

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР “КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ”

**В О П Р О С Ы
А Т О М Н О Й
Н А У К И
И
Т Е Х Н И К И**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

СЕРИЯ:

Ф И З И К А Я Д Е Р Н Ы Х Р Е А К Т О Р О В

ИЗДАЁТСЯ с 1989 г.

ВЫПУСК 1-2

**Ф И З И К А И М Е Т О Д Ы Р А С Ч Ё Т А
Я Д Е Р Н Ы Х Р Е А К Т О Р О В**

ИЗДАЁТСЯ с 1981 г.

МОСКВА – 2014

**Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов.
№ 1-2, 2014.**

УДК 621.039.514

**Идентификация динамических характеристик аппаратного комплекса
измерения реактивности реактора ВК-50 при использовании
импульсных каналов контроля нейтронной мощности**

И.И. Семидоцкий, С.В. Орешин, А.А. Связов,
ОАО “ТНЦ НИИАР”, 433510, г. Димитровград-10 Ульяновской обл.
Поступила в редакцию 07.09.2013 г.

Представлен опыт определения источника погрешности и уменьшения этой погрешности в экспериментах по измерению величины введённой реактивности на минимально контролируемом уровне мощности в реакторе ВК-50. Показано, что основной вклад в погрешность динамического эксперимента вносит инерция измерительной аппаратуры. Предлагается процедура компенсации этой погрешности.

УДК 621.039

Измерения нейтронной мощности реактора в абсолютных единицах

Г.В. Лебедев,
НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Курчатова, 1
Поступила в редакцию 18.09.2013 г.

Модернизированным методом корреляционного анализа измерена нейтронная мощность в абсолютных единицах реактора космической ядерной энергетической установки “Енисей” при наземных испытаниях её прототипов. Приведены результаты экспериментов. Искомый результат получен в серии экспериментов, проведенных на подготовительном этапе установки к испытаниям. Приемлемость экспериментальных результатов подтверждена результатами измерений нейтронной мощности реактора в абсолютных единицах на номинальном уровне по тепловому балансу в процессе ресурсных испытаний наземных прототипов.

УДК 621.039.17

**Верификация статистического метода CORN моделирования микротоплива
для случаев повышенного содержания зёрен**

Б.К. Чукбар,
НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Курчатова, 1
Поступила в редакцию 19.12.2013 г.

Изучаются два метода моделирования топлива двойной гетерогенности – детерминированное расположение и статистический метод CORN программного пакета MCU. Изучено влияние особенностей распределения микротоплива в шаровых твэлах на результаты расчётов. Приведены результаты верификации статистического метода CORN для случаев концентраций микротоплива в твэлах до 170 см^{-3} . Изучена допустимость гомогенизации оболочек микротоплива с графитовой матрицей. Обнаружена зависимость реактивности от относительного расположения топливных и графитовых шаровых элементов.

УДК 621.039

VEGA – программа для расчётов нейтронно-физических характеристик реактора в процессе выгорания топлива методом Монте-Карло

С.Н. Буколов,

ОАО “НИКИЭТ”, 107140, Москва, Малая Красносельская ул., 2/8
Поступила в редакцию 07.10.2013 г.

Рассматривается методика расчётов нейтронно-физических характеристик реактора в процессе выгорания топлива методом Монте-Карло. Представлен способ аналитического решения уравнений выгорания.

УДК 621.039

Возможность представительных петлевых испытаний твэлов малогабаритных быстрых реакторов в каналах исследовательских реакторов на тепловых нейтронах

*Е.С. Глушков, А.Е. Глушков, А.А. Зимин, А.В. Капитонова,
Г.В. Компаниец, Р.П. Петрушенко*

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Курчатова, 1
Поступила в редакцию 23.10.2013 г.

Для экспериментального подтверждения работоспособности твэлов разрабатываемых малогабаритных быстрых реакторов рассматривается возможность представительных петлевых испытаний этих твэлов в каналах исследовательских реакторов на тепловых нейтронах на примере реактора ИВВ-2М. Дано описание расчётной модели петлевого канала с образцами твэлов, расположенного в реакторе ИВВ-2М. С использованием программы MSU проведены нейтронно-физические расчёты с целью обеспечения в испытываемых твэлах условий, характерных для быстрого реактора. Для проведения реакторных испытаний предложено экранирование тепловых нейтронов, падающих на поверхность петлевого устройства, для обеспечения быстрого спектра нейтронов в топливе испытываемых топливных элементов.

УДК 621.039.546

Методика и результаты расчётов равновесного изотопного состава демонстрационного подкритического жидкосолевого реактора

*В.А. Невиница, А.А. Дудников, В.Ю. Бландинский, А.Л. Баланин, П.Н. Алексеев,
НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Курчатова, 1,
Ю.Е. Титаренко, В.Ф. Батяев, К.В. Павлов, А.Ю. Титаренко,*

ГНЦ РФ “ИТЭФ”, 117218, Москва, Большая Черемушкинская ул., 25
Поступила в редакцию 25.11.2013 г.

Проведены расчётные исследования подкритического жидкосолевого реактора с внешним источником нейтронов как установки для выжигания и трансмутации минорных актинидов из отработавшего ядерного топлива реакторов типа ВВЭР-1000, а также для наработки ^{233}U из ^{232}Th . Выбрана конфигурация реактора, определены требования к внешнему источнику нейтронов, рассчитаны равновесный изотопный состав тяжёлых нуклидов и основные показатели топливного цикла.

УДК 621.039.5

**Исследование особенностей гидродинамики и теплообмена
полостной активной зоны расплавно-солевого реактора
– пережигателя минорных актинидов**

А.А. Фролов,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Курчатова, 1
Поступила в редакцию 12.12.2013 г.

В НИЦ “Курчатовский институт” предложено использовать для пережигания минорных актинидов высокопоточный быстрый реактор с топливом на расплавах фторидных солей в составе энерго-технологического комплекса на предприятии по переработке отработавшего ядерного топлива. Особенность этого реактора – полостная активная зона со свободным течением жидкосолевого топлива. Представлены результаты расчётного исследования гидродинамики и теплообмена активной зоны. Показано, что стационарное течение в активной зоне не устанавливается, возникают низкочастотные пульсации температуры в потоке расплава и на стенках. Сравнение результатов расчётов по разным моделям турбулентности показало необходимость проведения дополнительных экспериментов для уточнения моделей и применяемых констант.

УДК 621.039

Варианты замыкания ядерного топливного цикла

Е.А. Андрианова, В.Д. Давиденко, В.Ф. Цибульский, С.В. Цибульский,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Курчатова, 1
Поступила в редакцию 20.07.2013 г.

Рассмотрены вопросы влияния структуры атомной энергетики (АЭ), условий выгорания топлива и накопления новых делящихся изотопов из сырьевых на основные параметры работы замкнутого топливного цикла. Рассматривается влияние на параметры топливного цикла и потребление природного урана коэффициента воспроизводства топлива в реакторах, времени охлаждения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) во внешней части топливного цикла, разделения зон воспроизводства топлива с зонами выжигания делящихся изотопов.

УДК 621.039.57-58

Прогнозирование накопления отложений на твэлах кипящего реактора

А.С. Курский,

НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Курчатова, 1,
В.В. Калыгин, И.И. Семидоцкий, И.М. Смирнова, В.К. Шамардин, В.И. Широков,
ОАО “ГНЦ НИИАР”, 433510, г. Димитровград-10 Ульяновской обл.
Поступила в редакцию 13.05.2013 г.

Разработана методика прогнозирования накопления отложений на твэлах водо-водяного реактора в условиях кипения теплоносителя. Приведены результаты экспериментального обоснования методики при различных стадиях эксплуатации ТВС в корпусном кипящем реакторе. При изучении процессов зарождения и накопления продуктов коррозии теоретически предсказан и в эксперименте обнаружен эффект образования отложений из мелких частиц железа на оболочках твэлов, которые эксплуатируются в условиях кипения теплоносителя. На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований разработаны рекомендации по снижению содержания частиц продуктов коррозии железа в переходных режимах работы кипящих реакторов. Эта регламентная операция позволяет более эффективно решать проблемы

радиационной безопасности и ресурсной стойкости ТВС легководных реакторов с кипением теплоносителя.

УДК 621.039.534

**Обобщение и анализ параметров распределений
для неравновесных двухфазных потоков. Кольцевые каналы и ТВС**

Ю.Н. Корниенко,

ФГУП “ГНЦ РФ-ФЭИ”, 249033, г. Обнинск Калужской обл., пл. Бондаренко, 1
Поступила в редакцию 05.09.2013 г.

Представлены основные результаты анализа разработанной ранее обобщённой иерархически замкнутой системы аналитических замыкающих соотношений для параметров распределений (ПР) используемых в квази-1D форме уравнений законов сохранения массы, импульса и энергии двухфазных неравновесных течений с неравномерным профилем паросодержания. Основными допущениями служат модель потока дрейфа, квазистационарное приближение и степенная аппроксимация локальных профилей переменных. Полученные квадратурные зависимости отражают принцип суперпозиции, обобщают и унифицируют не только метод Зубера – Финдли, но также Ханкокка – Никола и Хибики – Ишии. Выявленные свойства дополнительности и зеркальной симметрии оказываются особенно полезными для целей валидации и верификации ПР.

УДК 621.039.513

**Разработка обобщённого критерия границы колебаний волн
плотности в параллельных каналах с подъёмными участками
на основе модели неравновесного потока дрейфа**

Ю.Н. Корниенко,

ФГУП “ГНЦ РФ-ФЭИ”, 249033, г. Обнинск Калужской обл., пл. Бондаренко, 1
Поступила в редакцию 24.12.2013 г.

Получена аналитическая форма обобщённого критерия границы неустойчивости волн плотности (НВП). Он является функцией не только традиционных параметров гомогенной модели, описанных в классических исследованиях (Морозов – Герлига, Ишии – