

УДК 621.039.524.441

Вопросы создания трёхпетлевой установки на основе реактора ВВЭР-ТОИ

*Ю.А. Безруков, Е.А. Лисенков, В.М. Махин, В.А. Пиминов, В.П. Семишкин, А.В. Селезнев,
А.Н. Чуркин,*
АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 142103, г. Подольск

Рассматриваются возможные пути совершенствования реакторов ВВЭР с диапазоном мощности 1150...1300 МВт (эл). Предлагается вариант трёхпетлевой установки, внедрение которой должно привести к уменьшению металлоемкости, количеству оборудования и трубопроводов, исключению части дорогостоящих элементов систем безопасности. Предлагаемые решения позволят снизить капитальные затраты, сократить сроки сооружения энергоблоков и временные издержки на обслуживание, тем самым будет повышена конкурентоспособность отечественных АЭС на международном рынке.

Ключевые слова: водо-водяной энергетический реактор, упрощение реакторных установок, поколение III+.

УДК 621.039.5; 621.039.51; 621.039.53

**Концептуальные проработки реактора со сверхкритическими параметрами
China CSR-1000**

В.М. Махин,
АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 142103, г. Подольск

Рассматривается водоохлаждаемый реактор со сверхкритическими параметрами теплоносителя China CSR-1000, который относится к перспективным установкам следующей генерации реакторов «Поколение –IV».

Ключевые слова: Китай, реактор, вода, сверхкритические параметры, следующее поколение.

УДК 621.039.31.17

**Комплекс программ СКАЛА для прецизионных расчетов нейтронных и гамма полей
на основе библиотеки комбинированных констант КОЛИБРИ**

Г.М. Жердев., Т.С. Кислицына, М.Н. Николаев.,
АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», 249033, г. Обнинск

В статье даётся описание комплекса программ и библиотек для нейтронно-физического расчёта реакторов и защиты методом Монте-Карло. Даётся описание рассчитываемых функционалов и используемых для этого данных. Описываются использование в системе СКАЛА программы расчёта методом Монте-Карло с константами КОЛИБРИ для реализации существующих возможностей системы СКАЛА. В частности, расчётов изотопной кинетики, повреждающих доз, погрешностей результатов нейтронно-физического расчёта, линейных функционалов нейтронного потока. Система представляет из себя расчётный инструмент, позволяющий проводить расчёт нейтронных и связанных с ними спектров гамма-квантов, распределений скоростей процессов взаимодействия нейтронов с веществом, распределений энерговыделения, кинетических характеристик, расчёт заблокированных нейтронных сечений.

Ключевые слова: метод Монте-Карло, нейтронно-физические расчёты, изотопная кинетика, нейтронный поток, нейтронные константы, библиотеки нейтронных данных

УДК 621.039.51.17

Новые расчетные методики, используемые в комплексе СКАЛА-РОКОКО

Г.М. Жердев., М.Н. Николаев,
АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», 249033, г. Обнинск

Программа расчёта методом Монте-Карло с геометрическим модулем ММК и системой константного обеспечения РОКОКО (далее РОКОКО-ММК) входит в комплекс СКАЛА. Статья посвящена описанию разработанных и реализованных в комплексе оригинальных методик, позволяющих решить некоторые задачи нейтронно-физического расчёта этого комплекса.

Ключевые слова: метод Монте-Карло, нейтронно-физические расчёты, подгрупповые параметры, комплекс программ, нейтронный поток, нейтронные константы, библиотеки нейтронных данных, подгруппы, факторы самоэкранировки, спектр нейтронов, время жизни нейтрона.

УДК 621.039.51

Применение метода субмоделирования для решения задачи расчета плотности потока тепловых нейтронов на ионизационных камерах

А.А. Николаев, А.Н. Скобелев,
АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 142103, г. Подольск

Представлен подход к расчету потока тепловых нейтронов в ионизационных камерах деления с использованием метода субмоделирования.

Ключевые слова: субмоделирование, реакторная установка, поток тепловых нейтронов, ионизационная камера деления, PMSNSYS-II.

