

Исследовательские ядерные установки ФЭИ

Тип ИЯУ	Название ИЯУ	Мощность тепловая, кВт	Год физического пуска	Состояние	Длительность эксплуатации, лет*
ИР	БАРС-6	10,00**	1994	Действующий	21
ИР	Испытательный комплекс с реактором «Топаз»	2000,00	1969	Реконструкция	28
ИР	БР-10	8000,00	1958	Эксплуатация в режиме окончательного останова	44
ИР	АМ	10 000,00	1954	Вывод из эксплуатации	48
ИР	27/ВМ	70 000,00	1956	Вывод из эксплуатации	30
ИР	27/ВТ	70 000,00	1958	Вывод из эксплуатации	18
ЯЭУ	ТЭС-3	8800,00	1961	Жизненный цикл закончен	4
КС	БФС-1	0,20	1961	Действующий	54
КС	БФС-2	1,00	1969	Действующий	46
КС	ФС-1М	0,10	1970	Действующий	45
КС	АМБФ-2-1600	0,10	1984	Эксплуатация в режиме окончательного останова	30
КС	МАТР-2	0,40	1963	Эксплуатация в режиме окончательного останова	50
КС	Кобр	0,30	1970	Жизненный цикл закончен	32
КС	СТРЕЛА	0,02	1968	Жизненный цикл закончен	42
КС	БР-1	0,05	1955	Жизненный цикл закончен	55
КС	В-1М	0,01	1982	Жизненный цикл закончен	13
КС	Грот-2	0,10	1974	Жизненный цикл закончен	23
КС	ПС-2	0,20	1966	Жизненный цикл закончен	39
КС	РИТМ	0,01	1970	Жизненный цикл закончен	8
КС	РФ-ГС	0,01	1962	Жизненный цикл закончен	41
КС	СГО	0,10	1969	Жизненный цикл закончен	39
КС	Т-2	0,002	1965	Жизненный цикл закончен	35
КС	УКС-1М	0,01	1985	Жизненный цикл закончен	10
КС	ФГ-5	0,10	1967	Жизненный цикл закончен	40

* — на 2015 г. или до момента останова;

** — в статическом режиме.

ИМПУЛЬСНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РЕАКТОР БАРС-6

Двухзонный импульсный реактор на быстрых нейтронах самогасящегося действия БАРС-6 является основой реакторно-лазерного комплекса Стенд «Б» — уникальной экспериментальной базой для решения целого круга научно-технических задач.



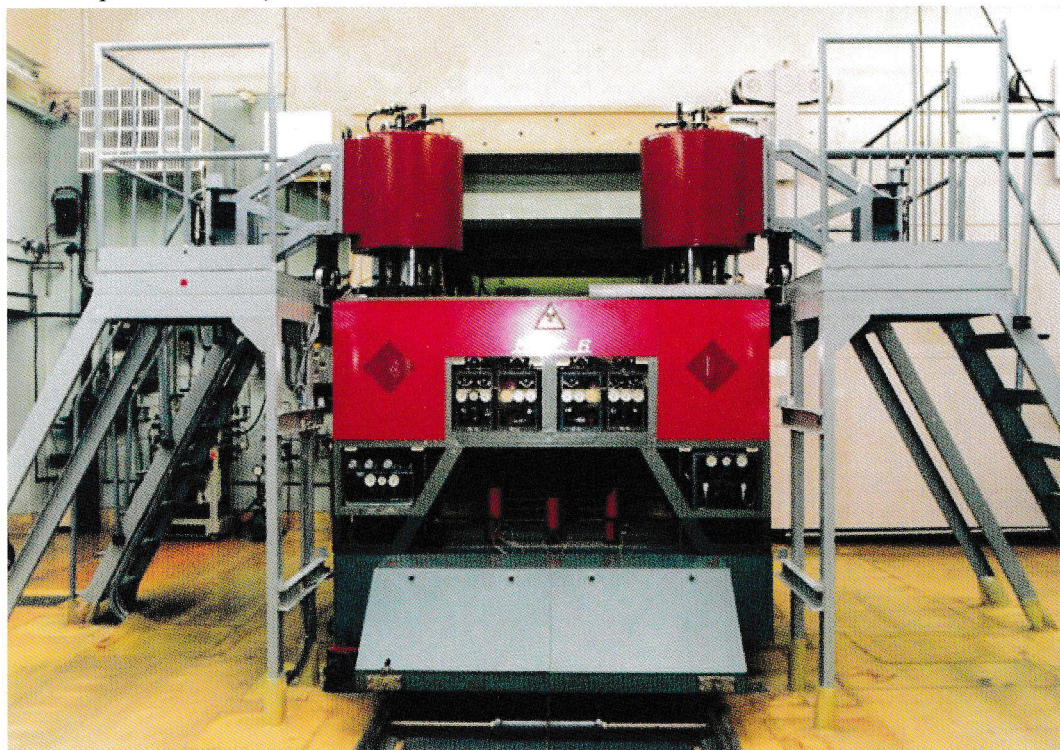
Здание комплекса Стенд «Б»

