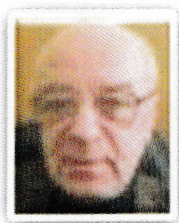


окончательного останова с последующим выводом из эксплуатации, так как дальнейшая эксплуатация установки признана нецелесообразной.

### Персоны



*Шиков Анатолий Иванович*

Тел.: +7(499)196-78-32.

E-mail: Shikov\_Ai@nrcki.ru.

### Контакты



*Быков Андрей Алексеевич*

Начальник комплекса Гамма

Тел.: +7(499)196-93-79.

E-mail: abykov@nnrd.kiae.su

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РЕАКТОР ОР

Исследовательский малогабаритный ядерный реактор ОР входит в состав исследовательской облучательной установки ОР-М в качестве источника излучения. Физический пуск реактора прошел в 25.05.1988 г., энергетический пуск проводился в период с 13.07.1988 г. по 06.10.1989 г., введен в эксплуатацию 14.12.1989 г. Реактор ОР в комплексе с экспериментальным стендом ОР-М эксплуатируется с января 1990 г. Установка с 1994 г. входит в Перечень Уникальных исследовательских установок России за номером 01-31.

Реактор ОР — безопасный в эксплуатации, с неограниченным временем до перегрузки топлива, специализированный исследовательский ядерный реактор типа ВВР с изменяемым уровнем мощности в пределах 1 Вт — 300 кВт и низким уровнем гамма-фона, используемый в качестве источника нейтронов и фотонов с повышенным выходом излучений в сторону облучательного объема установки ОР-М. Облучательный объем состоит из ступенчатой ниши в радиационной защите реактора и горизонтального туннеля, служащего продолжением ниши.

С 1990 г. реконструкций на реакторе ОР не проводились. В 2008 г. завершена последняя модернизация оборудования облучательного объема (100 м<sup>3</sup>) установки. При этом сохраняется потенциал дальнейшей модернизации оборудования облучательного объема и реактора.

Установка ОР-М предназначена для проведения:

- исследований, экспериментальной отработки и испытаний средств защиты от воздействия нейтронов и гамма-излучения на персонал и оборудование установок с ЯЭУ на борту;
- моделирования направленного и всестороннего воздействия нейтронов и гамма-излучения реакторного диапазона энергий на эксплуатационные характеристики радио-

- электронных компонентов, приборов и комплексов оборудования с использованием нейтронного и фотонного пучков диаметром до 1,5 м и варьируемым компонентным гамма/нейтронным соотношением в широких (несколько порядков) пределах;
- фундаментальных исследований физики переноса нейтронов и гамма-излучения реактора в веществе;
- подготовки научных и инженерных кадров.

### Важные отличительные черты

В состав облучательной установки ОР-М входят перечисленные ниже устройства и оборудование:

- безопасный в эксплуатации, специализированный исследовательский ядерный реактор типа ВВР с уровнем мощности в пределах 1 Вт — 300 кВт и низким уровнем гамма-фона, используемый в качестве источника нейтронов и фотонов с повышенным выходом излучений с боковой поверхности активной зоны в сторону облучательного объема установки ОР-М. Облучательный объем состоит из ступенчатой ниши в радиационной защите реактора и горизонтального туннеля, служащего продолжением ниши;
- расширяющаяся четырехступенчатая ниша общей длиной 2 м и поперечным сечением от  $\approx 1,3 \times 1,3$  м до  $\approx 1,6 \times 1,6$  м, примыкающая непосредственно к боковому отражателю активной зоны малогабаритного ядерного реактора ОР;
- туннель для вывода пучка излучений реактора сечением  $2,1 \times 2,1$  м и длиной 25 м с толщиной бетонных стен до 1,7 м и монтажным проемом в средней части, перекрываемым раздвижной защитой;
- система коллимирующих диафрагм пучка общей толщиной свыше 2 м, дистанционно перемещаемых на платформах по горизонтальному рельсовому пути вдоль всего облучательного объема установки и перекрывающих его сечение; диаметр коллимационного отверстия можно изменять от 0,05 м до 1,0 м за счет переходных вставок;
- набор нейтронных и фотонных фильтров, изготовленных из различных материалов и размещаемых вдоль пролетной базы пучка. Использование пропускания излучения реактора через фильтры позволяет в широких пределах варьировать энергетический и компонентный состав нейтронов и гамма-излучения в пучке в месте расположения исследуемого образца, а также снизить уровень фона рассеянного в стенах излучения до 1%;

