

Персоны

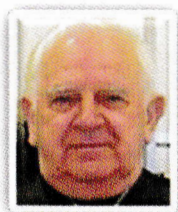


Дроздов Анатолий Александрович

Руководитель ресурсного центра ОР-М УЭРЦ

Тел.: +7(499)196-71-91. Факс +7(499)196-86-41.

E-mail: drozdov_aa@nrcki.ru



Мадеев Виктор Георгиевич

Научный руководитель работ на установке, д. т. н., профессор, начальник лаборатории

Тел.: +7(499)196-90-22.

E-mail: madeev_vg@nrcki.ru



Уксусов Евгений Иванович

Заместитель научного руководителя, ведущий научный сотрудник

Тел.: +7(499)196-92-47.

E-mail: uksusov_ei@nrcki.ru

Контакты



Воронов А. Н.

Заместитель главного инженера ресурсного центра ОР-М УЭРЦ

Тел.: +7(499)196-94-10.

E-mail: voronov_an@nrcki.ru

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РЕАКТОР ИР-8

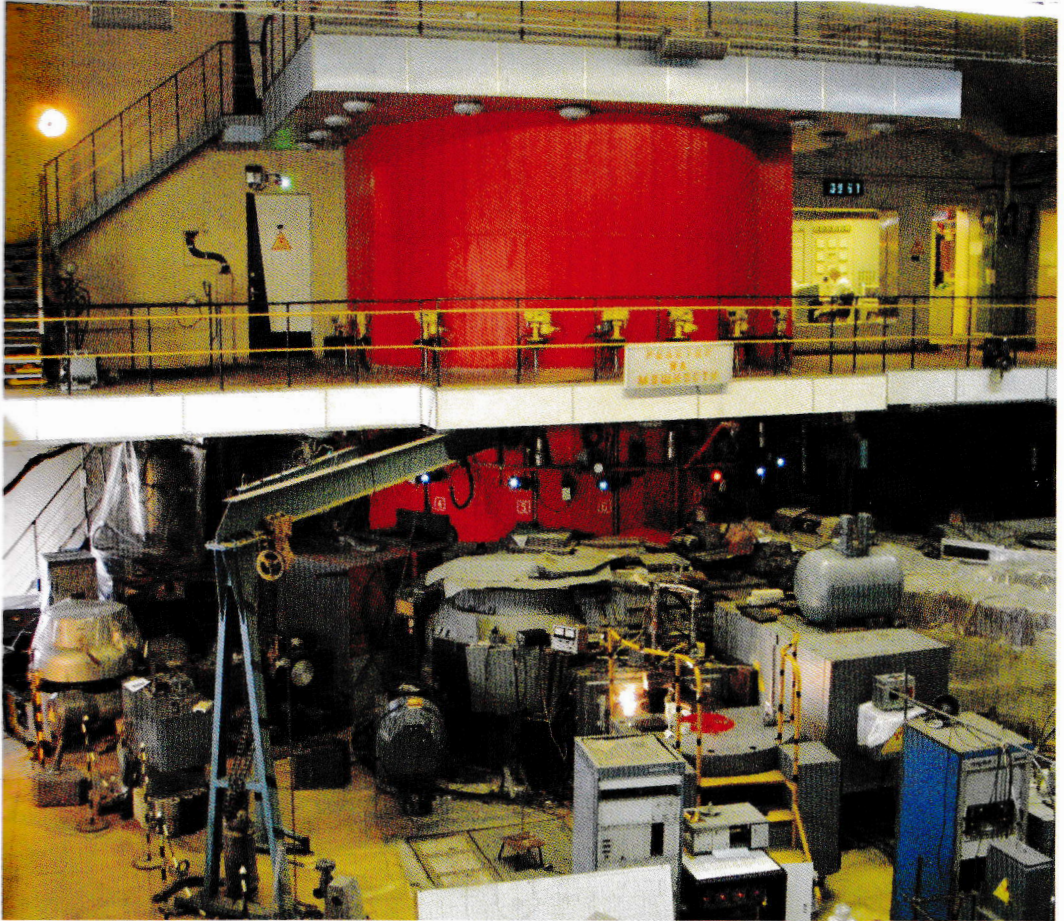
Исследовательский ядерный реактор ИР-8 НИЦ «Курчатовский институт», физический пуск которого состоялся 12.08.1981 г., а энергетический — 30.10.1981 г., является водо-водяным реактором бассейнового типа. Реактор ИР-8 — результат глубокой модернизации реактора ИРТ, введенного в эксплуатацию в 1957 г.

Реактор ИР-8 предназначен для проведения фундаментальных и прикладных исследований в области ядерной физики, физики твердого тела и сверхпроводимости, нанотехноло-

гий и наноматериалов, радиационного материаловедения, нейтронно-активационного анализа элементного состава вещества, испытаний образцов новых топливных композиций для перспективных энергетических реакторных установок, наработке изотопов медицинского назначения.

