

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

№ 1 (7) 2017 г.

Сосновый Бор  
2017

## Содержание

### Выпуск № 1 (7) 2017

Предисловие . . . . .	7
<i>Стендовые испытания транспортных ЯЭУ</i>	
В. Ю. Соколов, В. И. Грачев, М. Ю. Иорданский Технология вывода из эксплуатации ЯЭУ стенда-прототипа ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова» . . . . .	8
<i>Моделирование и исследование нейтронно-физических и теплогидравлических процессов объектов с ЯЭУ</i>	
В. Н. Зимаков, А. Ю. Коновалова, Г. А. Погребной Анализ результатов показаний турбинных расходомеров при нестабильной циркуляции теплоносителя в реакторе транспортного типа . . . . .	20
А. Н. Лепехин, А. С. Гусев, Ю. К. Швецов, А. Н. Соколов Анализ аварий с потерей теплоносителя по кодам КОРСАР/BR и RELAP/SCDAPSIM/MOD3.4 на установке РИТМ-200 при подключении пассивных систем безопасности . . . . .	29
<i>Влияние объектов атомной энергетики на окружающую среду</i>	
Е. Б. Панкина, М. П. Глухова, И. Ю. Кудрявцев Модернизация сети наблюдательных скважин для объектного мониторинга состояния недр на территории ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова». . . . .	41
<i>Исследование процессов при тяжелых авариях на объектах атомной энергетики</i>	
В. Б. Хабенский, В. И. Альмяшев, С. А. Витоль, Е. В. Крушинов, А. А. Сулацкий, С. Ю. Котова, А. А. Комлев, В. В. Гусаров Исследование физико-химических, теплофизических и механических характеристик серпентинитового бетона шахты реактора АЭС и процессов его взаимодействия с расплавом кориума . . . . .	56
<i>Информация для авторов</i>	
Правила подачи материалов для публикации в рецензируемом научно-техническом сборнике «Технологии обеспечения жизненного цикла ядерных энергетических установок» . . . . .	75
Требования к оформлению и содержанию статей . . . . .	76

## **Технология вывода из эксплуатации ЯЭУ стенда-прототипа ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова»**

*В. Ю. Соколов, В. И. Грачев, М. Ю. Иорданский*

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

### **Аннотация**

В настоящее время в ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова» ведутся работы по выводу из эксплуатации стенда-прототипа корабельной ЯЭУ. В данной статье приведено описание работ по подготовке к выводу из эксплуатации и созданию технологии вывода из эксплуатации, а также анализу особенностей, связанных с выполнением данного комплекса работ на ядерно и радиационно опасном объекте военного назначения.

**Ключевые слова:** технология, вывод из эксплуатации, стенд-прототип, ядерная энергетическая установка, ядерно и радиационно опасный объект.

## **Анализ результатов показаний турбинных расходомеров при нестабильной циркуляции теплоносителя в реакторе транспортного типа**

*В. Н. Зимаков, А. Ю. Коновалова, Г. А. Погребной*

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

### **Аннотация**

Выполнен актуальный для верификации расчётных кодов сопровождения испытаний транспортных ЯЭУ анализ значений расхода теплоносителя при работе реактора в зоне нестабильной циркуляции. Расход теплоносителя на входе тепловыделяющих каналов активной зоны регистрировался с использованием турбинных расходомеров. Показано, что верификацию расчётных кодов — в части описания расходных характеристик теплоносителя через тепловыделяющие каналы активной зоны — необходимо выполнять, в том числе, на базе сравнения значений математического ожидания расходов в расчёте и эксперименте, их среднеквадратического отклонения и частотной спектральной характеристики.

**Ключевые слова:** турбинный расходомер, колебания расхода, волновые пакеты, эксперимент, частота, спектральные характеристики, верификация, нестабильность циркуляции.

УДК 621.039.586

## **Анализ аварий с потерей теплоносителя по кодам КОРСАР/BR и RELAP/SCDAPSIM/MOD3.4 на установке РИТМ-200 при подключении пассивных систем безопасности**

*А. Н. Лепехин, А. С. Гусев, Ю. К. Швецов, А. Н. Соколов*

АО «ОКБМ Африкантов», Нижний Новгород, Россия

### **Аннотация**

Опыт выполненных ранее обоснований безопасности и вероятностных анализов безопасности показывает, что для водоохлаждаемых реакторов наиболее потенциально опасными с точки зрения повреждения активной зоны являются аварии с потерей теплоносителя первого контура (АПТ), сопровождающиеся потерей источников энергоснабжения и, соответственно, отказом активных систем безопасности.

