

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

№ 3 (5) 2016 г.

Сосновый Бор
2016

Содержание

Выпуск № 3 (5) 2016

Предисловие	7
<i>Исследование динамики и создание технологии испытаний объектов с ЯЭУ</i>	
С. Н. Сурин, В. А. Василенко, В. В. Ивличев, М. В. Ларионов, А. П. Горбуров Технология отработки систем управления ЯЭУ транспортного назначения на стенде завода-изготовителя с использованием имитационно-моделирующих комплексов	8
<i>Моделирование и исследование нейтронно-физических и теплогидравлических процессов объектов с ЯЭУ</i>	
В. В. Безлепкин, М. А. Затевахин, В. В. Котов, О. В. Масленникова, О. И. Симакова Верификация расчетного трехмерного кода на задачах струйного течения и свободноконвективного теплообмена.	13
В. Г. Артемов, Л. М. Артемова, В. Г. Коротаев, П. А. Михеев Некоторые аспекты применения метода анализа неопределенности и чувствительности в сопряженных нейтронно-физических и теплогидравлических расчетах	25
В. Г. Артемов, Л. М. Артемова, В. Г. Коротаев, П. А. Михеев, Ю. П. Шемаев Сопряженные нейтронно-физический и теплогидравлический расчеты при анализе температурного состояния твэлов.	37
О. А. Иконникова, Д. В. Калинин, С. В. Крицак, О. А. Крицак, О. А. Ковалёва, Д. Н. Ловчая, М. Ю. Орехов, Т. В. Романова, В. П. Талалаев, А. А. Шаленинов, В. В. Шаталов Модернизация и развитие системной оболочки программного комплекса ТЕРМИТ	48
<i>Исследование процессов при тяжелых авариях на объектах атомной энергетики</i>	
В. И. Альмяшев, С. В. Бешта, С. А. Витоль, В. В. Гусаров, Е. В. Крушинов, Д. Б. Лопух, А. П. Мартынов, В. Б. Хабенский. Экспериментальное исследование и термодинамический анализ системы U-UO ₂	56
<i>Информационные сообщения</i>	
С. П. Витин, Д. В. Лялюев, Д. Б. Тепляков, В. П. Черных Программно-технический комплекс с универсальным сенсорным дисплейным пультом управления для создания тренажерных систем	71
<i>Информация для авторов</i>	
Правила подготовки и подачи материалов в редакцию	75

УДК [621.039.578:629.12]: 658.512

Технология отработки систем управления ЯЭУ транспортного назначения на стенде завода-изготовителя с использованием имитационно-моделирующих комплексов

¹С. Н. Сурин, ²В. А. Василенко, ²В. В. Ивлиев, ¹М. В. Ларионов, ²А. П. Горбуров

¹ОАО «Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора», Санкт-Петербург, Россия

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

Аннотация

Рассмотрены основные вопросы создания технологии наладки систем управления ядерными энергетическими установками на заводе-изготовителе с использованием комплексной математической модели объекта управления. Внедрение предлагаемой технологии в практику заводских испытаний систем управления позволит повысить качество их программно-технических средств, сократить сроки испытаний, обеспечить согласованность взаимодействия отдельных локальных систем между собой.

Ключевые слова: заводские испытания, стенд, система управления, объект управления, имитационно-моделирующий комплекс, устройство сопряжения с объектом, математическая модель реального времени.

УДК 621.039.58

Верификация расчетного трехмерного кода на задачах струйного течения и свободноконвективного теплообмена

В. В. Безлепкин, М. А. Затевахин, В. В. Котов, О. В. Масленникова, О. И. Симакова

АО «Атомпроект», г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В статье представлено описание трехмерного контейментного кода, разработанного для проведения расчетного обоснования систем безопасности АЭС с ВВЭР. Математические модели, заложенные в данном программном коде, были верифицированы на задачах, в которых реализуются основные физические процессы, возникающие при протекании тяжелой аварии в защитной оболочке АЭС, в частности, свободноконвективный теплообмен и струйные течения. Результаты верификационных расчетов показали, что разработанный код достаточно хорошо согласуется с экспериментальными данными и значениями, полученными при использовании зарубежного CFD кода.

Ключевые слова: теплообмен, свободная конвекция, трехмерный код, вычислительная гидродинамика.

УДК 621.039.51

Некоторые аспекты применения метода анализа неопределенности и чувствительности в сопряженных нейтронно-физических и теплогидравлических расчетах

В. Г. Артемов, Л. М. Артемова, В. Г. Коротаев, П. А. Михеев

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

Аннотация

Описан процесс подготовки на базе комплекса программ САПФИР_95&RC_ВВЭР нейтронно-физических моделей для теплогидравлического кода КОРСАР, предназначенных для проведения анализов безопасности ВВЭР методом анализа неопределенности и чувствительности. Отмечена важность комплексной верификации расчетных кодов и моделей в связи с повышенными требованиями к надежности оценки погрешностей всех компонентов модели при переходе от консервативного к реалистическому описанию. Рассмотрены подходы к выбору варьируемых параметров нейтронно-физической модели и определению пределов их изменения в методе неопределенности и чувствительности. Представлены результаты апробации методики расчетов с входными данными для нейтронно-физической модели, которые соответствуют 1-й, 2-й и 3-й загрузкам, а также переходных к 18-месячному топливному циклу загрузок активной зоны Ростовской АЭС (10, 11 и 12-я загрузки).