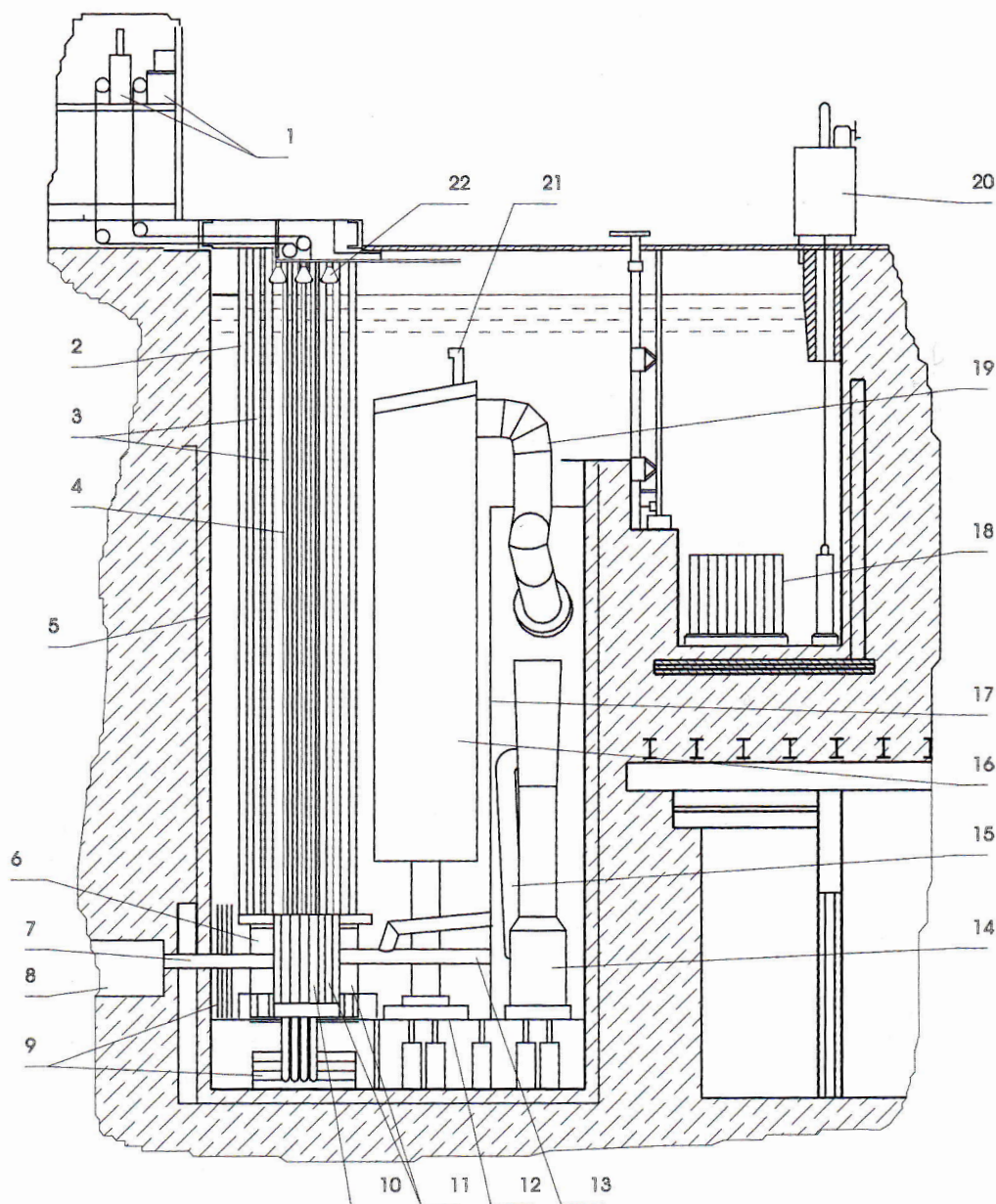
Реактор ИР-8 неоднократно модернизировался, назначенный срок его эксплуатации продлен до 2026 г.

Активная зона реактора расположена под десятиметровым слоем дистиллированной воды. Вода в реакторе является одновременно теплоносителем, замедлителем и биологической защитой.



Реакторный зал ИР-8

Особенности компоновки активной зоны реактора обеспечивают наилучшие для реакторов такого класса параметры нейтронного потока как в активной зоне, так и в отражателе. Реактор имеет 12 горизонтальных экспериментальных каналов, на которых размещены установки для нейтронного исследования конденсированных сред. Кроме этого, в реакторе имеются вертикальные каналы, в которых можно проводить облучение для получения радиоактивных изотопов, а также контролируемое облучение конструкционных материалов и тепловыделяющих элементов с измерением параметров в режиме «on-line».

