

ФЕДЕРАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Научно-исследовательский технологический институт им. А. П. Александрова»

# ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

№ 2 (8) 2017 г.

Сосновый Бор  
2017

# Содержание

## Выпуск № 2 (8) 2017

Предисловие . . . . .	7
<i>Дискуссионные вопросы развития атомной энергетики</i>	
А. Я. Благовещенский, Л. Б. Гусев Каким хотелось бы видеть энергоблок с ВВЭР средней мощности . . . . .	8
<i>Моделирование и исследование нейтронно-физических и теплогидравлических процессов объектов с ЯЭУ</i>	
В. Г. Артемов, Л. М. Артемова, В. Г. Коротаев, П. А. Михеев Применение потвэльной нейтронно-физической и теплогидравлической модели для исследования температурного состояния твэлов в аварийных режимах реакторных установок . . . . .	15
<i>Технологии создания систем контроля и управления ЯЭУ</i>	
С. В. Батраков, Е. И. Дербуков, В. А. Ефимов, Т. В. Романова, В. А. Черного, В. П. Черных, А. А. Шаленинов Технология проектирования и отладки программного обеспечения системы управления стендовой ЯЭУ с использованием инструментально-программных комплексов моделирования . . . . .	26
<i>Химические технологии обеспечения жизненного цикла ЯЭУ, радиохимические и материаловедческие исследования</i>	
В. С. Гурский, Е. Ю. Харитоновна Методические и метрологические аспекты обеспечения ионохроматографического определения микроконцентраций аналитов . . . . .	39
<i>Влияние объектов атомной энергетики на окружающую среду</i>	
Л. Н. Москвин, А. А. Ефимов, Е. Б. Панкина, В. Н. Епимахов Экологически сбалансированные химические и радиохимические технологии в атомной энергетике . . . . .	49
<i>Исследование процессов при тяжелых авариях на объектах атомной энергетики</i>	
В. Б. Хабенский, А. А. Сулацкий, В. С. Грановский Влияние излучения на теплообмен при пленочном кипении в большом объеме . . . . .	64
<i>Информационные сообщения</i>	
И. М. Яснев, В. С. Гурский, А. П. Домбровский, Н. Б. Вишнякова Устройство деоксигенации воды высокой чистоты УД ВВЧ–500 . . . . .	71
<i>Информация для авторов</i>	
Правила подачи материалов для публикации в рецензируемом научно-техническом сборнике «Технологии обеспечения жизненного цикла ядерных энергетических установок» . . . . .	76

## **Каким хотелось бы видеть энергоблок с ВВЭР средней мощности**

*А. Я. Благовещенский, Л. Б. Гусев*

Военно-Морской Политехнический Институт ВУНЦ ВМФ  
“Военно-Морская Академия” Санкт-Петербург, Россия

### **Аннотация**

В статье рассматривается положение дел с созданием в России энергоблоков с ВВЭР средней мощности. Отмечается актуальность решения этой задачи и отсутствие на практике активного продвижения необходимых работ. Обосновывается использование перспективных технических решений, получивших широкую апробацию в корабельной ядерной энергетике.

**Ключевые слова:** реактор, активная зона, парогенератор, надежность, безопасность, живучесть, маневренность.

УДК 621.039.51

## **Применение потвэльной нейтронно-физической и теплогидравлической модели для исследования температурного состояния твэлов в аварийных режимах реакторных установок**

*В. Г. Артемов, Л. М. Артемова, В. Г. Коротяев, П. А. Михеев*

ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова», г. Сосновый Бор Ленинградской области, Россия

### **Аннотация**

На базе кода КОРСАР/BR разработана и апробирована применительно к реакторам транспортного назначения технология сопряженного нейтронно-физического и теплогидравлического расчета с пространственным описанием активной зоны и возможностью расчета температурного состояния твэл в динамических режимах с поячейковым описанием наиболее напряженных ТВС.

**Ключевые слова:** нейтронно-физический расчет, теплогидравлический расчет, потвэльный расчет.

## **Технология проектирования и отладки программного обеспечения системы управления стендовой ЯЭУ с использованием инструментально-программных комплексов моделирования**

*С. В. Батраков, Е. И. Дербуков, В. А. Ефимов, Т. В. Романова, В. А. Черного, В. П. Черных, А. А. Шаленинов*

ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова», г. Сосновый Бор Ленинградской области, Россия

### **Аннотация**

Рассматриваются основные технологические процессы проектирования и отладки программного обеспечения (ПО) системы управления ЯЭУ с использованием гибридной комплексной математической модели, в состав которой входят: реперная математическая модель ЯЭУ, эталонная модель алгоритмов функционирования, проекты ПО для штатных программно-технических комплексов системы управления. Описываются особенности применения инструментально-программных комплексов моделирования для реализации технологии. Приводится описание структурной схемы полигона для отладки и испытаний ПО и аппаратуры системы управления в режиме тестовой эксплуатации.

