

УДК 621.039.518.4, 621.039.573; 621.384.6

**Ядерные и электрофизические установки РФЯЦ-ВНИИЭФ:
состояние и перспективы**

*Д. В. Будников, С. В. Воронцов, С. Л. Глушков, В. С. Гордеев, В. Б. Гречушкин,
А. А. Девяткин, Н. В. Завьялов, А. А. Кайгородов, С. А. Картанов, А. В. Панин,
А. А. Пикулев, К. Г. Плужян, М. Л. Сметанин, К. В. Страбыкин, А. В. Тельнов,*
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 607188, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, д. 37

Представлен обзор проводимой в РФЯЦ-ВНИИЭФ модернизации действующих и разработки новых ядерных и электрофизических установок – мощных источников ионизирующих излучений.

Ключевые слова: критический стенд, импульсный ядерный реактор, ускоритель заряженных частиц, ионизирующее излучение.

EDN: BGWHGN

УДК 621.039.518.4; 621.039.573

**Исследовательские ядерные установки Уральского ядерного центра.
Современное состояние и перспективы использования**

С. А. Андреев, А. В. Павленко, Д. В. Хмельницкий,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», г. Снежинск, Россия

Статья посвящена описанию действующих компактных исследовательских ядерных установок (ИЯУ) РФЯЦ-ВНИИТФ, предназначенных для решения задач радиационной стойкости и проведения прецизионных ядерно-физических экспериментов. Кратко освещается 70-летняя история создания и развития этих установок. Описаны физические принципы работы и приведены основные параметры полей излучений импульсных реакторов. Кратко даны сведения о порядке проведения интегральных критических экспериментов на стендах типа ФКБН, достигаемых в них показателей точности. Приведено сравнение возможностей установок РФЯЦ-ВНИИТФ с установками других научных центров. Освещен ряд уникальных экспериментов, в которых были задействованы установки, по направлениям лазеров с ядерной накачкой, проблеме зарядовой симметрии ядерных сил и другим. Дано представление о дальнейшем развитии и задействовании установок в перспективных задачах развития исследовательских реакторов на выведенных пучках и ядерного топливного цикла, а также применении робототехники, цифровых двойников и технологий искусственного интеллекта на ИЯУ.

Ключевые слова: исследовательские ядерные установки, ядерно-физические эксперименты, излучения, импульсные реакторы, критические стенды.

EDN: YLIKDG

УДК 621.039.5

Модернизация ИЯУ ВИР-2М: основные результаты

*А. А. Пикулев, А. Д. Авдеев, Л. С. Богомолова, В. Ю. Волгутов, Н. И. Волокитин,
Л. Ю. Глухов, В. Б. Гречушкин, А. В. Демьянов, А. Р. Дягель, И. В. Кашайкин,*

*С. А. Кимяев, С. А. Кораблев, А. А. Кубасов, Н. В. Лопухов, Н. И. Москвин,
М. В. Некрасов, А. А. Перепелкин, К. Г. Плужан, С. О. Табаков, С. В. Тимонин,
С. Л. Турутин, В. А. Черенков, Н. А. Шлячков, В. Ю. Шоров, А. В. Шуркаев,
Д. А. Юнин, М. И. Яшинов,*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 607188, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, д. 37

В статье представлены основные результаты работ по модернизации исследовательской ядерной установки (ИЯУ) ВИР-2М, в результате которой должны быть существенно повышены облучательные возможности ИЯУ: энерговыделение в импульсе предполагается увеличить с 60 до 120 МДж, максимальную мощность работы в длительном статическом режиме – с 12 до 20 кВт, максимальный диаметр облучательного канала – с 30 до 40 см, уровни n и γ -излучения в облучательных каналах – в ~ 2 раза [1].

Модернизация ИЯУ включает замену корпуса активной зоны на новый, большего диаметра, оснащение ИЯУ системой каталитической рекомбинации и автоматизированной системой слива-залива топлива, замену органов регулирования реактивности и их приводов, замену системы охлаждения-нагрева, модернизацию системы управления и защиты, газового контура и биологической защиты.