УДК 621.039.58

Определение погрешности расчетного кода по результатам экспериментов

В.Н. Сирянин, М.О. Закутаев, М.А. Увакин, Н.В. Сирянин, М.А.Быков,
АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 142103, г. Подольск

Рассматривается определение погрешности расчетного кода с учетом погрешности экспериментов. С применением методов статистического моделирования определение погрешности учитывает как погрешность измерения исследуемого параметра, так и погрешность начальных и граничных условий эксперимента.

Ключевые слова: погрешность, неопределенность, эксперимент, Монте-Карло, авария.

УДК 621.039

Экспериментальные исследования перемешивания двухфазного теплоносителя на полномасштабной модели ТВС

А.Н. Чуркин, Е.А. Лисенков, Ю.А. Безруков, А.В. Селезнев, С.М. Лобачев,
АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 142103, г. Подольск,
Д.В. Мальчевский,
АО «ТВЭЛ», 115409, г. Москва

В статье представлены описание экспериментальной установки, методики проведения экспериментов, а также результаты экспериментальных исследований, моделирующих процессы межячейкового перемешивания в ТВС-2М в двухфазном потоке теплоносителя. Эксперименты проводились в ОКБ «ГИДРОПРЕСС» на стенде перемешивания в ТВС с полномасштабной по поперечному сечению моделью кассеты. По результатам экспериментов проведена сравнительная оценка интенсивности межячейкового обмена при двухфазном и однофазном течении. Проанализировано влияние рас-

хода парогенерации в пучке и расхода теплоносителя на величину объемного паросодержания в струе.

Ключевые слова: перемешивание теплоносителя, двухфазный поток, тепловыделяющая сборка.

УДК 621.039

Экспериментальные исследования конденсационных гидравлических ударов в трубопроводах реакторной установки ВВЭР

***А.Н. Чуркин, А.С. Богданов, Д.Г. Толмачев, А.Г. Каретников, С.М. Лобачев,
Ю.Б. Хрипачев, Ю.А. Безруков, И.В. Матвиенко,***
АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 142103, г. Подольск,
А.В. Евдокименко,

Филиал АО "Концерн Росэнергоатом" по реализации капитальных проектов, Москва

В статье приведена информация о выполненных в АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС» по заказу АО «Концерн Росэнергоатом» экспериментальных исследованиях конденсационных гидравлических ударов в трубопроводах различной геометрии с внутренним диаметром до 100 мм. Полученные экспериментальные данные предназначены для анализа условий возникновения конденсационных гидравлических ударов в трубопроводах реакторной установки ВВЭР и для верификации расчетных кодов.

Ключевые слова: реакторная установка ВВЭР, двухфазное течение, конденсационный гидравлический удар, давление, экспериментальное исследование.

УДК 621.039.524.4

Расчёт времени падения поглощающих стержней системы управления и защиты ВВЭР с учётом деформированного состояния ТВС в активной зоне. Программа CORE_1

Д.Н. Пузанов, Д.В. Вялицын, А.И. Чекунов,
АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 142103, г. Подольск

Рассматривается программа CORE_1, разработанная в АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС». Предназначена для моделирования термомеханического поведения всех тепловыделяющих сборок (ТВС) в составе активной зоны в режимах нормальной эксплуатации. Рассматривается также расчёт времени падения поглощающих стержней системы управления и защиты (ПС СУЗ), который включает в себя: расчёт искривлений ТВС в ходе эксплуатации, расчёт усилий трения при движении ПС СУЗ в направляющих каналах искривленных ТВС.

Ключевые слова: вычислительная программа, термомеханическое поведение ТВС, сопротивление движению поглощающего стержня

УДК 539.3

Метод расчета коэффициентов интенсивности напряжений для постулируемых поднаплавочных трещин для оценки целостности корпуса реактора ВВЭР в рамках обоснования безопасности АЭС

В.В. Матковский, А.В. Андреев,
АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 142103, г. Подольск

Целостность корпуса реактора ВВЭР, относящегося к оборудованию первого класса безопасности, работающего в условиях радиационного облучения при высокой температуре, должна быть обоснована на период всего срока службы для обеспечения безопасности АЭС. Разработан метод определения коэффициентов интенсивности напряжений для постулируемых поднаплавочных трещин при обосновании сопротивления хрупкому разрушению корпуса реактора. Использование методов сингулярных уравнений, аппроксимаций и теории специальных функций позволило выработать

характеризующийся высокой точностью и универсальностью подход, адаптированный для задач механики разрушения. Разработанный метод позволяет строить решение широкого класса прикладных задач механики сплошных сред, в данной работе его эффективность продемонстрирована для модели наклонной поднаплавочной трещины в условиях смешанного нагружения.