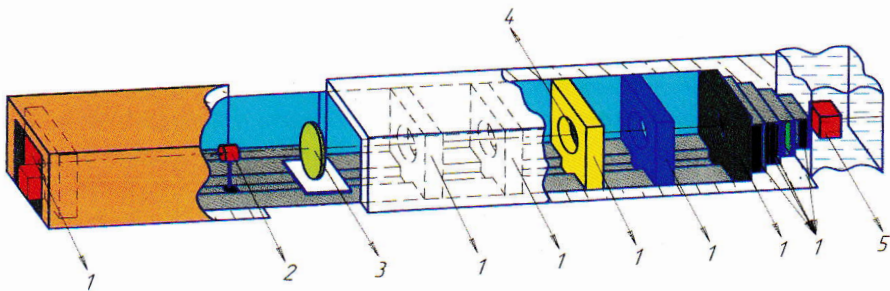


Схема облучательного туннеля установки ОР-М для одного из вариантов формирования широкого ( $\varnothing 1,5$  м) пучка излучений реактора с пролетной базой свыше 20 м: 1 — коллиматоры пучка; 2 — детектор; 3 — исследуемый образец; 4 — свинцовый фильтр; 5 — реактор

- физический зал, площадью  $150 \text{ м}^2$  и высотой 13 м, сообщающийся с туннелем через монтажный проем и используемый для предварительной сборки исследуемых макетов;

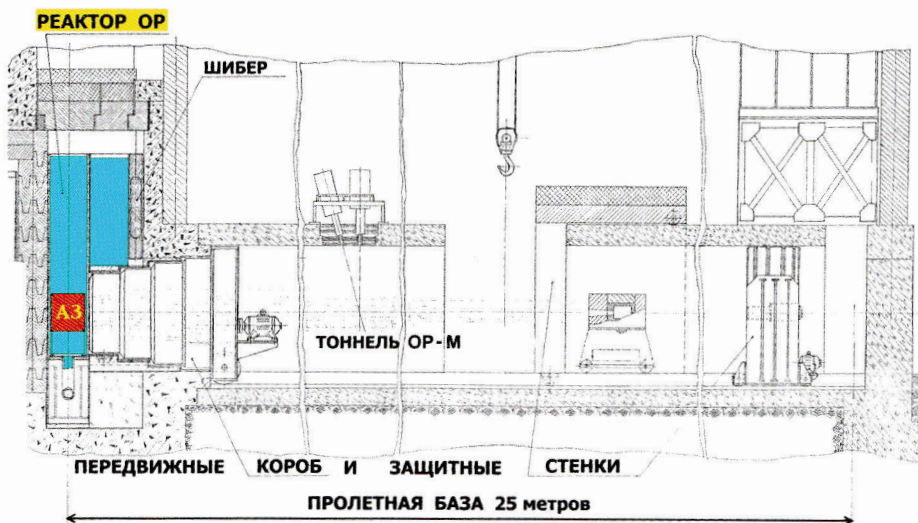


Аппаратурный зал

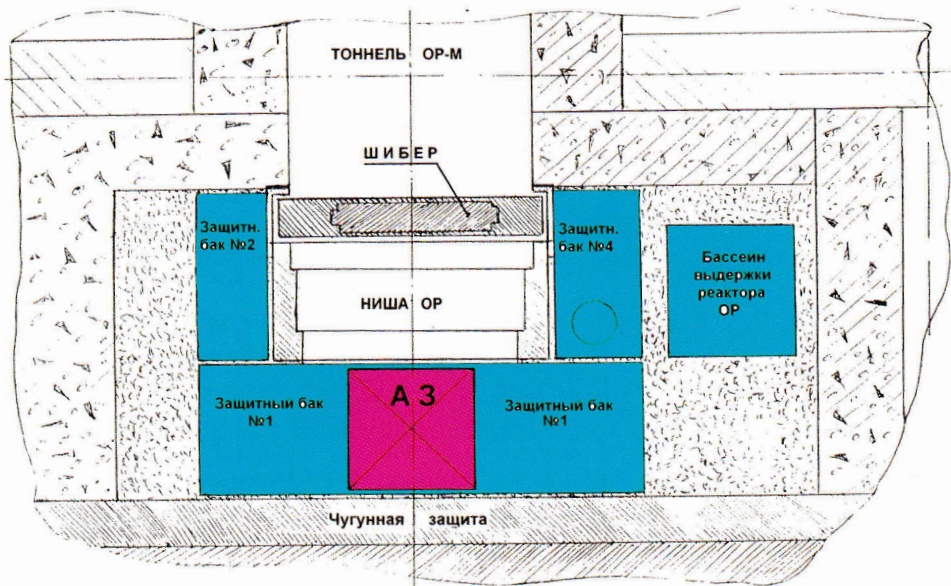
— аппаратный зал, включающий радиометрический измерительный комплекс с набором детекторов для измерения пространственных, энергетических и угловых распределений потоков излучений обоих видов. Диапазон энергий регистрируемых нейтронов — от тепловой до 15 МэВ, и фотонов — от 0,1 до 10 МэВ. Установка оборудована системой мониторингования уровня мощности реактора и интенсивности излучения, падающего на исследуемый образец.