Ключевые слова: активная зона, исследовательский ядерный реактор, корпус активной зоны, модернизация, облучательные параметры, энерговыделение.

EDN: DLOOBE

УДК 621.039.5

Разработка и изготовление корпуса активной зоны модернизированного ИЯР ВИР-2М

*А. А. Пикулев, Л. С. Богомолова, Д. В. Будников, Н. И. Волокитин, Л. Ю. Глухов,
В. Б. Гречушкин, С. А. Демьянов, А. Р. Дягель, С. А. Кораблев, А. А. Кубасов,
Н. В. Лопухов, С. В. Тимонин, В. Х. Хоружий, Д. А. Юнин,*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 607188, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, д. 37

В статье представлены основные результаты разработки и изготовления корпуса активной зоны (АЗ) в рамках модернизации растворного импульсного ядерного реактора (ИЯР) ВИР-2М. Основной особенностью нового корпуса является наличие сквозного облучательного канала и использование специальных решеток, которые служат для снижения динамических нагрузок на корпус и фиксации стержневых каналов при работе реактора в импульсном режиме.

Этап разработки включал цикл оптимизационных нейтронно-физических, гидродинамических, термомеханических и прочностных расчетов параметров нового корпуса при работе модернизированного ИЯР в импульсном и статическом режимах. На этапе изготовления были проведены испытания образцов швов сварных соединений, выполнен анализ качества исполнения сварных швов и проведены гидростатические испытания корпуса нагружением внутренним избыточным давлением, которые сопровождались тензометрическими измерениями деформаций наиболее нагруженных элементов корпуса.

Ключевые слова: активная зона, импульсный ядерный реактор, корпус активной зоны, модернизация, облучательные параметры, энерговыделение.

EDN: GCWVYD

УДК 621.039.55

Экспериментальное определение деформаций корпуса модернизированного реактора ВИР-2М при гидравлических испытаниях

*А. Р. Дягель, А. А. Пикулев, Н. В. Лопухов, С. А. Кимяев, А. А. Шуркаев,
К. А. Орлов, А. И. Семенова,*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 607188, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, д. 37

В статье представлены основные результаты тензометрических измерений относительных деформаций корпуса модернизированной ИЯУ ВИР-2М, полученные при проведении гидроиспытаний на заводе-изготовителе.

Ключевые слова: исследовательский ядерный реактор, гидроиспытания, численное моделирование, относительная деформация, тензометрия, тензорезистор.

EDN: QJVNWW

УДК 621.038.05

Создание на базе стенда для критическихборок ИКАР-С статической исследовательской ядерной установки ИКАР-М: основные результаты

*М. С. Майков, С. В. Воронцов, А. А. Девяткин, А. А. Пикулев, В. М. Цветков,
А. Н. Кузнеченков, Д. А. Орлов, А. А. Наумов, И. А. Сеницын, Р. Н. Самсонов,
С. В. Фролова, В. А. Деманов, С. В. Тимонин, В. А. Юхневич, В. С. Майорников,
И. М. Пискорский,*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 607188, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, д. 37

В статье представлены параметры работы ИЯУ ИКАР-М. Показано, что возможно реализовать облучательные параметры (флюенс нейтронов и экспозиционная доза) в 7,5 раз большие, чем на СКС ИКАР-С.

Продемонстрирован технический облик ИЯУ ИКАР-М. Проектный запас реактивности составляет ~6,8 βэф. В рамках проведения технического усовершенствования СКС ИКАР-С разработан, изготовлен и применен составной конвертер. Для использования составного конвертера на базе телеги стенда изготовлено устройство загрузки объектов.

Проведены экспериментальные исследования характеристик полей излучения в пустом облучательном модуле СКС ИКАР-С. Показано, что максимальная неравномерность по объему облучательной полости составляет менее 40 %.

Выполнены работы по отработке и верификации алгоритмов функционирования автоматического регулятора мощности.

Ключевые слова: исследовательский ядерный реактор, стенд для критическихборок, активная зона, конвертер, поля излучения, автоматический регулятор мощности.