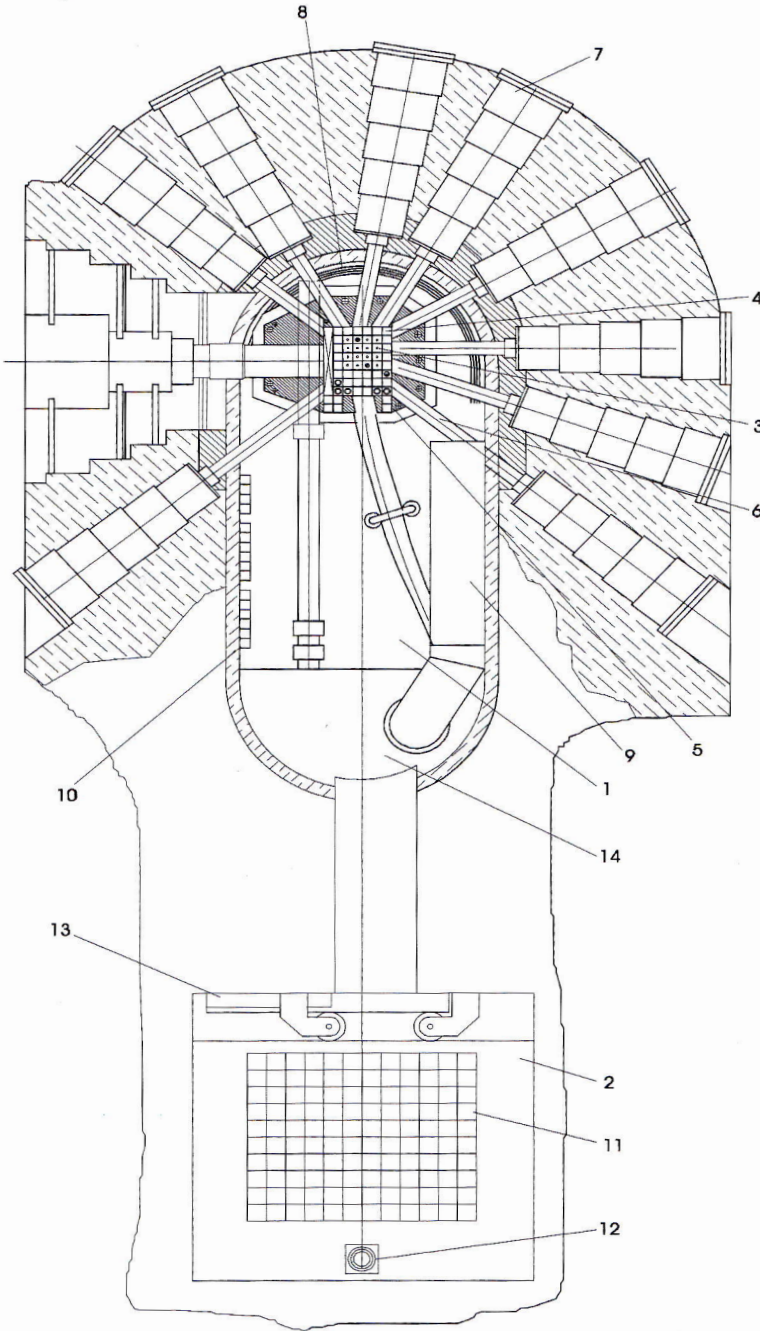


Продольный разрез реактора ИР-8: 1 — приводы стержней СУЗ; 2 — каналы СУЗ; 3 — ЭК; 4 — каналы со стержнями СУЗ; 5 — бак реактора; 6 — корпус реактора; 7 — ГЭК; 8 — шибер ГЭК; 9 — стальные экраны; 10 — ТВС; 11 — бериллиевый отражатель; 12 — разделительное дно; 13 — ультрахолодный канал; 14 — эжектор; 15 — трубопровод напорный; 16 — емкость задерживающая; 17 — вертикальная перегородка; 18 — хранилище ОТВС; 19 — трубопровод всасывающий; 20 — контейнер транспортный; 21 — воздушник; 22 — душирующее устройство

Бак реактора, выполненный из нержавеющей стали, имеет следующие размеры: высота — 11,0 м; длина — 4,3 м; ширина — 1,8 м. Объем бака — $\approx 75 \text{ м}^3$.

Бак окружен биологической защитой, состоящей из стального экрана толщиной 20 см и тяжелого бетона (объемный вес $6,5 \text{ т/м}^3$) толщиной 160 см.

Внутри бака, между облицовкой и корпусом активной зоны, установлена дополнительная железно-водная защита из 4-х стальных листов толщиной 20 мм с водяным зазором между ними по 5 мм.



Поперечный разрез реактора ИР-8: 1 — бассейн реактора; 2 — бассейн хранилища; 3 — ТВС; 4 — сменный бериллиевый блок; 5 — стационарный бериллиевый блок; 6 — ГЭК; 7 — шиббер; 8 — стальной экран; 9 — задерживающая емкость; 10 — временное хранилище ОТВС; 11 — хранилище ОТВС; 12 — ведро контейнера для выгрузки ТВС из бассейна; 13 — ворота шлюза; 14 — крышка распределительного короба

Облицовка бетонного бака реактора выполнена из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т и состоит из дна, нижней и верхних боковых секций. Дно облицовки бака изготовлено из листов толщиной 20 мм. Нижняя секция облицовки бака изготовлена из листов толщиной 10 мм, верхние секции — толщиной 6 мм. Жесткость боковых секций обеспечивается приваренными к ним продольными и поперечными ребрами по всему периметру этих секций.

Бак реактора в пределах нижней секции (под корпусом активной зоны) имеет промежуточное дно, в результате чего образуется полость объемом $\approx 3 \text{ м}^3$, заполненная водой. Для предотвращения коррозии корпуса активной зоны между ним и плитой промежуточного дна бака установлен протектор из циркония.

Рядом с бассейном реактора находится бассейн-хранилище для временного хранения отработавших ТВС, где они хранятся не менее 4-х лет до момента отправки их на переработку. Глубина бассейна-хранилища ОТВС — 5,5 м. Верхняя его часть находится на одном уровне с бассейном реактора. Оба бассейна соединены между собой шлюзовым коридором, глубина которого равна 3 м.

Рабочие органы (РО) регулирования РР (10 шт.) разбиты на пять групп по два РО в каждой. Каждая группа РО РР имеет свой индивидуальный привод.

РО АР и каждый РО АЗ также имеют свой исполнительный механизм (ИМ). При срабатывании аварийной защиты в активную зону падают, кроме РО АЗ, также и все РО РР.

По сигналу аварийной защиты РО АЗ и РР могут падать из любого промежуточного положения.

Система управления и защиты (СУЗ) предназначена для обеспечения безопасной работы реактора ИР-8 во всех режимах его эксплуатации.

СУЗ реактора ИР-8 выполнена на базе 4-х измерительно-вычислительных блоков «МИРАЖ МБ», основными функциями которых являются следующие:

- контроль и регистрация мощности реактора по плотности потока тепловых нейтронов в диапазоне от $1 \cdot 10^{-1}$ до $5 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ в месте расположения ионизационных камер;
- контроль и регистрация скорости нарастания мощности (периода) в том же диапазоне;
- контроль (вычисление) реактивности реактора;
- управление рабочими органами СУЗ (РО АЗ, РО РР, РО АР) и контроль за их положением;
- контроль и регистрация технологических параметров систем охлаждения (расход, давление, температура и др.);
- формирование работы автоматического регулятора мощности;
- управление системой блокировок, направленной на исключение ввода положительной реактивности при некоторых нарушениях безопасности и ошибках персонала;
- ввод в действие каналов аварийной защиты с целью остановки реактора при нарушении пределов безопасной эксплуатации.