Ключевые слова: метод анализа неопределенности и чувствительности, верификация, нейтронно-физический расчет, теплогидравлический расчет, ВВЭР.

УДК 621.039.51

Сопряженные нейтронно-физический и теплогидравлический расчеты при анализе температурного состояния ТВЭЛОВ

В. Г. Артемов, Л. М. Артемова, В. Г. Коротаев, П. А. Михеев, Ю. П. Шемаев

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

Аннотация

Приведён алгоритм восстановления потвэльного энерговыделения в реакторах типа ВВЭР. Описана схема проведения сопряженных нейтронно-физического и теплогидравлического расчетов. Представлены результаты расчетов с входными данными для нейтронно-физической модели, которые соответствуют 1-й, 2-й и 3-й загрузкам активной зоны Ростовской АЭС, проведены расчеты переходных к 18-ти месячному топливному циклу загрузок активной зоны Ростовской АЭС (10-я, 11-я и 12-я загрузки). Для теплогидравлических расчетов смоделирована авария с разрывом паропровода.

Ключевые слова: нейтронно-физический расчет, теплогидравлический расчет, потвэльный расчет, ВВЭР, разрыв паропровода.

Модернизация и развитие системной оболочки программного комплекса ТЕРМИТ

О. А. Иконникова, Д. В. Калинин, С. В. Крицак, О. А. Крицак, О. А. Ковалёва, Д. Н. Ловчая, М. Ю. Орехов, Т. В. Романова, В. П. Талалаев, А. А. Шаленинов, В. В. Шаталов

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

Аннотация

В статье дано описание новой, третьей версии системной оболочки программного комплекса ТЕРМИТ. Комплекс ТЕРМИТ поддерживает автоматизированное создание моделей связанных между собой теплогидравлических, нейтронно-физических, электрических процессов и систем автоматики, предоставляет сервисные возможности для моделирования динамики ЯЭУ и создания тренажёров и расчётно-моделирующих комплексов. Расчётные схемы и функциональные планы вводятся пользователями в графическом виде. От предыдущих версий данная версия системной оболочки отличается наличием новых, более развитых графических средств и возможностью моделирования на кластерных супер-ЭВМ в режиме параллельных вычислений. Описываемая версия системной оболочки в отличие от предыдущих версий обладает также инструментальными средствами, позволяющими интегрировать в состав комплекса ТЕРМИТ новые расчётные коды и создавать графические интерфейсы для них без привлечения разработчиков системной оболочки.

Ключевые слова: технологии математического моделирования, тренажёры и расчётно-моделирующие комплексы ЯЭУ, расчётные коды, графический интерфейс, параллельные вычисления.

Экспериментальное исследование и термодинамический анализ системы U-UO₂

¹ В. И. Альмяшев, ² С. В. Бешта, ¹ С. А. Витоль, ³ В. В. Гусаров, ¹ Е. В. Крушинов,
⁴ Д. Б. Лопух, ⁴ А. П. Мартынов, ¹ В. Б. Хабенский

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

² Королевский технологический институт (КТН), Стокгольм, Швеция

³ Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

⁴ ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В. И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Представлены результаты исследования области расслаивания в системе U-UO₂ в инертной атмосфере. Определен состав несмешивающихся жидкостей в области монотектики и при температуре, от которой осуществлялась закалка расплава. Построена диаграмма состояния бинарной системы U-UO₂, обобщающая экспериментальные результаты и результаты термодинамических расчетов. Полученные данные позволят повысить точность прогнозирования сценариев внутрикорпусной стадии тяжелой аварии на АЭС.

Ключевые слова: тяжелая авария, индукционная плавка в холодном тигле, расплав активной зоны, диоксид урана, уран, фазовые равновесия, фазовая диаграмма.

УДК 621.039.5.001.2:658.5–52

Программно-технический комплекс с универсальным сенсорным дисплейным пультом управления для создания тренажёрных систем

С. П. Витин, Д. В. Лялюев, Д. Б. Тепляков, В. П. Черных

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

Аннотация

Представляется программно-технический комплекс с универсальным сенсорным дисплейным пультом управления, обеспечивающий возможность одновременного развертывания и последовательного функционирования тренажёрных систем для разных проектов судовых ядерных энергетических установок на одном комплекте технических средств.

Ключевые слова: тренажёры, реальное время, ядерные энергетические установки.