EDN: BLYBSU

УДК 621.039.5

**Компьютерная модель основных физических процессов,
характеризующих работу импульсного
ядерного реактора БР-К1М**

Е. И. Валекжанина, С. В. Воронцов, А. А. Девяткин, К. Г. Плужан, А. Б. Соколов,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 607188, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, д. 37

Импульсные ядерные реакторы (ИЯР) используются в качестве мощных источников нейтронного и гамма-излучений в различных областях науки и техники. При подготовке ИЯР к пуску в условиях переменной конфигурации окружения активной зоны (АЗ) (индивидуальных условий эксперимента) возникает необходимость в возможности достоверного предсказания поведения реактора.

В работе представлены результаты разработки комплексной компьютерной модели основных физических процессов, характеризующих работу ИЯР БР-К1М, состоящей из:

- модели, описывающей работу реактора как размножающей системы и как источника ионизирующего излучения (ИИ);
- самосогласованной модели, описывающей процесс формирования импульса делений с учетом отрицательной обратной связи «температура топливных элементов – напряженно-деформированное состояние топливных элементов – реактивность».

Ключевые слова: активная зона, импульсный ядерный реактор, кинетика реактора, динамика реактора, топливные кольца, термомеханика, тепловой удар, напряженно-деформированное состояние, компьютерная модель, источник ионизирующего излучения, импульс делений.

EDN: PPYMZH

УДК 621.039.55

**Реактор БИГР: история эксплуатации и перспективы
дальнейшего использования**

С. В. Деманов, К. В. Кожевников, Д. В. Мамаев, А. М. Пичугин,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 607188, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, д. 37

Данная обзорная статья посвящена реактору БИГР, введенному в эксплуатацию в 1977 году во ВНИИЭФ. Рассмотрена цель его создания, выделены основные направления исследовательских работ, проводимых на установке. Доклад содержит краткое описание нейтронно-физических параметров реактора, показаны характерные формы импульсов делений, получаемых на реакторе. Описаны возможные места установки объектов на облучение, а также устройства, применяемые для расширения возможностей характеристик излучения. Приведены суммарные данные по направлениям использования установки на момент написания статьи. Рассмотрены перспективы эксплуатации реактора.

Ключевые слова: исследовательский ядерный реактор, радиационная стойкость, керамическая активная зона, органы регулирования реактивности, экспериментальные устройства, характерные формы пусков, статистика эксплуатации, перспективы эксплуатации, модернизация систем ИЯУ БИГР, целостность АЗ БИГР.

EDN: GBGXTS

УДК 621.039

На пути к первому критмассовому эксперименту на установке типа ФКБН

А. А. Кайгородов,

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 607188, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, д. 37

В статье дается исторический обзор становления в КБ-11 критмассового направления работ. Обзор включает описание используемых на начальном этапе методов измерения критических масс, измерительных приборов, экспериментальной установки, типов нейтронных источников.

Ключевые слова: критическая масса, всеволновой детектор, коэффициент умножения, делящийся материал, цепная ядерная реакция, физический котел на быстрых нейтронах.

EDN: FSPWXH

УДК 621.039.51

Модель динамики реактора ИБР-2 на основе двухкомпонентной мощностной обратной связи

А. Е. Верхоглядов, Е. П. Шабалин,

Объединенный институт ядерных исследований, 141980, Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6

В ходе работ по изучению динамики реактора ИБР-2 было указано на два основных эффекта обратной связи по реактивности: удлинение столба топливных таблеток твэла и поперечный изгиб тепловыделяющих сборок (ТВС). В данной работе описывается модель динамики реактора ИБР-2, учитывающая эти эффекты. Предполагается, что нестабильность динамики наступает по причине изменения амплитуды одного из эффектов, что связано с выгоранием топлива. Показано, что при определенном значении параметра выгорания динамика реактора становится неустойчивой.

Ключевые слова: ядерные реакторы, активная зона, реактивность, нейтроны, обратная связь, нестабильность, расчётная модель, динамическая система.

EDN: QSBGFT