Пуск реактора БАРС-6 на 1 рабочем месте у экспериментального участка был выполнен в несколько этапов:

- физический пуск реактора БАРС-6 — 27.12.1994 г.;
- энергетический пуск реактора БАРС-6 — 13.07.1995 г.

Пуск системы реактор БАРС-6 совместно с лазерным блоком (БАРС-6 + ЛБ):

- физический пуск БАРС-6 + ЛБ — 15.01.1998 г.;
- энергетический пуск БАРС-6 + ЛБ — 13.07.1998 г.



Общий вид реактора БАРС-6 (активные зоны закрыты биологической защитой)

ИИР БАРС-6 состоит из двух идентичных активных зон с исполнительными механизмами СУЗ, пневмосистемы с автономными баллонами сжатого воздуха, которые смонтированы на подвижном стенде, и привода перемещения реактора с кабельным шлейфом.

Первая активная зона — неподвижная, вторая активная зона может перемещаться к первой от 1500 мм до 380 мм между центрами активных зон.

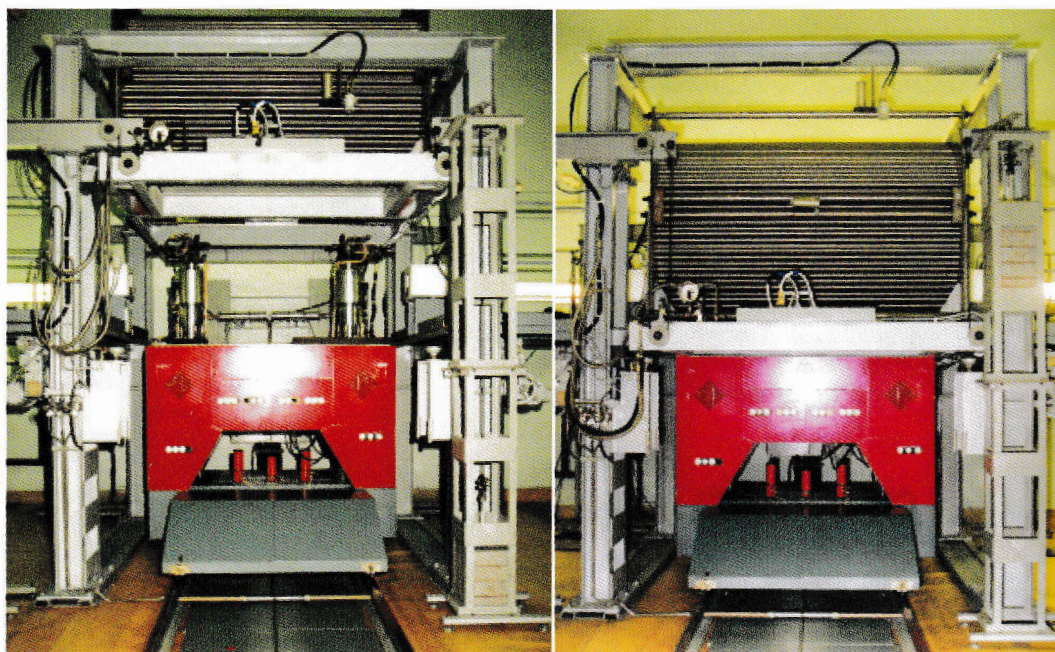
Реактор может работать на одном из двух рабочих мест, к которым он перемещается по рельсовому пути.

Реактор БАРС-6 предназначен для проведения следующих экспериментальных исследований:

- лазерно-активных элементов и лазерных систем с прямой ядерной накачкой;
- радиационных испытаний приборов и их элементов;
- биологических и технологических исследований;
- исследований импульсных многозонных реакторных систем.

На первом рабочем месте реактор используется для облучения лазерно-активных элементов, различных образцов и устройств потоками нейтронов и гамма-квантов. На втором рабочем месте реактор используется для работы с лазерным экспериментальным устройством, представляющим собой подкритическую сборку — лазерный блок (ЛБ).