Основные технические характеристики реактора ИР-8

Мощность реактора (тепловая), МВт	8
Теплоноситель:	
— 1-го контура охлаждения	вода обессоленная
— 2-го контура охлаждения	вода техническая
Отражатель	бериллий металлический
Замедлитель	вода обессоленная

Давление, МПа:	
— 1-го контура охлаждения	0,69
— 2-го контура охлаждения	0,79
Расход теплоносителя, м ³ /ч:	
— через активную зону и отражатель	880
— первый контур	240
— второй контур	600
Средняя скорость теплоносителя в зазорах ТВС, м/с	2,86
Температура теплоносителя, °С:	
— на входе в активную зону	47,5
— на выходе из активной зоны	55
Обогащение по ²³⁵ U, %	90
Выгорание, %:	
— среднее	50
— максимальное	60
Энергонапряженность активной зоны, макс., кВт/л	405
Поток нейтронов, см ⁻² ·с ⁻¹ :	
— тепловых	2,5·10 ¹⁴
— быстрых	5,7·10 ¹³
Число тепловыделяющих сборок (ТВС)	16
Число органов аварийной защиты (АЗ)	2
Число органов регулирования (РО)	10
Орган автоматического регулирования (АР)	1
Конструкция ТВС	ИРТ-3М
Число экспериментальных каналов:	
— горизонтальных	12
— вертикальных стационарных	12
— вертикальных сменных	до 8

Активная зона реактора ИР-8

В активной зоне реактора ИР-8 в качестве топлива используется диоксид урана UO₂ в алюминиевой матрице.

Параметры активной зоны:

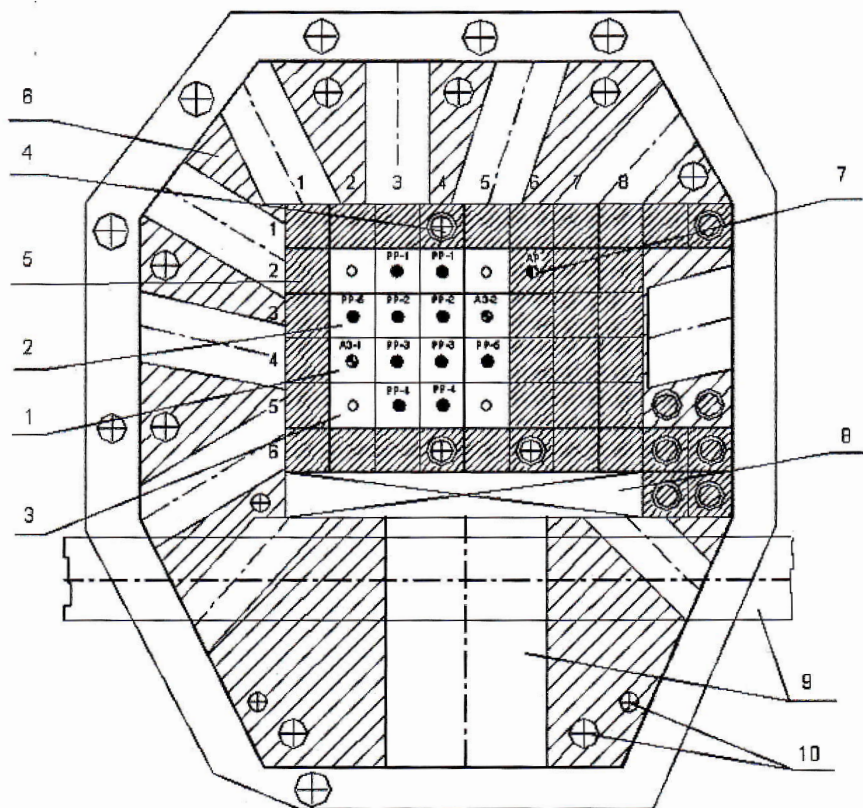
- высота воды над активной зоной, м — 10;
- рабочий объем активной зоны, л — 47,4;
- количество урана в активной зоне, кг — 4,35;
- обогащение топлива, % — 90;
- концентрация урана (средняя), г/л — 89.

Корпус активной зоны и отражателя изготовлен из алюминиевого сплава. Опорная решетка корпуса активной зоны — 48 квадратных ячеек (6×8) с шагом 71,5×71,5 мм. В 16 ячейках устанавливаются ТВС (рабочая загрузка). Остальные ячейки заняты сменными бериллиевыми блоками.

Активная зона окружена стационарным бериллиевым отражателем толщиной 23 см, заключенным в алюминиевый корпус, имеющий в плане форму многогранника.

В активной зоне реактора используются 6-ти трубные ТВС типа ИРТ-3М (могут также использоваться 8-ми и 4-х трубные ТВС типа ИРТ-3М). Тепловыделяющая сборка (ТВС) ИРТ-3М состоит из труб (ТВЭлов) квадратного сечения. Толщина ТВЭла равна 1,4 мм. В цент-

ре 6-ти и 4-х трубной ТВС вместо соответственно двух и четырех твэлов можно разместить вертикальный экспериментальный канал.



Картограмма активной зоны с рабочей загрузкой реактора: 1 — ТВС со стержнем аварийной защиты (АЗ); 2 — ТВС со стержнем компенсации реактивности (РР); 3 — ТВС с вытеснителем; 4 — сменный бериллиевый блок с вертикальным экспериментальным каналом; 5 — сменные блоки бериллиевого отражателя; 6 — стационарный бериллиевый отражатель; 7 — стержень автоматического регулятора (АР); 8 — свинцовый щит; 9 — горизонтальные экспериментальные каналы; 10 — вертикальные экспериментальные каналы

В 8-ми трубной ТВС содержится 300 г U-235, в 6-ти трубной — 265 г, в 4-х трубной — 201 г. Обогащение по ^{235}U — 90%.

