

**Аннотации статей**  
**журнала “Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов”,**  
**вып. № 5, 2023 г.**

УДК 621.039

**Использование (Np, Am)-фракций младших актинидов  
для наработки  $^{238}\text{Pu}$  в реакторе типа ВВЭР**

*А.Н. Шмелев, Н.И. Гераскин, В.А. Ансэ, В.Б. Глебов, Г.Г. Куликов, Е.Г. Куликов,*  
Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ” (НИЯУ МИФИ),  
115409, Москва, Каширское ш., д. 31

Приведены результаты исследования применения Np- и Am-фракции младших актинидов для крупномасштабной наработки плутония с изотопным составом, пригодным для использования в радиоизотопных термоэлектрических генераторах (РИТЭГ) космических аппаратов и в кардиостимуляторах. Рассмотрено облучательное устройство для наработки плутония, представляющее собой стандартную ТВС реактора ВВЭР-1000, в твэлах которой двуокись обогащённого урана заменена смесью двуокиси нептуния  $\text{NpO}_2$  с двуокисью америция  $\text{AmO}_2$ . Показано, что при окружении центральной (Np, Am)-ТВС слоем природного или радиогенного свинца появляется возможность получить темп наработки плутония, пригодного для РИТЭГ, на уровне 2,7—3,3 кг/год.

**Ключевые слова:** Am-, Np-фракции младших актинидов, облучательное устройство, реактор типа ВВЭР-1000, природный/радиогенный свинец, радиоизотопный термоэлектрический генератор.

УДК 621.039

**Неопределённость прогноза нейтронно-физических характеристик  
реактора РБМК, обусловленная выбором схемы ремонта графитовой кладки**

*Р.В. Плеханов, И.А. Прохоров, Д.А. Лысов, В.Е. Дружинин,*  
АО “ВНИИАЭС”, 109507, Москва, ул. Ферганская, д. 25

В статье приводятся оценки неопределённости прогнозных расчётов нейтронно-физических характеристик реактора РБМК-1000, обусловленной выбором схемы резки, используемой при выполнении ремонтных работ на этапах управления ресурсными характеристиками графитовой кладки. Рассмотрены основные схемы ремонта графитовой кладки.

**Ключевые слова:** РБМК-1000, управление ресурсными характеристиками графитовой кладки, нейтронно-физические характеристики, схема резки, оценка неопределённости.

УДК 621.039.51

**Модернизация состава топлива реакторов РБМК-1000 при продлении  
срока службы до 50 лет**

*А.М. Федосов, В.Н. Бабайцев, В.Г. Новиков, Ю.А. Тишкин,*  
НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1,  
*Ю.В. Алимов, А.П. Жирнов, П.Б. Кузнецов,*  
АО “НИКИЭТ”, 107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8,  
*С.В. Горшенин,*  
АО “Концерн Росэнергоатом”, 109507, Москва, ул. Ферганская, д. 25

Обсуждается изменение парового коэффициента реактивности, вызванное ремонтами графитовой кладки реакторов РБМК-1000. Оценивается количество удалённого графита при продлении срока эксплуатации реакторов до 50 лет. Проведено сравнение различных вариантов изменения состава топлива. Выбран состав топлива, обеспечивающий поддержание парового коэффициента реактивности в регламентном диапазоне при продлении срока службы реакторов до 50 лет и сохранении производства изотопа  $^{60}\text{Co}$ .

**Ключевые слова:** РБМК, графитовая кладка, ресурс, паровой коэффициент реактивности.

УДК 621.039.5

## Оценка массы топлива в кладке РБМК в результате возможной аварии

*А.Г.Б. Давыдова, А.В. Краюшкин, А.К. Смирнова,*

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

В статье приведены результаты модельных расчётов накопления топлива в графитовой кладке реактора РБМК в результате аварии. Описываются аварии, которые привели к попаданию топлива в графитовую кладку реактора. Кратко описан возможный метод определения массы топлива, которое осталось в кладке к концу срока эксплуатации реактора. Рассчитаны некоторые радиационные характеристики радионуклидов в просыпях топлива в графите. Выполнена расчётная оценка активности инертных газов в реакторном пространстве. Эти газы, активность которых регулярно измеряется на энергоблоках, могут являться индикатором наличия топлива в кладке.