В статье представлены результаты численного моделирования АПТ для реакторной установки (РУ) РИТМ-200, разработанной АО «ОКБМ Африкантов» для универсального атомного ледокола, с наиболее неблагоприятными сценариями — разрыв трубопровода первого контура максимально возможного диаметра и разрыв трубопровода первого контура с наиболее низким расположением течи по отношению к активной зоне.

Анализ параметров АПТ проведен с использованием расчетного кода улучшенной оценки КОРСАР/BR, разработанного в «НИТИ им. Александрова» при участии АО «ОКБМ Африкантов», аттестованного и верифицированного для установок с водо-водяными реакторами блочной и интегральной компоновки, в том числе и РУ РИТМ-200.

В статье также приводятся результаты альтернативного анализа АПТ на основе кода улучшенной оценки RELAP/SCDAPSIM/MOD3.4, теплогидравлическая часть которого основана на моделях кода RELAP5, имеющего обширное экспериментальное обоснование и являющегося одним из наиболее распространенных кодов улучшенной оценки теплогидравлических характеристик легководных реакторов.

Представленные в статье результаты расчетов могут быть полезны с точки зрения кросс-верификации кодов КОРСАР/BR и RELAP/SCDAPSIM/MOD3.4.

**Ключевые слова:** атомный ледокол, водоохлаждаемый реактор, активная зона, обоснование безопасности, расчетный код улучшенной оценки, пассивные системы безопасности, разрыв трубопровода.

УДК 622:502 + 66.081

## Модернизация сети наблюдательных скважин для объектного мониторинга состояния недр на территории ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова»

*Е. Б. Панкина<sup>1</sup>, М. П. Глухова<sup>1</sup>, И. Ю. Кудрявцев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова», г. Сосновый Бор Ленинградской области

<sup>2</sup> Общество с ограниченной ответственностью «ИнжСтройКапитал», г. Санкт-Петербург

### Аннотация

Согласно требованиям нормативных документов Госкорпорации «Росатом» по ведению объектного мониторинга состояния недр ядерно и радиационно опасных объектов на территории ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова» (НИТИ) проведены строительные-монтажные работы по ликвидации недействующих и бурению новых наблюдательных скважин. В новых скважинах выполнен гамма-каротаж. Керновым бурением по всей глубине скважин отобраны разновидности пород, в которых проведен радиохимический анализ состава и активности бета- и гамма-излучающих радионуклидов. Основной причиной радиоактивности грунта скважин является наличие радионуклидов природного происхождения ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ), связанное с его литологическим строением. Определены коэффициенты фильтрации воды в скважинах. Выполнены комплексные исследования радионуклидного и химического состава грунтовой воды из новых скважин. Полученные при обследовании результаты могут рассматриваться в качестве первичной информации о состоянии подземной гидросферы на территории НИТИ до ввода в эксплуатацию строящихся в непосредственной близости от НИТИ энергоблоков Ленинградской АЭС. Модернизация сети наблюдательных скважин обеспечит получение достоверной информации о структуре потока подземных вод и характере миграции индикаторов загрязнения от радиационных объектов на всей территории НИТИ.

**Ключевые слова:** сеть наблюдательных скважин, литологический разрез, коэффициенты фильтрации, гамма-каротаж, грунт, грунтовая вода, радионуклиды, химический состав.

## **Исследование физико-химических, теплофизических и механических характеристик серпентинитового бетона шахты реактора АЭС и процессов его взаимодействия с расплавом кориума**

*В. Б. Хабенский<sup>1</sup>, В. И. Альмяшев<sup>1</sup>, С. А. Витоль<sup>1</sup>, Е. В. Крушинов<sup>1</sup>, А. А. Сулацкий<sup>1</sup>, С. Ю. Котова<sup>1</sup>, А. А. Комлев<sup>2</sup>, В. В. Гусаров<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова», г. Сосновый Бор Ленинградской области, Россия

<sup>2</sup> Королевский технологический институт (КТН), Стокгольм, Швеция

<sup>3</sup> Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

### **Аннотация**

Приведены результаты экспериментальных исследований характеристик серпентинитового бетона (СБ) шахты реактора ВВЭР в условиях тяжелой аварии АЭС с плавлением активной зоны и поступлением расплава кориума в шахту реактора. В широком температурном диапазоне определены теплофизические, физико-химические и механические свойства СБ: теплоемкость и теплопроводность, тепловые эффекты и потеря массы, температуры начала деградации и расплавления, прочность на сжатие. Исследована кинетика взаимодействия и выход газов при взаимодействии образцов СБ с расплавом кориума состава С-100 и С-80. Представленные в статье результаты работы могут быть использованы при разработке мероприятий по минимизации последствий тяжелых аварий на энергоблоках АЭС с ВВЭР, не оснащенных устройствами локализации расплава активной зоны.

**Ключевые слова:** серпентинитовый бетон, тяжелая авария, свойства, расплав активной зоны.