Ключевые слова: поднаплавочная трещина, коэффициент интенсивности напряжений, хрупкое разрушение.

УДК 621.039.5

Расчетные соотношения для определения термодинамических свойств свинцового теплоносителя

И.А. Чусов,

АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 142103, г. Подольск; ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 249035, г. Обнинск,

Г.Е. Новиков, Н.А. Обысов,

ГК «Росатом», 119017, г. Москва,

В.Г. Проняев,

ЧУ «Атомстандарт», 117342, г. Москва

В работе приведены результаты работы центра данных термодинамических свойств (ЦДТС ИАТЭ НИЯУ МИФИ) ГК «Росатом» в части расчетного определения термодинамических свойств свинцового теплоносителя для инновационных реакторных установок. На основании анализа опытных данных приведенных в 67 экспериментальных работах, выполненных в СССР, России и за рубежом, за период с 1913 по 2017 г. предложены расчетные соотношения для оценки: плотности, коэффициента теплоемкости, коэффициента теплопроводности, коэффициента динамической вязкости, коэффициента поверхностного натяжения, местной скорости звука и удельного электрического сопротивления. Приведены величины погрешностей предложенных соотношений и диапазон их применимости.

Ключевые слова: висмут, теплоноситель, плотность, теплопроводность, теплоемкость, вязкость, термодинамические свойства, транспортные свойства.

УДК 621.039

Исследование термомеханического поведения оболочек твэлов ВВЭР с помощью кода СОКРАТ/В1

А.Е. Тарасов, Р.В. Чалый, Д.Ю. Томащук, К.С. Долганов, А.Е. Киселев,

ИБРАЭ РАН, 115191, г. Москва,

В.П. Семишкин, С.И. Пантюшин, М.А. Быков,

АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 142103, г. Подольск 21

В работе исследуются процессы раздутия оболочек твэлов, которые могут привести к разгерметизации твэлов и возможному выходу радиоактивных продуктов деления в теплоноситель на начальной стадии запроектных и тяжелых аварий. С помощью РК СОКРАТ/В1 выполнено расчётное моделирование экспериментов, проведённых в ОКБ «ГИДРОПРЕСС». Выполнен анализ неопределённостей и чувствительности результатов расчёта к входным данным. Показано хорошее согласие расчётных значений времени разрушения оболочек твэлов с результатами измерений. Показана важность проведения современных экспериментов по исследованию процессов раздутия и разрыва оболочек твэлов.

Ключевые слова: код СОКРАТ/В1, оболочка, твэл, ВВЭР.

Определение умножения нейтронов в приемной емкости цеха радиоактивных отходов

О.Н. Андрианова, В.А. Дулин, В.В. Дулин,
АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», 249033, г. Обнинск,

В статье изложена модификация метода Росси- α для определения размножающих свойств подкритических размножающих сред с неизвестным составом и локализацией источников ионизирующего излучения. Измерительная установка на основе высокоэффективных детекторов быстрых нейтронов позволила проверить предложенный метод путем определения k_{eff} в диапазоне от 0,09 до 0,45 для различных размножающих сред известного состава и геометрии. Метод был апробирован для определения k_{eff} в диапазоне от 0,75 до 0,97 в быстрой сборке из металлического урана, стали и натрия. С использованием метода было определено предельное значение k_{eff} для размножающей приёмной емкости радиоактивных отходов – среды неизвестного состава и геометрии, которое не превысило 0,1.

Ключевые слова: Росси- α , умножение нейтронов, подкритические размножающие среды, среды с неизвестным составом и локализацией источников ионизирующего излучения, приёмная емкость радиоактивных отходов.