**Ключевые слова:** графит РБМК, авария, топливо.

УДК 621.039.517.5

## Программа для расчёта температурных полей в РБМК KLADKA-2

*В.Н. Бабайцев, А.К. Смирнова, И.А. Тупотилов,*

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

В статье приводится описание модуля расчёта температуры твэла, который реализован в программе для ЭВМ KLADKA-2, предназначенной для расчёта стационарных и нестационарных температурных полей в конструктивных элементах реактора РБМК. Представлены результаты сравнения результатов расчёта динамики разогрева осушенного реактора и последующего его остывания (при восстановлении охлаждения каналов контура СУЗ) с результатами расчёта по программе для ЭВМ STEPAN-T. Показано, что результаты расчётов температур топлива и графита, полученные с использованием двух программ, удовлетворительно согласуются между собой.

**Ключевые слова:** газовый зазор, графит, температура, тепловое излучение, теплопроводность, топливо, программа для ЭВМ.

УДК 621.039.55

## Расчётное обоснование параметров высокотемпературного газоохлаждаемого реактора для транспортной энергоустановки

*А.Н. Писарев, А.Б. Сенявин,*

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Расчётным путём определены параметры реактора для ядерного ракетного двигателя (ЯРД), обеспечивающие минимальную массу, малогабаритность, требуемый начальный запас реактивности и ядерную безопасность в штатной и аварийной ситуациях с учётом современных требований безопасности и экологии при выведении на орбиту и эксплуатации в космосе ядерных систем.

**Ключевые слова:** метод Монте-Карло, реактор на быстрых нейтронах, шаровые твэлы.

УДК 621.039.546.8

**Исследование гидродинамической устойчивости течения теплоносителя  
в двухзаходном варианте активной зоны ВВЭР-СКД  
с гидропрофилированием**

*А.М. Баусов, А.Н. Чуркин,*

АО ОКБ “ГИДРОПРЕСС”, 142103, Подольск, Московская обл., ул. Орджоникидзе, д. 21,

*В.С. Харитонов, К.Н. Кадырова,*

НИЯУ МИФИ, 115409, Москва, Каширское ш., д. 31

В статье представлены результаты расчётного исследования гидродинамической устойчивости течения теплоносителя в двухзаходном варианте активной зоны одноконтурной реакторной установки ВВЭР-СКД с использованием программы ТЕМПА-СК. Проанализирована возможность возникновения периодической и аperiodической неустойчивости в тепловыделяющей сборке с учётом влияния поправки на неизотермичность. Проведено сравнение результатов с ранее выполненными расчётными исследованиями устойчивости в однозаходном варианте активной зоны и перечислены основные преимущества двухзаходного варианта. Предложено гидравлическое профилирование подъёмного и опускающего участков активной зоны для начала и конца топливной кампании. Подтверждена необходимость регулирования расхода через каждую ТВС в ходе всей кампании.

**Ключевые слова:** ВВЭР-СКД, ТВС, ТЕМПА-СК, сверхкритическое давление, гидродинамическая устойчивость.

УДК 621.039.4

**Теплогидравлический анализ ЖСР-сжигателя трансурановых элементов**

*П.В. Гаца, В.В. Игнатьев, О.С. Фейнберг,*

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Важное значение в формировании концептуального облика полномасштабного жидкосолевого реактора-сжигателя трансурановых элементов (ЖСР-С), более известного как MOSART, из облучённого ядерного топлива реакторов ВВЭР-1000/1200 имеет теплогидравлический анализ. Для ЖСР-С тепловой мощностью 2400 МВт предложена петлевая конфигурация реакторного контура с активной зоной циклонного типа. Выбранная конфигурация при энергонапряжённости по топливной соли выше 50 Вт/см<sup>3</sup> позволяет устранить застойные зоны и неконтролируемые возвратные вихревые течения топливной соли в активной зоне и обеспечить приемлемые значения температур материалов реакторного контура.