БАРС-6 имеет два режима работы: импульсный и статический.



а)

б)

Общий вид реакторно-лазерной системы Стенда «Б»: а) лазерный блок в поднятом состоянии; б) лазерный блок в опущенном состоянии

В состав Стенда «Б» с ИИР БАРС-6 входят:

- установка реакторная, включающая в себя импульсный исследовательский реактор аperiodического действия БАРС-6 и систему управления, контроля и защиты (СУЗ);
- экспериментальный участок — I рабочее место (ЭУ);

- лазерный блок с устройством вертикального перемещения — II рабочее место (УПВ ЛБ);
- биологическая защита активных зон (БЗ);
- система обеспечения реактора сжатым воздухом высокого и низкого давления;
- система электроснабжения здания 166 и Стенда «Б»;
- система радиационного контроля (СРК);
- система спецвентиляции;
- система спецканализации;
- система обеспечения санитарного режима;
- система связи;
- хранилища ядерных материалов (ЯМ) и источников ионизирующего излучения (ИИИ);
- системы обеспечения экспериментальных устройств, регистрации и анализа параметров лазерного импульса.

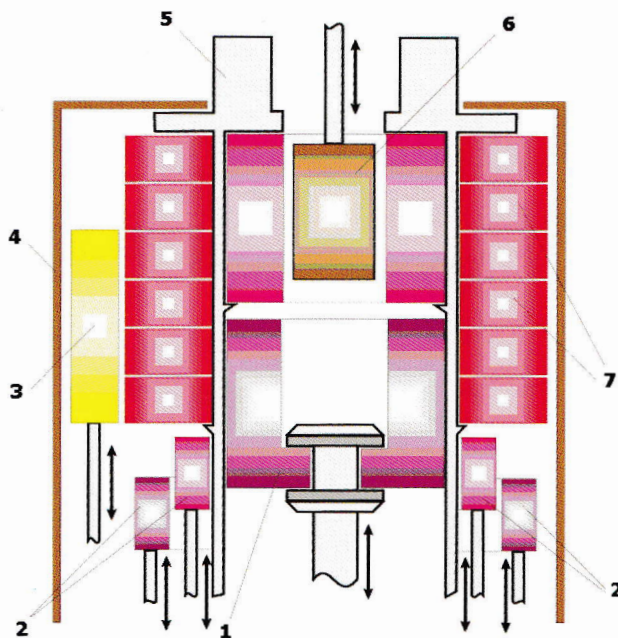
Технологическая схема систем и оборудования Стенда «Б» обеспечивает реализацию всех предусмотренных проектом штатных режимов работы реактора БАРС-6 и проведение экспериментов, предусмотренных программой экспериментальных исследований.

Ядерное топливо

Тип используемого топлива — U-Mo сплав.

Активная зона включает в себя топливные элементы: шесть колец и два вкладыша из уран-молибденового сплава. Кольца собраны на опорной трубе, и между ними установлены титановые прокладки.

Рабочие органы СУЗ (СС, ББ и СТР) также изготовлены из уран-молибденового сплава.



Картограмма активной зоны реактора БАРС-6: 1 — блок безопасности; 2 — органы регулирования; 3 — импульсный стержень; 4 — защитный экран; 5 — несущая труба; 6 — регулятор реактивности; 7 — топливные диски

Основные технические характеристики ИИР БАРС-6

Вид используемого теплоносителя	воздушный обдув
Вид используемого отражателя	отражателя нет
Вид используемого замедлителя	замедлителя нет
Обогащение топлива по ^{235}U , %	ВУ
Выгорание топлива по ^{235}U , %: — среднее — максимальное	— $10^{-4}\%$
Энергонапряженность активной зоны, кВт/л: — средняя — максимальная	$2,1 \cdot 10^7$ $3,5 \cdot 10^7$
Максимальная плотность потока нейтронов, н/см ² ·с: — тепловых — быстрых	— $2 \cdot 10^{19}$
Число тепловыделяющих сборок (ТВС)	11/аз*
Число органов аварийной защиты (АЗ)	2/аз*
Число органов регулирования (РО)	4/аз*
Конструкция ТВС	кольца, втулки
Импульсный режим	
Число делений в импульсе	$\leq 2 \cdot 10^{17}/\text{аз}^*$
Длительность импульса, мкс	—
Полуширина импульса, мкс	≥ 50
Пиковая мощность, Вт	$2 \cdot 10^{11}/\text{аз}^*$
Средняя энергия нейтронов, МэВ	0,8
Статический режим	
Мощность, кВт	10
Плотность потока нейтронов в статическом режиме, н/см ² ·с	$\approx 10^{12}$

* — на одну активную зону.