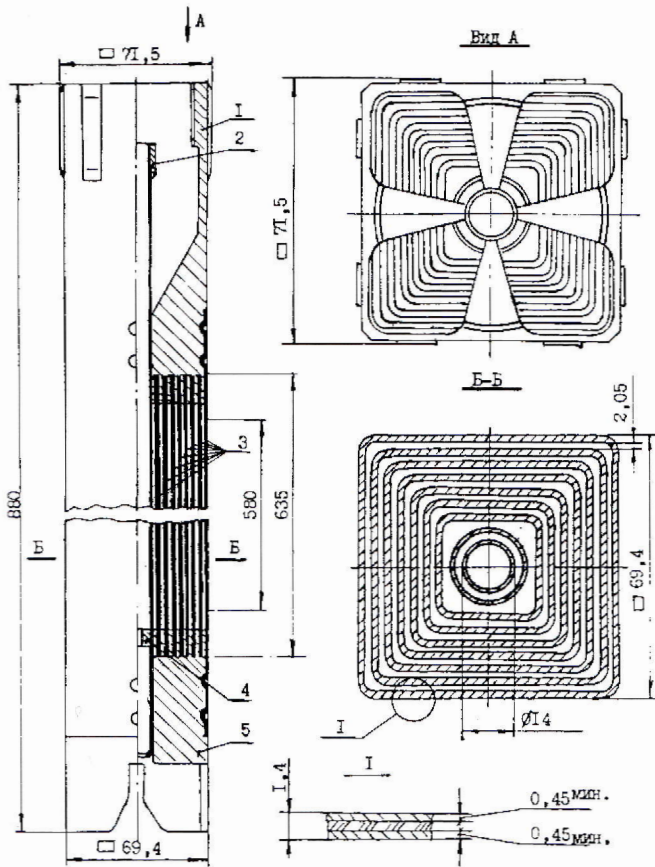
Покрытия твэлов, выполненные из алюминиевого сплава, имеют толщину 0,5 мм. Средний тепловыделяющий слой состоит из диоксида урана в алюминиевой матрице толщиной 0,4 мм и высотой 580 мм. Зазор между твэлами равен 2,05 мм. Высота ТВС вместе с концевыми деталями равна 880 мм.

ТВС и сменные бериллиевые блоки с помощью прорезей в хвостовиках устанавливаются на опорную решетку толщиной 90 мм. Вверху ТВС и бериллиевые блоки центрируются с помощью выступов на верхней концевой детали.

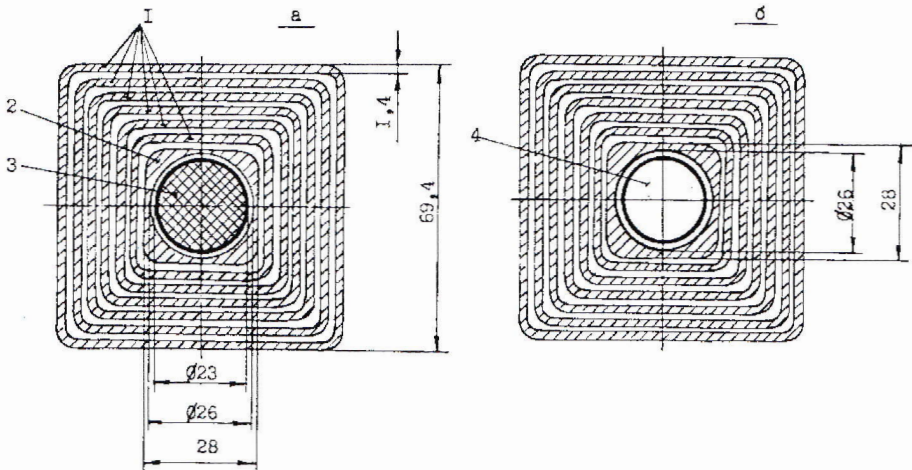
На картограмме показано размещение всех элементов активной зоны и отражателя.

В двенадцати 6-ти трубных ТВС установлены каналы с РО РР (10 шт.) и РО АЗ (2 шт.). В четыре угловые ячейки активной зоны (2-2, 2-5, 5-2, 5-5) могут устанавливаться как 6-ти, так 8-ми и 4-х трубные ТВС.

Канал с РО АР помещен внутри сменного бериллиевого блока, который может устанавливаться в ячейки 5-1, 6-1, 6-2.

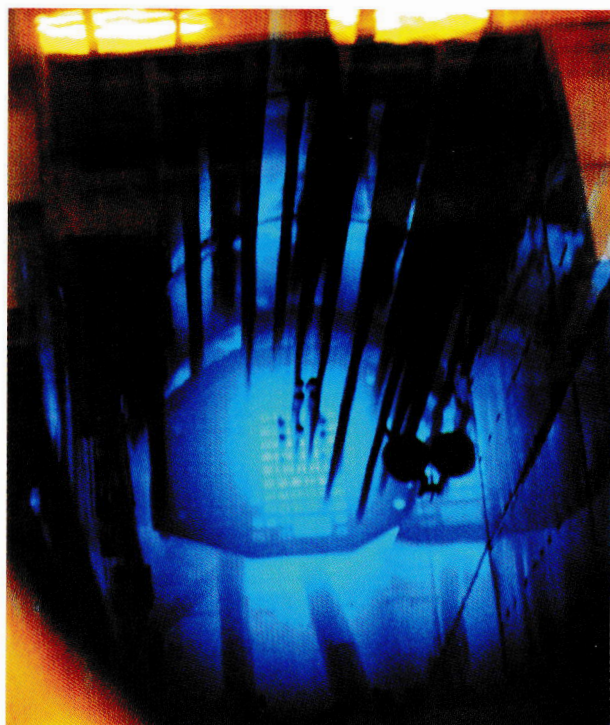


Восьмитрубная ТВС ИРТ-3М:
 1 — головка; 2 — вытеснитель;
 3 — твэлы; 4 — шайба; 5 — хвостовик



Поперечные сечения шеститрубной ТВС типа ИРТ-3М: а) шеститрубная ТВС со стержнем СУЗ; б) шеститрубная ТВС с экспериментальным каналом для облучения блок-контейнеров

Поглотитель всех РО СУЗ состоит из таблеток карбида бора, помещенных в чехол из нержавеющей стали диаметром 23×1 мм. Наружный диаметр всех поглотителей одинаков и равен 21 мм. Высота всех РО по поглотителю составляет 600 мм. Нижняя часть РО оканчивается алюминиевым вытеснителем.



