

Аннотации статей
журнала “Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов”,
вып. № 5, 2018 г.

УДК 621.039.5

Об энергетике “без гнева и пристрастия”

Гагаринский А.Ю.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1.

Представлен краткий обзор состояния и перспектив мировой энергетики на ближайшие 20—25 лет. Сопоставляются ресурсные и экологические характеристики различных источников: органического топлива, возобновляемой и ядерной энергии, а также прогнозы их дальнейшего развития, приведены оценки возврата инвестиций от различных энергетических источников.

Ключевые слова: энергетика, прогнозы развития, источники энергии, энергетические ресурсы, возобновляемая энергетика, ядерная энергетика.

УДК 621.039

Предпосылки создания АЭС с неограниченным временем эксплуатации

Алексеев П.Н., Субботин С.А., Удянский Ю.Н., Щепетина Т.Д.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Анализируется использование возможностей модульных конструкций и компоновок для повышения срока эксплуатации и упрощения проблем декомиссии энергоблоков, а также и других их преимуществ, направленных на снижение интегрального риска АЭС по всему жизненному циклу проекта.

Ключевые слова: АЭС, срок эксплуатации, вывод из эксплуатации, модульные конструкции.

УДК 621.039.5

Влияние схемных решений на безопасность и параметры малогабаритных высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов

Каминский А.С., Турбина Т.А., Гордеев Э.Г.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Представлены результаты анализа нейтронно-физических характеристик альтернативных схемно-конструктивных решений реактора, влияющих на основные параметры, безопасность в штатных и аварийных ситуациях и энерговыработку. Приведены рекомендации по выбору оптимальной конструктивной схемы малогабаритного газоохлаждаемого реактора.

Ключевые слова: высокотемпературный газоохлаждаемый реактор, активная зона, нейтронно-физические расчёты, энерговыработка, спектр нейтронов, безопасность.

УДК 621.039.51

Построение двумерных элементарных решений уравнения переноса нейтронов в цилиндрической геометрии

Султанов Н.В.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Изложена методика построения двумерных регулярных и сингулярных элементарных решений уравнения переноса нейтронов в цилиндрической геометрии из плоских элементарных решений (в смысле К. Кейза). Такое построение оказалось удобным, когда плоские элементарные решения разложены в ряд по полиномам Лежандра. Далее предполагается их использовать для построения двумерной функции Грина, которая будет применена в методе поверхностных псевдоисточников для многогрупповых расчётов ячеек ядерных реакторов типа ВВЭР и РБМК и подготовки малогрупповых матриц коэффициентов диффузии ячеек для метода поверхностных гармоник.

Ключевые слова: цилиндрическая геометрия, двумерные собственные функции, одногрупповое уравнение переноса нейтронов, функция Грина, метод поверхностных псевдоисточников.

УДК 621.039.51

Двумерная функция Грина уравнения переноса нейтронов в цилиндрической геометрии

Султанов Н.В.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Для многогрупповых расчётов ячеек ядерных реакторов типа ВВЭР и РБМК и подготовки мало-групповых характеристик ячеек нашёл применение метод поверхностных псевдоисточников, в основе которого используются угловые моменты функции Грина уравнения переноса нейтронов для бесконечной однородной среды. В данной работе доказана биортогональность двумерных регулярных и сингулярных решений уравнения переноса нейтронов в цилиндрической системе координат. Построена двумерная цилиндрическая функция Грина. Часть построенных угловых моментов двумерной цилиндрической функции Грина используется в методе поверхностных псевдоисточников для многогруппового расчёта цилиндрических и кластерных ячеек реакторов типа ВВЭР и РБМК как с топливом, так и без него.

Ключевые слова: уравнение переноса нейтронов, метод поверхностных псевдоисточников, односкоростное приближение, функция Грина для бесконечной среды.

