

ISSN 2414-5726

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 (2) 2015 г.

Сосновый Бор
2015

Содержание

Предисловие	5
<i>Исследование динамики и создание технологий испытаний объектов с ЯЭУ</i>	
Р. Д. Филин, Ю. А. Мигров, В. Г. Коротаев, В. Г. Артемов, Л. М. Артемова, Д. В. Бенедиктов, А. В. Пискарев, Ю. П. Шемаев, А. Н. Гудошников Программный комплекс КОРСАР/BR для расчетов в обоснование безопасности реакторов блочной и интегральной компоновки и реакторов типа ВВЭР	6
<i>Моделирование и исследование нейтронно-физических и теплогидравлических процессов объектов с ЯЭУ</i>	
Ю. В. Юдов, И. Г. Данилов, С. С. Чепилко Адаптация CFD модуля в составе системного теплогидравлического кода КОРСАР	15
<i>Химические технологии обеспечения жизненного цикла ЯЭУ, радиохимические и материаловедческие исследования</i>	
А. А. Ефимов, О. Ю. Пыхтеев, Б. А. Гусев, Л. Н. Москвин, И. С. Орленков Коррозионный мониторинг контуров ЯЭУ транспортного назначения	29
<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, В. Б. Хабенский Экспериментальное исследование фазовых равновесий в системе UO_2-CaO	39
<i>Влияние объектов атомной энергетики на окружающую среду</i>	
В. Г. Румынин, Е. Б. Панкина, А. М. Никуленков, М. П. Глухова Изучение изменчивости сорбционных свойств осадочных отложений Сосновоборского региона Ленинградской области для оценки воздействия атомно-промышленного комплекса на окружающую среду	48
<i>Обеспечение экспериментальных исследований</i>	
А. П. Лукашев, В. А. Беляков, Ю. И. Басов, А. В. Шипилов Разработка расходомеров питательной воды	60
<i>Информация для авторов</i>	
Требования к оформлению и содержанию статей, публикуемых в научно-техническом сборнике «Технологии обеспечения жизненного цикла ядерных энергетических установок»	69
Правила подачи материалов	73

УДК 621.039

Программный комплекс КОРСАР/BR для расчетов в обоснование безопасности реакторов блочной и интегральной компоновки и реакторов типа ВВЭР

*Р. Д. Филин, Ю. А. Мигров, В. Г. Коротяев, В. Г. Артемов, Л. М. Артемова,
Д. В. Бенедиктов, А. В. Пискарев, Ю. П. Шемаев, А. Н. Гудошников*

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

Аннотация

Описывается комплексный подход к моделированию процессов в активных зонах водо-водяных реакторов различного типа на основе сопряженного расчета нейтронно-физических и теплогидравлических процессов в трехмерном пространственном приближении, реализованный с помощью программного комплекса КОРСАР/BR, созданного на основе комплекса программ нейтронно-физического расчета САПФИР и теплогидравлического расчетного кода КОРСАР. Приведены некоторые результаты верификации программного комплекса КОРСАР/BR.

Ключевые слова: ВВЭР, судовые ЯЭУ, расчетное обоснование безопасности, верификация, трехмерная модель кинетики, аттестация.

УДК 621.311.25: 621.039

Адаптация CFD модуля в составе системного теплогидравлического кода КОРСАР

Ю. В. Юдов, И. Г. Данилов, С. С. Чепилко

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

Аннотация

Для учета трехмерных эффектов в опускной и нижней камерах реакторов при несимметричной работе петель во ФГУП НИТИ ведется разработка CFD (3D) модуля в составе кода КОРСАР. Модуль базируется на методе вложенной границы на декартовой сетке в идеологии обрезанных ячеек (Cartesian Cut-Cell method). Уравнение Пуассона для поля давления на новом временном слое в 3D модуле решается многосеточным методом с использованием в качестве релаксационной процедуры итераций Якоби.

В статье представлен численный алгоритм объединения теплогидравлических 1D и 3D модулей кода КОРСАР. Для обеспечения баланса массы и энергии на границе стыковки конвективные потоки для 1D модуля вычисляются как сумма потоков на соответствующих граничных гранях 3D модуля. Из условия баланса массы определяется связь между полями давлений в модулях. При расчете объединенного поля давления ячейки 1D модуля включаются в многосеточный метод, что приводит к улучшению сходимости.