Свечение активной зоны реактора ИР-8 в бассейне реактора

Охлаждение активной зоны

Охлаждение активной зоны реактора осуществляется водой бассейна, прокачиваемой через ТВС и блоки отражателя центробежными насосами и эжектором (водоструйным насосом). Охлаждающая вода в активной зоне движется сверху вниз и выходит в нижнюю полость бассейна, отделенную от его основного пространства разделительным (промежуточным) дном.

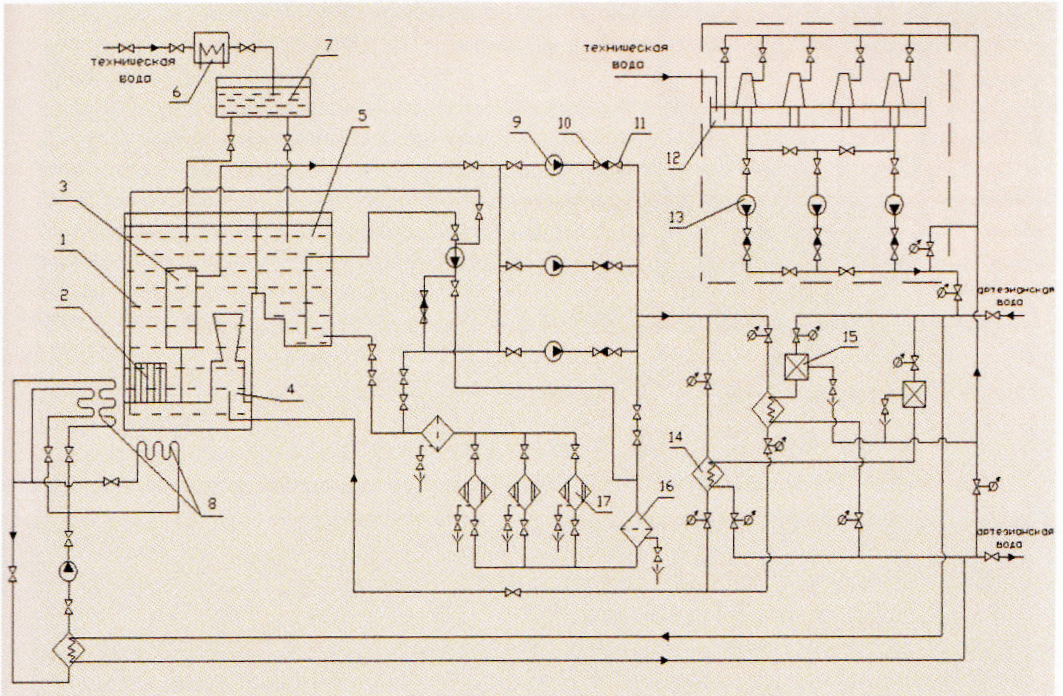
Из этого пространства вода через задерживающую емкость (объемом $\approx 5 \text{ м}^3$), расположенную в бассейне реактора, по всасывающему трубопроводу диаметром 500 мм поступает в насосную. В результате выдержки воды в задерживающей емкости, уровень гамма-излучения, образующийся в результате азотно-кислородной активности, в насосной первого контура невысок (снижается примерно в 1350 раз).

К всасывающему трубопроводу, расположенному в насосной, подключено три центробежных герметичных насоса типа 2ЦГ100/80К-37-5У2. Производительность одного насоса равна $\approx 100 \text{ м}^3/\text{ч}$ при напоре 80 м вод. ст.

После насосов вода проходит 2 теплообменника (теплообменники пластинчатые М15-BFG) с поверхностью теплоотдачи $\approx 152,5 \text{ м}^2$ каждый, предназначенных для передачи тепла от воды первого контура к воде второго контура.

Теплоноситель первого контура в теплообменниках движется навстречу теплоносителю второго контура. Теплообменники по первому и второму контуру включены параллельно.

Из теплообменников вода собирается в общий коллектор и по напорному трубопроводу поступает в сопло эжектора, расположенного в бассейне реактора над разделительным дном.



Принципиальная схема системы охлаждения реактора ИР-8: 1 — бассейн реактора; 2 — активная зона; 3 — задерживающая емкость; 4 — эжектор; 5 — бассейн хранилища; 6 — электродистиллятор; 7 — бак подпитки; 8 — змеевики охлаждения биологической защиты; 9 — насосы первого контура; 10 — обратный клапан; 11 — задвижка; 12 — градирня; 13 — насосы второго контура; 14 — теплообменник; 15 — фильтр очистки воды второго контура; 16 — механический фильтр; 17 — ионообменный фильтр

Вода из эжектора поступает в пространство, отделенное от основной части бассейна сверху герметичной крышкой, а сбоку перфорированной перегородкой, через которую она попадает в нижнюю часть бассейна с небольшой скоростью и далее в активную зону. Суммарный расход теплоносителя через ТВС равен $455 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Каждый насос и каждая ветвь теплообменников на входе и выходе имеет по одной задвижке, позволяющей отключать насос или теплообменник для ремонта. Кроме того, после каждого насоса имеется обратный клапан.

Для очистки теплоносителя первого контура имеется отдельная система, состоящая из насосов, вентилях, трубопроводов, механических и ионообменных фильтров.

Охлаждение боковой и нижней биологической защиты вблизи активной зоны осуществляется с помощью отдельного контура циркуляции.