**Ключевые слова:** активная зона, жидкосолевой ядерный реактор, ЖСР-С (MOSART), реакторный контур, теплогидравлические характеристики, топливная соль, трансурановые элементы, фториды лития и бериллия, циклонное течение.

УДК 621.039.548

**Разработка облучательных ампульных устройств для реакторных  
исследований свойств оболочек твэлов в среде теплоносителя  
с СКД-параметрами**

*С.Е. Арефинкина, А.Н. Абрамов, А.В. Бабенко, В.С. Белянин, А.Д. Герстле, Д.Ю. Ерак, П.К. Ефремов,*

*О.В. Михин, В.Н. Мурашов, В.В. Яковлев,*

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Проведение реакторных экспериментов по исследованиям опытных твэлов в условиях, максимально приближенных к натурным, является важным этапом при создании инновационных реакторов ВВЭР-СКД. Проведение таких испытаний планируется, в частности, на реакторе ИР-8 НИЦ “Курчатовский институт”. В статье обсуждаются подходы к разработке ампульных устройств для исследования оболочек твэлов в среде теплоносителя с СКД-параметрами. Рассмотрены особенности проведения реакторных испытаний в условиях естественной конвекции. Показаны схемы ампул для облучения опытных твэлов и имитаторов твэлов, а также возможные способы их инструментации датчиками для получения информации о параметрах испытаний в условиях реального времени.

**Ключевые слова:** реактор ИР-8, ампульное устройство, ВВЭР-СКД, опытный твэл, инструментация оболочки твэла.

УДК 621.039.53

**Экспериментальное исследование коррозионной стойкости  
никель-молибденовых сплавов в расплаве солей фторидов лития  
и бериллия**

*А.И. Суренков, С.С. Абагин, П.Н. Ивлиев, В.В. Игнатьев, К.С. Климов, А.С. Субботин,  
И.Н. Трунькин, В.С. Узлов,*  
НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Представлены результаты испытаний коррозионно-механической стойкости сплава ХН80МТЮ и его модификаций в динамических неизотермических условиях циркуляции теплоносителя молярного состава  $0,66\text{LiF}-0,34\text{BeF}_2$  в интервале рабочих параметров промежуточного контура ЖСР. Отобраны три наиболее перспективных состава кандидатных сплавов для ЖСР. Показано, что по показателю скорости равномерной коррозии и механическим свойствам сплавы способны обеспечить надёжную работу конструкции до 30 лет с максимальной температурой до  $690\text{ }^\circ\text{C}$  при поддержании ОВП расплава в интервале значений  $E_{\text{рвс}} = -(0,59-0,79)\text{ В}$ .

**Ключевые слова:** жидкосольевой ядерный реактор, коррозия, никель-молибденовые сплавы, расплавы солей фторидов лития и бериллия, растровая электронная микроскопия.

УДК 533.9

**О параметрах центрифуги, при которых в её роторе возникает  
изотопически селективный атомно-молекулярный обмен в азоте**

*Н.М. Горшунов<sup>1</sup>, С.В. Гуденко<sup>1,2,3</sup>, Д.А. Долголенко<sup>1</sup>,*

<sup>1</sup>НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт, 141700, Долгопрудный, Московская обл.,  
Институтский пер., д. 9

<sup>3</sup>Национальный исследовательский университет “Высшая школа экономики”, 101000, Москва,  
ул. Мясницкая, д. 20

Предложен метод обогащения изотопом  $^{15}\text{N}$  атомарной компоненты азота, образующейся в результате диссоциации молекул при прохождении потока азота через зону электрического разряда и поступающей в качестве потока питания в ротор центрифуги. Оценены параметры центрифуги и величины потоков питания, при которых в роторе при поступательной температуре газа  $T = 300\text{ К}$  и концентрации молекул  $\text{N}_2$ , равной  $10^{17}\text{ см}^{-3}$ , величина средней колебательной энергии молекул азота устанавливается в диапазоне  $\epsilon \cong (3-4)10^{-2}\text{ эВ}$ , и в результате атомно-молекулярного обмена может быть достигнуто изотопное обогащение атомов  $\text{N}$ , более чем в 30 раз превышающее природное.

**Ключевые слова:** атомно-молекулярный обмен, изотоп, азот, центрифуга.