Облучательная установка ОР-М с исследовательским реактором ОР была создана по инициативе академиков И. В. Курчатова и А. П. Александрова с целью экспериментальной отработки и испытаний макетов биологической защиты реактора для обеспечения допустимых уровней воздействия его излучений на экипаж 1-й советской АПЛ.

В последующие годы установка неоднократно модернизировалась. Последняя модернизация осуществлена в 2007 г. по итогам посещения установки ОР-М комиссией Администрации Президента РФ и его Поручения Правительству о выделении средств для поддержания эксплуатации и модернизации уникальных физических установок РФ, действующих в «Курчатовском институте».



Вертикальный разрез установки ОР-М с реактором ОР



Горизонтальное сечение реактора ОР

- На эскизе горизонтального сечения реактора ОР показаны:
- активная зона реактора (АЗ);
  - биологическая защита реактора в виде защитных баков, наполненных водой, и «тяжелой» защиты;
  - ниша реактора, в которой расположен выдвигаемый в тоннель ступенчатый короб и вертикально перемещающийся шибер.

Центральная горизонтальная ось выходящего из активной зоны потока излучения совпадает с горизонтальной осью экспериментального тоннеля.

### Основные технические характеристики реактора ОР

Мощность установки (тепловая), МВт	0,3
Теплоноситель	вода
Отражатель	графит
Замедлитель	вода
Давление, МПа	атмосферное
Расход теплоносителя, м <sup>3</sup> /час	без расхода (до 3 кВт) 30–90 (свыше 3 кВт)
Скорость потока теплоносителя, м/с	2,75
Температура теплоносителя, °С:	на мощности от 30 до 300 кВт
— на входе	не более 45
— на выходе	не более 50
Обогащение по <sup>235</sup> U, %	36
Выгорание, %:	
— среднее	0,02
— максимальное	≤ 0,6

Энергонапряженность активной зоны, кВт/л:	
— средняя	0,129
— максимальная	0,28
Плотность теплового потока, кВт/м <sup>2</sup> :	
— средняя	0,16
— максимальная	50,85
Поток нейтронов в центре активной зоны при Р=300 кВт, см <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup> :	
— тепловых	$(6,7 \pm 0,7) \cdot 10^{12}$
— быстрых	$(1,33 \pm 0,03) \cdot 10^8$
Число тепловыделяющих сборок (ТВС)	25 (375 твэлов)
Число органов аварийной защиты (АЗ)	2
Число органов регулирования (РО)	3
Конструкция ТВС:	
— размер сечения, мм	67,5×67
— общая длина, мм	703
— длина корпуса, мм	658
Число экспериментальных каналов	3 вертикальных канала (за отражателем), диаметры: 70 мм, 150, 150 мм

### Ядерное топливо реактора ОР

Рабочая загрузка активной зоны составляет 25 ТВС, включая пять ТВС со стержнями СУЗ, что соответствует 3,375 кг <sup>235</sup>U.



