

УДК 621.039.573

***История создания и развития импульсных ядерных реакторов
в РФЯЦ-ВНИИЭФ***

***М. А. Воинов, С. В. Воронцов, А. А. Девяткин, Л. Е. Довбыш, В. Ф. Колесов,
М. И. Кувшинов, А. С. Кошелев, И. А. Никитин, А. А. Пикулев,***
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Более 50 лет во ВНИИЭФ работают импульсные ядерные реакторы (ИЯР), первыми из которых были реакторы ВИР-1 с растворной активной зоной (АЗ) и БИР-1 с металлической АЗ. В настоящее время во ВНИИЭФ эксплуатируются 5 ИЯР: ВИР-2М, БИГР, БР-1М, БР-К1 и ГИР2. Накопленный опыт, постоянное техническое усовершенствование действующих установок и разработка новых проектов позволяют обеспечивать безаварийную эксплуатацию уникального парка ИЯР и проводить разнообразные научные исследования.

Ключевые слова: импульсный ядерный реактор, разработка импульсных реакторов, конструкции импульсных реакторов, параметры ядерных излучений, проблемы безопасности.

УДК 621.039.53

Реактор БИГР

Д. В. Мамаев, В. Ф. Колесов, М. И. Кувшинов, А. М. Пичугин,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В статье рассмотрена цель создания реактора БИГР, введенного в эксплуатацию в 1977 году во ВНИИЭФ, выделены основные направления исследовательских работ, проводимых на установке. Дано краткое описание нейтронно-физических параметров реактора, показаны характерные формы импульсов делений, генерируемых на реакторе. Описаны возможные места установки объектов на облучение, а также устройства, применяемые для расширения облучательных возможностей реактора. Приведена сводка данных по направлениям использования установки на момент написания статьи.

Ключевые слова: реактор БИГР, форма импульса делений, импульсный режим, квазиимпульсный режим, статический режим.

УДК 621.039.53

Апериодические импульсные реакторы ГИР и ГИР-2

А. В. Дорохин, М. А. Воинов, В. В. Воронин, В. Ф. Колесов, М. И. Кувшинов,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Приведено описание аperiодических импульсных реакторов ГИР и ГИР-2, разработанных во ВНИИЭФ и действовавших в составе облучательных комплексов ЛИУ-10 – ГИР и ЛИУ-10М – ГИР-2. Дана краткая информация о составе активных зон реакторов, приведены общий вид реакторов и схема размещения основанных на их базе комплексов. Сформулированы общие результаты выполненных на комплексах ЛИУ-10 – ГИР и ЛИУ-10М – ГИР-2 исследований.

Ключевые слова: аperiодический импульсный реактор, активная зона, гамма-источник реакторный, облучательный комплекс, (n, γ) -конвертор.

УДК 621.039. 512

Пути модернизации БР-К1 для работы в импульсном режиме

***А. А. Девяткин, С. В. Воронцов, В. Ф. Колесов, И. А. Никитин, В. Х. Хоружий,
А. С. Кошелев, В. Б. Гречушкин,***
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Представлена работа по подготовке к модернизации реактора БР-К1. Дано краткое описание реактора и технических проблем, препятствующих его эксплуатации в импульсном режиме, а также путей решения этих проблем: замены стальных чехлов на титановые для снижения деформаций и напряжений в них; установки отражателя нейтронов для снижения напряжений путем уширения импульса; введения быстрого импульсного блока для снижения ударных нагрузок и реализации импульса с мощности.

Ключевые слова: бустер-реактор, модернизация, стальной чехол, титановый сплав, напряжение, деформация, отражатель, быстрый импульсный блок.

УДК 621.039. 52

Делящиеся материалы второго поколения в ядерной энергетике

В. Е. Маршалкин,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Показано, что использование ^{232}Th вместо ^{238}U в качестве сырьевого изотопа, основного делящегося изотопа ^{233}U вместо ^{239}Pu , тяжелой воды вместо легкой воды в качестве теплоносителя и ее разбавления легкой водой во время кампании реактора типа ВВЭР обуславливает самообеспечение топлива активными изотопами, в том числе и после достижения равновесного изотопного состава актиноидов, повышение безопасности реактора, обеспечение технологического барьера на пути распространения расщепляющихся материалов. Имеет место эффективная утилизация высокообогащенного урана на стадии выхода на замкнутый торий-уран-плутониевый топливный цикл с глубокой трансмутацией актиноидов реакцией деления и их удалением из радиоактивных отходов.

Ключевые слова: ^{232}Th и ^{233}U – изотопы второго поколения; утилизация высокообогащенного урана; самообеспечение топлива активными изотопами; замкнутый торий-уран-плутониевый топливный цикл; трансмутация актиноидов реакцией деления.

УДК 621.039.53

Нейтронно-физические эксперименты на импульсных реакторах БИР-2М и БИГР

С. В. Воронцов, М. И. Кувшинов, И. З. Сибгатуллин,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В течение длительной эксплуатации реакторы БИР и БИГР помимо основного их назначения (генерирования импульсов n - γ -излучений для целей облучения) систематически использовались для проведения экспериментов по изучению возможности улучшения параметров излучений импульсных реакторов, повышения их ядерной безопасности, изучения вопросов нейтронной физики. В статье рассмотрены: долговременное поведение реакторов БИР и БИГР в режиме саморегулирования мощности; генерирование импульса делений в этих реакторах при пролете стержня через АЗ; связанные системы (реактор БИР + подкритическая сборка); эксперименты с ультрахолодными нейтронами на реакторе БИГР; быстродействующая аварийная защита и время задержки развития импульса в реакторе БИР при слабом источнике нейтронов в АЗ.