**Ключевые слова:** системы автоматизации проектирования программного обеспечения, инструментально-программные комплексы моделирования, модельно-ориентированное проектирование, сквозная технология разработки и отладки алгоритмов функционирования.

УДК 543.544.14

## **Методические и метрологические аспекты обеспечения ионохроматографического определения микроконцентраций аналитов**

*В. С. Гурский, Е. Ю. Харитонова*

ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова», г. Сосновый Бор Ленинградской области, Россия

### **Аннотация**

В статье обсуждаются проблемы, возникающие при разработке и аттестации ионохроматографических методик измерения в области микроконцентраций аналитов на уровне десятых долей мкг/дм<sup>3</sup>. Предложенные решения и их экспериментальное подтверждение могут быть использованы при разработке и аттестации методик ионохроматографического анализа высокочистой воды в режиме *on-line*.

**Ключевые слова:** ионохроматографический анализ, градуировка, метрологические характеристики методик измерения.

УДК [621.311.25:621.039]:628.16.08 + 621.182.12 + 621.039.76

## **Экологически сбалансированные химические и радиохимические технологии в атомной энергетике**

*Л. Н. Москвин<sup>1</sup>, А. А. Ефимов<sup>2</sup>, Е. Б. Панкина<sup>2</sup>, В. Н. Епимахов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии,  
Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова», г. Сосновый Бор Ленинградской области, Россия

### **Аннотация**

Рассмотрены новые возможные направления повышения надежности и долговечности барьеров безопасности ядерных энергетических установок (ЯЭУ) и создания на их основе адекватных систем, методов и средств контроля их функционирования и радиоэкологического воздействия в зоне их влияния на окружающую среду. В качестве одного из направлений решения первого круга задач предлагается использовать экологически сбалансированные малоотходные химические технологии промывок, дезактивации и окислирования внутриконтурных поверхностей оборудования и трубопроводов ЯЭУ, повышающих в итоге коррозионную стойкость конструкционных сталей. Решение второго круга задач может быть выполнено с помощью методов экспрессного радиохимического анализа, реализованного в двух вариантах: — экспрессный хроматографический радиохимический анализ с выделением гамма-излучающих нуклидов на монолитных специфических сорбентах; — экспрессный мембранно-сорбционный анализ с выделением альфа- и бета-излучающих нуклидов на специфически импрегнированных мембранах.

**Ключевые слова:** водный теплоноситель, ядерная энергетическая установка, коррозия сталей, радионуклиды, массообмен продуктов коррозии, оксидные пленки, дезактивация, технологические водные среды, радиоактивные отходы, селективные сорбенты, выбросы, сбросы, радиоэкологический контроль, дозы на население.

## **Влияние излучения на теплообмен при пленочном кипении в большом объеме**

*В. Б. Хабенский, А. А. Сулацкий, В. С. Грановский*

ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова» г. Сосновый Бор Ленинградской области, Россия

### **Аннотация**

В статье на основании аналитического решения уравнений массового, динамического и теплового баланса в одномерном стационарном приближении получено приближённое выражение для учёта теплового излучения на тепловой поток, отводимый паром, при плёночном кипении в большом объёме как насыщенной, так и недогретой жидкости.

**Ключевые слова:** плёночное кипение, тепловое излучение, аналитическое решение.



УДК 66.081.6 + 66.069.84

## **Устройство деоксигенации воды высокой чистоты УД ВВЧ–500**

*И. М. Яснев, В. С. Гурский, А. П. Домбровский, Н. Б. Вишнякова*

ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова», г. Сосновый Бор, Ленинградская область, Россия

### **Аннотация**

Приведены результаты разработки и изготовления устройства деоксигенации воды высокой производительности (УД ВВЧ–500). Устройство может применяться при приготовлении обескислороженной воды высокой чистоты для первичного заполнения и подпитки контуров ядерных энергетических установок.

**Ключевые слова:** устройство деоксигенации, удаление растворенного кислорода, вода высокой чистоты, теплоноситель, мембранные технологии.