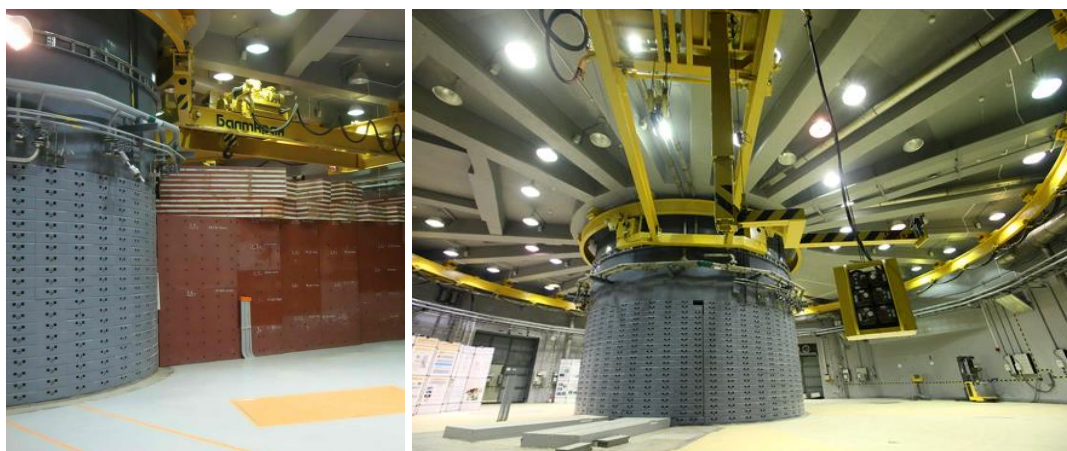


Рис. Зал горизонтальных каналов с радиационной защитой нейтронородов

В проекте реакторного комплекса, который разрабатывал ВНИПИЭТ (в разное время ГИ «ВНИПИЭТ» и СПИИ «ВНИПИЭТ»), предусматривалось создание достаточно мощной инфраструктуры зданий и сооружений, обеспечивающих как технологическую поддержку эксплуатации реактора, так и будущих экспериментальных установок.

Весьма важным решением стала организация лаборатории разделения изотопов водорода, что позволило создать и успешно применять современные технологии производства тяжелой воды и очистки ее от протия и трития. Созданные полупромышленные установки уже эффективно используются для удовлетворения потребности в тяжелой воде высокого качества России и многих зарубежных научных центров. Эксплуатация столь мощного источника трития, как реактор ПИК, невозможна

без высокопроизводительной установки извлечения трития из тяжелой воды промышленного типа, сооружение которой предусмотрено в проекте. Развитие технологии по этому направлению также востребовано в современной атомной энергетике и в будущем при освоении термоядерной энергии.

Вышеуказанные решения заложили основу сохранения актуальности проекта на длительные годы, несмотря на неизбежные изменения конъюнктуры исследований с помощью реакторов в целом и появление совершенно новых тем и направлений в области нейтронных исследований.

Основная схема реактора, а именно охлаждаемая легкой водой активная зона и тяжеловодный отражатель, впервые примененная в проекте реактора ПИК, признана теперь наиболее эффективной и технологичной.

Наиболее удачными действующими проектами по этой схеме можно признать реакторы ORPHEE (Франция), HANARO (Южная Корея), OPAL (Австралия) и, наконец, реактор FRM-II (Германия) со сверхкомпактной активной зоной, в котором удалось реализовать максимальное значение «качества» – отношение потока тепловых нейтронов в отражателе к мощности реактора. Следует также отметить реактор CARR (Китай) с достаточно высокими параметрами, на котором уже приступили к оснащению реакторного комплекса современным научным оборудованием.

Реактор ПИК отличается от большинства аналогичных зарубежных проектов увеличенными нейтронными потоками в отражателе за счет большей мощности, наличием нейтронной ловушки с очень высоким нейтронным потоком и возможностью облучения материалов в активной зоне. Предусмотрена модификация ТВС с полостью для облучения материалов.