Основной режим работы реактора БАРС-6 — генерация одиночных коротких и мощных импульсов нейтронного и гамма-излучений с частотой 1–2 импульса в сутки. Предусмотрена система принудительного воздушного охлаждения реактора после импульса. Кроме того, реактор может работать в статическом режиме на мощности до 10 кВт.

Экспериментальные возможности

Экспериментальная отработка измерений термомеханических характеристик твэлов быстрых реакторов в режиме быстрого роста энерговыделения.

Испытания ЛАЭЛ с различными лазерно-активными средами.

Работа в импульсном режиме совместно с подкритическим лазерным блоком.

Испытания на радиационную стойкость различных систем диагностики параметров тепловых и быстрых ядерных реакторов.

Основные направления исследований

Перемещаясь по рельсовому пути, реактор БАРС-6 может занимать в реакторном помещении два крайних положения (два рабочих места).

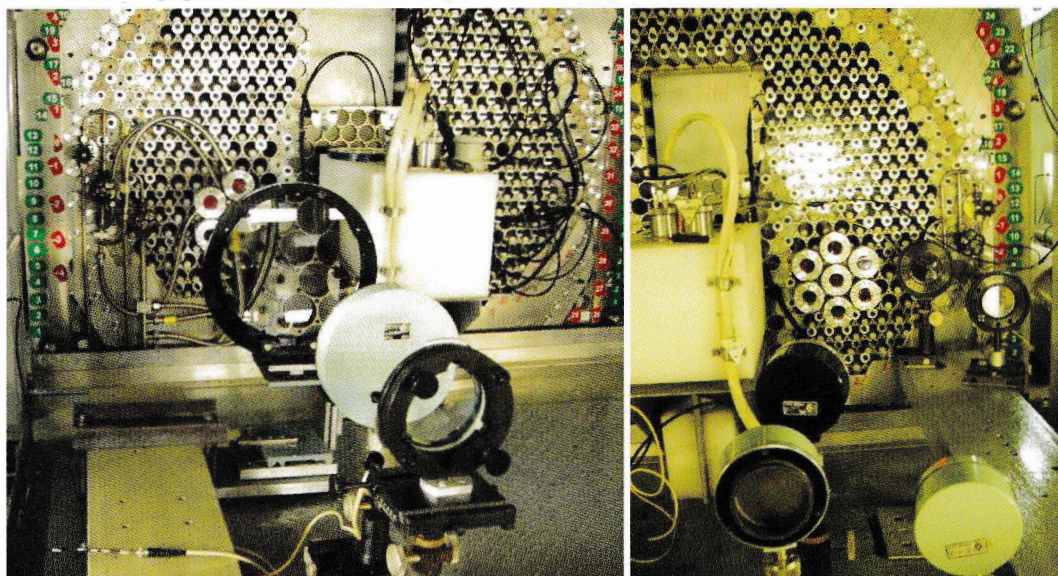
На первом рабочем месте проводятся:

- исследования фундаментальных процессов в ядерно-возбуждаемой плазме;
- разработка технологии реакторно-лазерных систем и поиск перспективных лазерно-активных сред;
- исследования фундаментальных задач физики многозонных реакторных систем импульсного действия;
- исследования стойкости элементов электронной и реакторной техники, других изделий, материалов и веществ к радиационному и тепловому воздействию;
- радиационно-химические исследования;
- медико-биологические исследования.

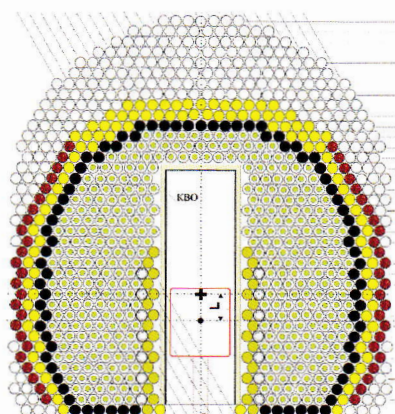
На втором рабочем месте реактор БАРС-6 используется в качестве реакторного (запального) блока энергетического макета мощной лазерной системы на основе оптического квантового усилителя с ядерной накачкой (ОКУЯН).

В состав макета ОКУЯН, уникальной, не имеющей мировых аналогов трехзонной импульсной реакторной системы, помимо реакторного блока, входит также лазерный блок (ЛБ), в котором осуществляется прямое преобразование энергии деления ядер в энергию лазерного излучения.