Экспериментальные возможности и основные направления исследований

Для проведения фундаментальных и прикладных исследований на реакторе ИР-8 используются горизонтальные экспериментальные каналы (ГЭК) и вертикальные экспериментальные каналы (ВЭК).

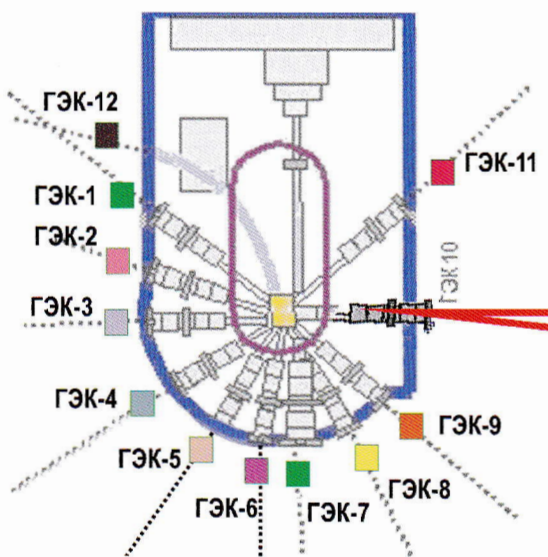


Схема экспериментального зала реактора ИР-8: ГЭК-1 — нейтронная микроскопия; ГЭК-2 — ядерная спектроскопия; ГЭК-3 — физика деления; ГЭК-4 — монокристаллы (МОНД); ГЭК-5 — спектры возбуждений (АТОС); ГЭК-6 — высокие давления (ДИСК); ГЭК-7 — капиллярная оптика; ГЭК-8 — нейтронная радиография; ГЭК-9 — малоугловое рассеяние (СТОИК); ГЭК-10 — неупругое рассеяние; ГЭК-11, ГЭК-12 — ультрахолодные нейтроны

ГЭК служат для вывода пучков нейтронов за пределы биологической защиты. Всего имеется 12 ГЭКов, из которых

- 9 радиальных с внутренним диаметром 100 мм;
- 1 касательный сквозной с внутренним диаметром 150 мм;
- 1 радиальный с внутренним диаметром 230 мм;
- 1 криволинейный с внутренним диаметром 150 мм.

В реакторе ИР-8 имеется возможность устанавливать следующие ВЭКи:

- в шеститрубной или четырехтрубной ТВС;
- в сменных бериллиевых блоках отражателя;
- в стационарном бериллиевом отражателе;
- за корпусом активной зоны.

Основные направления исследований на реакторе ИР-8 формируются каждые 3–4 года, и для этих целей разрабатывается специальная Программа.

Исследовательский ядерный реактор ИР-8 предназначен для проведения фундаментальных и прикладных исследований в области ядерной физики, физики твердого тела и сверхпроводимости, нанотехнологий и наноматериалов, радиационного материаловедения, нейтронно-активационного анализа элементного состава вещества, испытаний образцов новых топливных композиций для перспективных энергетических реакторных установок, наработке изотопов медицинского назначения.

Программа в области фундаментальных исследований предусматривает в ближайшие годы использование экспериментальных установок в интересах следующих приоритетных направлений:

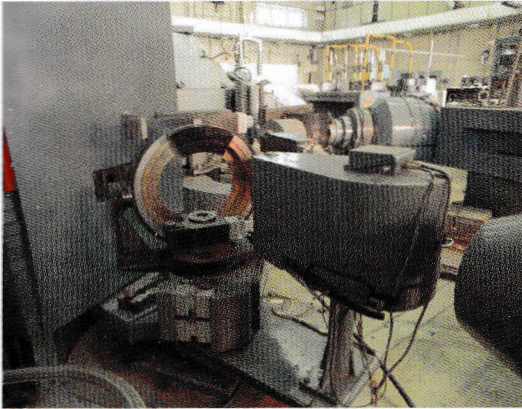
- фундаментальные исследования в области физики твердого тела, ядерной физики, радиационного материаловедения, исследований медико-биологического профиля (изучение структуры и динамики фазовых превращений в кристаллах, в том числе в экстремальных условиях высоких давлений и температур, сильных магнитных полей и больших флюенсов);
- исследования в области наноматериалов, включая углеродные материалы, металлы и сплавы с добавками углеродных наноматериалов, тонкопленочные системы, взаимо-

действие нейтронов с поверхностью (с использованием очень холодных нейтронов) и пр.;

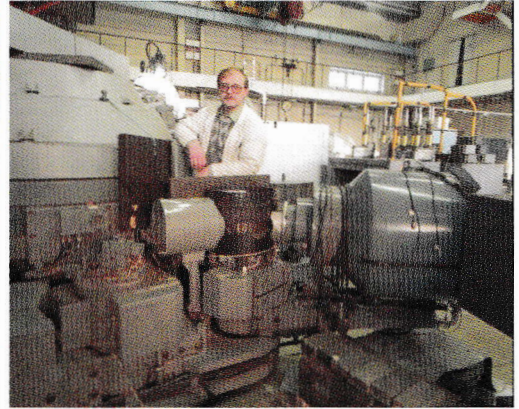
- исследования радиоактивных и облученных материалов в интересах атомной энергетики, включая микротопливные композиции, топливные композиции урана и плутония, контроль реакторных и других материалов высоких технологий, исследование внутренних напряжений;
- ядерно-физические исследования (ультрахолодные нейтроны и их хранение), исследования в области ядерной спектроскопии с помощью быстрых нейтронов, использование ядерно-физических методов для решения испытания конструкционных материалов с целью изучения природы радиационного охрупчивания материалов корпусов реакторов ВВЭР при высоких значениях флюенса быстрых ($E \geq 0,5$ МэВ) нейтронов, а также аналитических задач в области нанотехнологий, в частности влияние наночастиц серебра и железа на здоровье человека.