Работоспособность и эффективность алгоритма объединения 1D и 3D модулей продемонстрирована на решении тестовой задачи о смешении холодного и горячего потоков в Т-образном соединении.

Ключевые слова: теплогидравлика, расчетный код, метод вложенной границы, многосеточный метод

УДК 620.179.152

Коррозионный мониторинг контуров ЯЭУ транспортного назначения

А. А. Ефимов¹, О. Ю. Пыхтеев¹, Б. А. Гусев¹, Л. Н. Москвин², И. С. Орленков¹

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

² Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

На основе анализа двух существующих подходов к понятию термина «коррозия» как «разрушение металла под воздействием внешней среды» или как «процесс взаимодействия металла с внешней средой...» второе определение более полно и точно раскрывает особенности механизмов развития и замедления коррозии с привлечением физико-химических закономерностей массопереноса вещества в гетерогенных системах «металл—жидкость» и «металл—газ». С этих позиций уточнено понятие «коррозионный мониторинг», имеющее до сих пор расплывчатое толкование у разных авторов. Применимость на практике идеи уточненного подхода продемонстрировано на организации и реализации системы коррозионного мониторинга на примере ресурсных испытаний полномасштабного наземного стенда-прототипа ЯЭУ транспортного назначения (стенда КВ-2).

Ключевые слова: коррозия, коррозионный мониторинг, активированные продукты коррозии, коррозионные отложения, транспортные ЯЭУ.

УДК 544.344.2+546.41–31+546.791.4

Экспериментальное исследование фазовых равновесий в системе $\text{UO}_2\text{--CaO}$

*В. И. Альмяшев¹, С. В. Бешта², С. А. Витоль¹, В. В. Гусаров³,
Е. В. Крушинов¹, Д. Б. Лопух⁴, В. Б. Хабенский¹*

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 псевдобинарной системы $\text{UO}_2\text{--CaO}$ при парциальном давлении кислорода 10^{-4} Па. В системе обнаружено два соединения (CaUO_{4-x} и Ca_2UO_4) и показан инконгруэнтный характер их плавления. Определены состав и температура эвтектики, а также пределы растворимости компонентов друг в друге. Построена фазовая диаграмма псевдобинарной системы $\text{UO}_2\text{--CaO}$, обобщающая полученные экспериментальные результаты.

Ключевые слова: тяжелая авария, конструкционные материалы, расплав, диоксид урана, оксид кальция, фазовые равновесия, фазовые диаграммы.

УДК 622:502, 66.081

Изучение изменчивости сорбционных свойств осадочных отложений Сосновоборского региона Ленинградской области для оценки воздействия атомно-промышленного комплекса на окружающую среду

В. Г. Румынин^{1,3}, Е. Б. Панкина², А. М. Никуленков³, М. П. Глухова²

¹ Санкт-Петербургское отделение Института геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН, Россия

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

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, Россия

Аннотация

Проведено комплексное изучение сорбционных свойств осадочных отложений по отношению к радионуклидам характерного состава радиоактивных отходов на территории атомно-промышленного комплекса г. Сосновый Бор Ленинградской области. Определены коэффициенты сорбционного распределения радионуклидов ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am в равновесной системе «грунт — вода» для четвертичных отложений, ломоносовских песчаников, котлинских глин и вендских песчаников, слагающих вертикальный профиль грунтов до 160 м на территории предполагаемого размещения регионального пункта захоронения радиоактивных отходов. Определены общие закономерности поведения радионуклидов в сорбционном процессе, изменчивость сорбционных констант и распределение полей их неоднородности в пространстве. Показано, что характер изменчивости сорбционного коэффициента контролируется как литологической неоднородностью пород, так и разнообразной природой отдельных физико-химических механизмов взаимодействия растворенных радионуклидов с минеральной фазой пород.

Ключевые слова: радионуклиды, металлы, сорбция, коэффициент сорбционного распределения, четвертичные отложения, ломоносовские песчаники, котлинские глины, вендские песчаники, вариограммы изменчивости.

УДК 389:681.12

Разработка расходомеров питательной воды

А. П. Лукашев, В. А. Беляков, Ю. И. Басов, А. В. Шипилов

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

Аннотация

В статье приведены результаты разработки двух типов расходомеров питательной воды: расходомера переменного перепада давления «Дроссель-1ПН-МК» и парциального расходомера ПРТП-489-АПЛ.

Ключевые слова: расходомер, перепад давления, парциальный.