Лазерный блок представляет собой цилиндрическую конструкцию диаметром $\approx 1,7$ м и длиной 2,5 м с продольной осевой полостью для размещения активных зон реактора и состоит из урансодержащих лазерно-активных элементов (ЛАЭЛ), нейтронно-физических имитаторов лазерно-активных элементов, элементов межтрубного замедлителя нейтронов и элементов внутреннего и внешнего отражателя нейтронов.



Многоэлементный лазерный канал в объеме лазерного блока реакторно-лазерной системы
Стенда «Б»



- внешний отражатель нейтронов с парафиновым наполнителем
 - имитатор ЛАЭЛ с полиэтиленовым стержнем
 - алюминиевая труба
 - каналы увеличения мощности
 - центр ЛБ
 - центр АЗ реактора БАРС-6
 - внешний отражатель нейтронов с графитовым наполнителем
- КВО — коробчатый внутренний отражатель

Картограмма лазерного блока

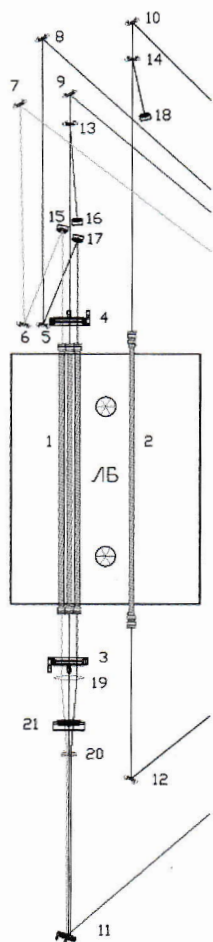


Схема лазерно-оптической системы: 1 — экспериментальный лазерный канал; 2 — отдельный ЛАЭЛ; 3, 4 — зеркала резонатора лазерного канала с диэлектрическим покрытием; 5–12 — поворотные зеркала с алюминиевым покрытием; 13, 14 — делительные зеркала с диэлектрическим покрытием; 15–18 — calorиметры КДМ-3; 19, 20 — линзы телескопа; 21 — calorиметр БКДМ

Для генерации импульса делений вся система переводится в надкритическое состояние на мгновенных нейтронах путем быстрого извлечения (со скоростью $\approx 100 \beta_{эфф}/с$) регулятора реактивности из одной из активных зон реактора БАРС-6. При этом и ЛБ, и реактор в отдельности остаются подкритическими (на мгновенных нейтронах). Нейтроны из обеих активных зон попадают в подкритический лазерный блок, замедляются и размножаются там, производя деления ядер урана в лазерно-активных элементах.

Часть энергии осколков деления создает рекомбинационно неравновесную ядерно-возбуждаемую плазму в объеме лазерно-активной среды. Запасенную в лазерно-активной среде энергию можно вывести из ЛАЭЛ, используя специальную оптическую систему.

Выходная энергия лазерного излучения увеличивается заменой в ЛБ имитаторов лазерно-активных элементов на штатные ЛАЭЛ.

Достижения

Реализован новый режим генерации импульсов делений с «модуляцией» реактивности за счет принудительного сброса блоков безопасности.

Впервые в условиях подкритического лазерного блока, управляемого нейтронным потоком запального реактора, получена генерация лазерного излучения из многоэлементного лазерного канала в видимом и инфракрасном диапазоне длин волн с высокими удельными характеристиками.

Создана многоканальная система регистрации динамических энергетических и тепловых характеристик испытательных образцов.

Планы

Модернизация системы радиационного контроля реакторно-лазерного комплекса.

Оптимизация оптической системы макета ОКУЯН.

Усовершенствование системы измерений термомеханических параметров облучаемых образцов при импульсном изменении энерговыделения.

Создание рабочего места для проведения ресурсных испытаний перспективных систем диагностики нейтронов и гамма-квантов.

Контакты



Владимиров Владимир Владимирович

Начальник реакторно-лазерного комплекса Стенд «Б»

Тел.: +7(484)399-84-43. Факс: +7(484)396-82-25.

E-mail: vladimirov@ippe.ru

КРИТИЧЕСКИЙ СТЕНД БФС-1

Критический стенд (реактор нулевой мощности) БФС-1 предназначен для изучения нейтронно-физических характеристик проектируемых реакторов и бенчмарков. На нем создаются модели активных зон реакторов на быстрых нейтронах с различными видами теплоносителя, реакторов типа ВВЭР с водой или имитацией воды блочками полиэтилена и различными видами топлива на основе обогащенного урана и плутония. Физический пуск КС состоялся 20.02.1962 г.