Для проведения исследований на реакторе ИР-8 имеется комплекс нейтронно-физической аппаратуры, в том числе:

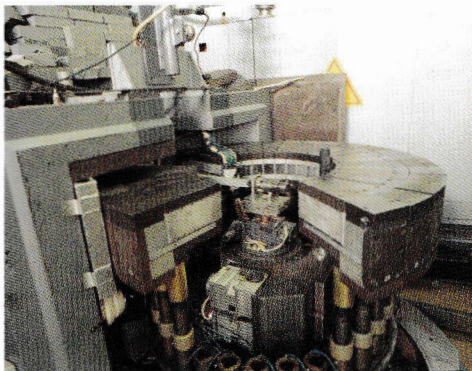
- пятикружный нейтронный рефрактометр МОНД;
- трехосный кристаллический спектрометр АТОС;
- поликристалльный многодетекторный кольцевой дифрактометр ДИСК;
- трехосный спектрометр на идеальных кристаллах СТОИК.



Дифрактометр МОНД



Спектрометр АТОС



Дифрактометр ДИСК



Спектрометр СТОИК

Международное сотрудничество

На исследовательском реакторе ИР-8 проводятся совместные исследования в сотрудничестве с Республикой Беларусь, Республикой Армения, Латвийской Республикой и другими государствами.

История

В период назначенного срока эксплуатации реактора ИР-8 с 1981 по 2011 гг. полных реконструкций не было, проводились только модернизации отдельных систем:

- в 2011–2012 гг. проведена модернизация систем охлаждения с целью замены теплообменного оборудования, центробежных насосов и ряда трубопроводов с арматурой в первом и втором контурах охлаждения в связи с их моральным и физическим устареванием, систем общеобменной и специальной вентиляции;
- в 2012–2013 гг. проведены модернизации систем управления и защиты (СУЗ), контрольно-измерительных приборов (КИП), системы радиационного контроля (СРК), электроснабжения с целью замены отдельных элементов этих систем в связи с их моральным и физическим устареванием.

Все модернизации были направлены на повышение условий обеспечения ядерной, радиационной и технической безопасности в течение продленного срока эксплуатации реактора ИР-8.

На период до 2017 г. запланированы модернизации отдельных систем и замены оборудования:

- системы спецканализации;
- оборудования и устройств для перегрузочных работ;
- сменных блоков бериллиевого отражателя;
- замена шиберов ГЭК;
- ремонт зданий и сооружений.

В 2012 г. назначенный срок эксплуатации реактора ИР-8 продлен до 2026 г.

Персоны

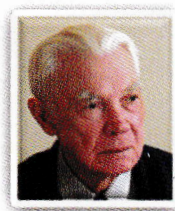


Андреев Денис Владимирович

Начальник Управления эксплуатации ресурсных центров

Тел.: +7(499)196-71-27.

E-mail: Andreev_DV@nrcki.ru



Яшин Анатолий Федорович

Главный специалист реактора ИР-8

Тел.: +7(499)196-97-07.

Контакты



Хмызов Николай Владимирович

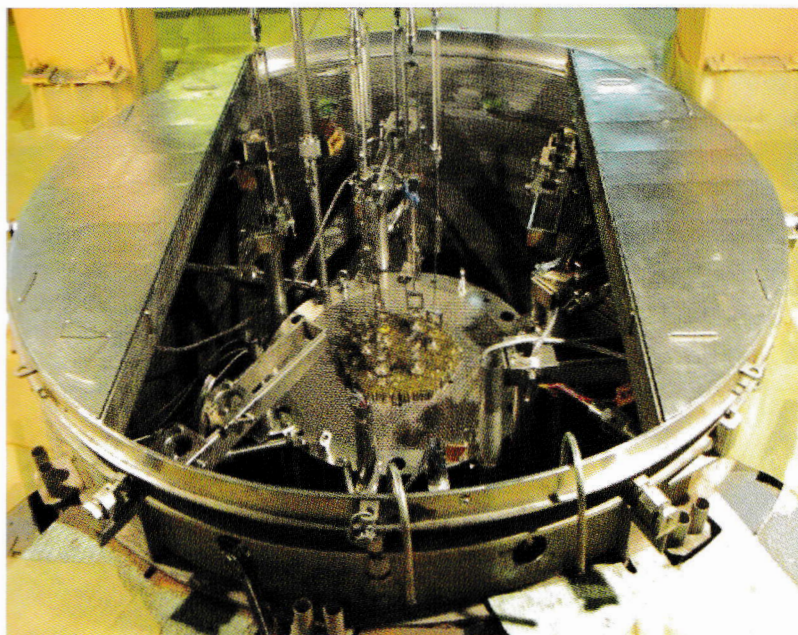
Начальник реактора ИР-8

Тел.: +7(499)196-77-15.

E-mail: khmyzov@rambler.ru

КРИТИЧЕСКИЙ СТЕНД П

Критический ядерный стенд П является прототипом водо-водяного реактора и предназначен для проведения экспериментов по исследованию различных уран-водных размножающих систем, имеющих кассетную или твэльную структуру. Физический пуск осуществлен 17 июля 1987 г.



Бак и активная зона критического стенда П

Конструктивно стенд представляет собой бак из нержавеющей стали, внутри которого размещены нижняя опорная плита, несущие конструкции и верхняя дистанцирующая решетка, платформа СУЗ. При проведении экспериментов бак заполняется водой или раствором борной кислоты. Объем бака — 16 м³. Технологические системы стенда позволяют поддерживать постоянную температуру воды в баке в диапазоне 16–95 °С. Конструкция критстенда П универсальная. Исследуемые активные зоны набираются из штатных или экспериментальных ТВС типа ВВЭР-440, ВВЭР-1000 или из экспериментальных твэлов типа ВВЭР.

В 2014 г. срок эксплуатации критического стенда П установлен до 2029 г.