Ключевые слова: эксперименты на импульсных реакторах, реактор БИР-2М, реактор БИГР, параметры излучений реакторов, ядерная безопасность, саморегулирование реакторов, пролет импульсного стержня, связанные реакторы.

УДК 539.12. 17:621.039.4

Оптические материалы и волоконные световоды в экспериментах на импульсных ядерных реакторах

В. В. Горбунов, Л. Е. Довбыш, С. П. Мельников, А. В. Сеницын
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Представлен обзор методик по исследованию радиационной стойкости оптических материалов и волоконных световодов, разработанных для импульсных ядерных реакторов.

Ключевые слова: оптические материалы, волоконные световоды, реакторное облучение, наведенное поглощение.

УДК 621.039.53

Исполнительный механизм аварийной защиты реактора с автономным источником энергии на основе пиротехнического газогенератора

Д. А. Горькаев, М. И. Крылова, И. А. Никитин,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Описана конструкция исполнительного механизма с автономным источником энергии на основе пиротехнического газогенератора, предназначенного для прекращения цепной ядерной реакции при нарушении нормальной работы реактора. Рассмотрены особенности конструкции газогенератора и газогенерирующие пиротехнические составы на основе азиды натрия. Приведены результаты испытаний образцов автономных источников энергии и экспериментальные данные по исследованию макета исполнительного механизма аварийной защиты с газогенератором. Предложен алгоритм и расчетная модель определения расходной характеристики газогенератора. Проведены расчеты динамических характеристик макета исполнительного механизма. Результаты свидетельствуют, что в исполнительном механизме аварийной защиты ядерного реактора в качестве эффективного источника энергии можно использовать пиротехнический газогенератор.

Ключевые слова: ядерный реактор, аварийная защита, пневматический исполнительный механизм, пиротехнический состав, пиротехнический газогенератор.

УДК 621.039. 53+621.039.564

Многофункциональное измерительное устройство, применяемое на импульсных ядерных реакторах

Н. В. Аблесимов, О. А. Голубева, В. В. Горбунов, Л. Е. Довбыш, Е. Ф. Киушкина,
А. В. Серeda,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Представлена краткая информация о необходимости и возможности использования гибко настраиваемого устройства измерительного многофункционального интеллектуального первого (УИМИ) и второго (УИМИ2) поколений на базе модулей National Instruments, где реализованы измерительные, пусковые и вспомогательные каналы, позволяющие проводить регистрацию сигналов как в ручном, так и автоматическом режиме в широком временном и амплитудном диапазоне сигнала, с учетом режимов работы на импульсных ядерных реакторах.

Ключевые слова: импульсный ядерный реактор, измерительная система реактора, измерительные модули реактора, регистрация сигналов, пользовательский интерфейс.

УДК 621.039.571; 629.039.569; 004.415.2; 004.414.28

***Аппаратно-программный комплекс каналов контроля мощности
исследовательских ядерных установок***

***М. А. Воинов, С. В. Гунин, Ю. М. Дроздов, В. С. Майорников, М. А. Овчинников,
Г. Н. Пикулина, Н. В. Распопов, М. Б. Романов, А. С. Черкасов, В. А. Юхневич,***
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Унифицированный аппаратно-программный комплекс каналов контроля мощности (АПК-ККМ) – это совокупность аппаратных и программных средств, где реализуются алгоритмы контроля физических параметров исследовательских ядерных установок (ИЯУ): преобразование контролируемых сигналов, выдача управляющих сигналов и обработка регистрируемых данных. Регистрация физической мощности ИЯУ и скорости (периода) ее изменения, осуществляемая в режиме реального времени на основе чтения показаний детекторов нейтронов с различными физическими принципами получения сигнала (газоразрядных счетчиков нейтронов и токовых камер деления) и с различной спектральной чувствительностью, делает АПК ККМ полноценным средством контроля работы ИЯУ. В 2014 году в ИЯРФ завершена разработка АПК ККМ, предназначенного для измерения физической мощности и скорости ее изменения на ИЯУ: исследовательских ядерных реакторах, критических и подкритических стендах в режимах от полностью заглушенного состояния до номинального уровня их мощности. Аппаратно-программный комплекс ККМ применяется в составе системы управления и защиты (СУЗ) ИЯУ, расширяя функциональные возможности СУЗ и повышая надежность работы ИЯУ в целом. Диапазон измерения мощности ИЯУ ($10^{-5} \dots 10^6$) Вт, диапазон измерения периода изменения мощности (1–200) с.

Ключевые слова: исследовательская ядерная установка, система управления и защиты, аппаратно-программный комплекс, измерительный канал, физическая мощность ИЯУ, период изменения физической мощности, управляющее программное обеспечение.

УДК 621.384. 634.3

***Измерение распределения яркости источника жесткого
рентгеновского излучения***

***А. Н. Субботин, К. Г. Плужан, В. И. Потапин, А. В. Калуцкий,
А. В. Баландин, Е. И. Валекжанина, А. А. Городнов, М. И. Иванов,
А. Ю. Архипов,***
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Описана процедура (предложен алгоритм и приведена расчетная модель) измерения распределения яркости источника жесткого рентгеновского излучения бетатрона МИБ-7,5 с помощью полутеневой апертуры. Данный способ основан на возможности восстановления распределения яркости источника по распределению излучения в области полутени большого кругового коллиматора. В работе приведена оценка влияния диаметра полутеневой апертуры на величину отношения сигнала к шуму в распределении яркости источника излучения. Представлена параметрическая модель формирования рентгенограммы источника излучения. Параметрическая модель содержит априорную информацию о редакции измерений и распределении яркости источника излучения.

Ключевые слова: рентгенография, радиография, полутеневая апертура, источник рентгеновского излучения, функция рассеяния точки, параметрическая модель измерений, бетатрон.