16-твэльная ТВС реактора ОР

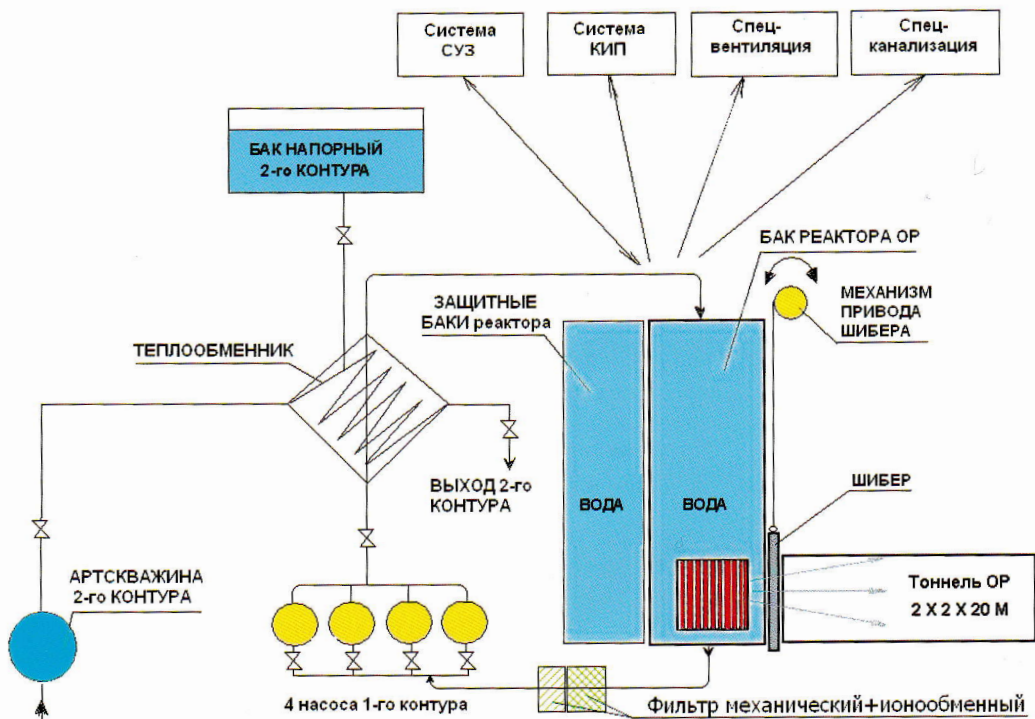
ТВС представляет собой кассету квадратного сечения, заполненную твэлами типа С-36. Охлаждение каждого твэла обеспечивается организацией вокруг твэла сплошного кольцевого зазора для протока теплоносителя.

Ядерным топливом является уран-алюминиевый сплав.

Твэл С-36 представляет собой стержень  $\varnothing$  10 мм, высотой 585 мм. Оболочка из алюминиевого сплава толщиной 1,5 мм. Делящийся материал выполнен в виде стержня  $\varnothing$  7 мм, высотой 500 мм из уран-алюминиевого сплава 36% обогащения по  $^{235}\text{U}$ .

### Охлаждение активной зоны

Система охлаждения реактора ОР двухконтурная.



Технологическая схема реактора ОР

Технологическая схема реактора «ОР» включает в себя:

- первый контур охлаждения, в состав которого входят бак реактора, трубопроводы, ионообменный и механический фильтры, запорная арматура, четыре параллельно включенных насоса ( $N = 6,5$  кВт,  $G = 30$  м<sup>3</sup>/ч,  $H = 24$  м), теплообменник ( $\varnothing = 410$  мм,  $L = 2180$  мм,  $S = 8,4$  м<sup>2</sup>);
- второй контур охлаждения, в состав которого входит теплообменник, трубопроводы с запорной арматурой и насос артезианской скважины ( $N=55$  кВт,  $G=160$  м<sup>3</sup>/ч,  $H=100$  м);
- спецвентиляцию;
- спецканализацию.

### Экспериментальные возможности реактора ОР

Реактор ОР обеспечивает значительные величины дозовых и потоковых характеристик нейтронов и гамма-излучения в активной зоне, в экспериментальных каналах и в облучательной нише.

Потоки нейтронов и мощность дозы фотонов в экспериментальных каналах, нормированных на мощность 1 кВт:

№ канала	Поток нейтронов, см <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>		Мощность дозы, Р/с
	Тепловые	> 3 МэВ	
ЭК1	(1,406±0,003)10 <sup>8</sup>	(1,528±0,006)10 <sup>7</sup>	1,6
ЭК2	(3,46±0,06)10 <sup>7</sup>	(5,824±0,09)10 <sup>6</sup>	0,88

Плотности потока нейтронов и мощность дозы фотонов в облучательной нише на расстоянии 0,42 м (нейтроны) и 1 м (фотоны) от центра активной зоны, нормированные на мощность 1 кВт:

Поток нейтронов, см <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>			Мощность дозы, Р/с
> 0,1 МэВ	>1,5 МэВ	>2,45 МэВ	
(6,32±0,03)10 <sup>8</sup>	(2,58±0,03)10 <sup>8</sup>	(1,33±0,03)10 <sup>8</sup>	0,2

Плотности потока нейтронов в топливе, усредненные по высоте активной зоны и нормированные на мощность реактора 300 кВт, ×10<sup>12</sup> см<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>:

Энергетический интервал, МэВ					Сумма
0–6,25·10 <sup>-7</sup>	6,25·10 <sup>-7</sup> –0,1	0,1–1,5	1,5–3	>3	
2,53±0,002	3,00±0,001	2,88±0,001	1,38±0,002	0,833±0,003	10,61±0,001

### История

Работы, выполненные на установке ОР-М в различные годы, отмечены Ленинской, Государственной и Курчатовскими премиями, правительственными наградами.



Сотрудники облучательной установки ОР-М, в различные годы участвовавшие в работах на реакторе

## 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-