УДК 621.039.5

Результаты расчёта международных экспериментальных бенчмарков JOYO, Superphenix и ZPR6/7 для расширения матрицы верификации программного комплекса JARFR

Бландинский В.Ю., Невиница В.А., Фомиченко П.А.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

В статье представлены результаты нейтронно-физических расчётов по инженерной программе JARFR международных тестовых моделей критической сборки ZPR6/7 и реакторов на быстрых нейтронах — исследовательского JOYO и энергетического Superphenix. Проведено сопоставление рассчитанных значений нейтронно-физических характеристик с измеренными. Для изотермического температурного коэффициента реактивности JOYO и конфигураций активной зоны Superphenix приведены также результаты расчёта по программе MCNP5, реализующей метод Монте-Карло. На критической сборке ZPR6/7 исследовано изменение нейтронного поля в локальной окрестности канала органа СУЗ при замене гильзы органа СУЗ на поглощающую часть.

Ключевые слова: исследовательский реактор, изотермический температурный коэффициент реактивности, нейтронно-физические характеристики, скорости реакций.

УДК 621.3.002

Тепловая мощность ВВЭР, измеренная по показаниям ДПЗ

**Курченков А.Ю., Ковель А.И., Мильто В.А., Мильто Н.В., Скороходов Д.Н., Липин Н.В.,
Воробьева Д.В.,**

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1

Чапаяев В.М., Хватов В.А.,

Филиал ОАО “Концерн Росэнергоатом” “Калининская атомная станция”, 171841, г. Удомля,
Тверская обл.

Обсуждается методика определения линейного энерговыделения в тепловыделяющей сборке (ТВС) ВВЭР в месте расположения родиевого детектора прямого заряда (ДПЗ) и верификация этой методики. Описан один из способов измерения тепловой мощности ВВЭР, основанный на показаниях ДПЗ.

Ключевые слова: детектор прямого заряда (ДПЗ), система внутриреакторного контроля.

УДК 573.6.011.6

**Оценка возможности использования классической теории нуклеации для расчёта
предельного перегрева метастабильной жидкости в области начала
пузырькового кипения**

Жуков Ю.М., Павлов С.Ю., Уртенев Д.С., Устинов В.С.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Представлено сопоставление экспериментальных данных ВТИ по началу пузырькового кипения воды в равномерно обогреваемой трубе диаметром 5,77 и 6,34 мм при значениях массовой скорости $W_j = 1400—5000$ кг/(м²·с) и давлении $P = 9,81; 14,7; 19,62$ МПа с теоретическим расчётом механизма гомогенного вскипания метастабильной жидкости, когда предельные перегревы получены с помощью классической формулы Гиббса [1]. Сформулировано предположение о влиянии термодинамической неустойчивости процесса в области под спинодалью на разрыв метастабильной плёнки жидкости с образованием “дырок” на всю её толщину, что приводит, в конечном итоге, к образованию несмачиваемых “сухих пятен” (spinodal dewetting), которые и вызывают спонтанный переход в режим плёночного кипения (кризис теплоотдачи).

Ключевые слова: теплогидравлические реакторные коды, гомогенное и гетерогенное кипение, метастабильность жидкости, спинодаль, классическая теория нуклеации.

УДК 621.039.526.034

Особенности теплофизики высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов

Конюхов Г.В., Павшук А.В., Павшук В.А.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Рассмотрены вопросы обеспечения необходимых параметров высокотемпературных газоохлаждаемых ядерных реакторов в составе установок космического назначения. Анализ теплофизических процессов в активной зоне реактора позволил предложить и обосновать решения, обеспечивающие реализацию заданных параметров реактора в условиях известных регулярных неравномерностей энерговыделения в объёме реактора и случайных возмущений, связанных с возможными технологическими погрешностями изготовления системы охлаждения активной зоны, реализации расчётного распределения концентрации делящегося вещества.

Ключевые слова: теплофизика, реактор, энерговыделение, неравномерности, гидравлическое сопротивление, температура.

УДК 621.039.5, 621.039.586

Разработка и верификация кода МАВР-ТА для моделирования выхода продуктов деления и их переноса под защитной оболочкой при тяжёлой аварии на АЭС с ВВЭР

Шмельков Ю.Б., Звонарев Ю.А., Петров Л.В., Шутов Н.В.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Статья посвящена методике расчёта выхода радиоактивных продуктов деления (ПД) из топлива ТВС и расплава при тяжёлой аварии с плавлением топлива на АЭС с ВВЭР. Данная методика реализована в коде МАВР-ТА, разработанном в НИЦ “Курчатовский институт”. Приведены основные результаты верификации кода на экспериментах по выходу ПД в условиях протекания тяжёлой аварии. Представлены результаты расчёта выхода ПД по коду МАВР-ТА для сценария аварии “Большая течь Ду 850 с длительным обесточиванием” для проекта АЭС-2006.

Ключевые слова: тяжёлая авария, ВВЭР, выход продуктов деления, верификация кода, разработка кода.

УДК 53.023; 53.043; 53.096

О влиянии реакторного облучения на взаимодиффузию Мо и W

Чурин В.А., Иванов А.С.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Установлено, что реакторное облучение приводит к существенному ускорению взаимодиффузии в сплаве Мо-W по сравнению с термически активируемой диффузией при температуре ~1500°C. Кроме того, наблюдается ослабление концентрационной зависимости взаимодиффузии. Развита аппроксимационная процедура, позволившая путём вариации одного параметра аппроксимировать экспериментальные данные. Показано, что взаимодействие ядер молибдена и вольфрама с быстрыми нейтронами так же, как и с жёстким γ -излучением, может служить причиной наблюдавшихся эффектов.

Ключевые слова: диффузия, реакторное облучение, вольфрам, молибден, оболочки ТВЭЛов.

УДК 621.039.5

Моделирование формоизменения графитовых кладок РБМК на этапе восстановления их ресурса

Федосов А.М.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Приведены сведения о ремонте графитовых кладок РБМК первых очередей на Ленинградской и Курской АЭС для восстановления их ресурса. Обсуждаются проблемы моделирования формоизменения графитовой кладки. Представлены примеры прогнозных расчётов прогибов каналов по стохастической модели. Показано, что при настройке модели в исходном состоянии по результатам измерений прогибов можно прогнозировать дальнейшее формоизменение кладки в течение года с удовлетворительной точностью.

Ключевые слова: реактор РБМК, графитовая кладка, восстановление ресурса, стохастическая модель, прогнозы и измерения прогибов каналов.

УДК 621.039.536.2

Исследование бетона строительных конструкций реакторной установки энергоблока № 1 Балаковской АЭС при обосновании применимости технологии отжига корпуса реактора ВВЭР-1000

Ерак Д.Ю., Полякова Р.О., Семченков Ю.М., Чернобаева А.А.,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1,

Асмолов В.Г.,

Госкорпорация “Росатом”, 119017, Москва, ул. Большая Ордынка, д. 24,

Шутиков А.В.,

АО “Концерн Росэнергоатом”, 109507, Москва, Ферганская ул., д. 25,

Якобсон М.Я.,

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, 109428, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, корп. 5

Обоснование возможности отжига корпуса реактора энергоблока № 1 Балаковской АЭС потребовало подтверждения работоспособности не только корпуса, но и строительных конструкций, окружающих корпус реактора, таких как шахта реактора и опорная ферма, заполнитель которой обеспечивает биологическую защиту. В связи с этим выполнены исследования прочности на сжатие тяжёлого бетона, аналогичного бетону шахты реактора, после 30-летней эксплуатации и нагрева при температурах 90 и 110 °С в течение 100 ч. В качестве объекта исследования использованы образцы из кернов тяжёлого бетона, отобранных специально для этой работы из железобетонной облицовки реакторного отделения энергоблока № 1 Балаковской АЭС в 2015 г. Проведено исследование свойств заполнителя опорной фермы как биологической защиты после отжига корпуса реактора, так как они могут измениться за счёт выхода воды при нагреве в процессе отжига: изучено влияние удаления воды под воздействием повышенных температур из железосerpентинитового бетона на сохранение его свойств как биологической защиты.

Ключевые слова: восстановительный отжиг, тяжёлый бетон, железосerpентинитовый бетон, ферма опорная, серпентинитовая галя.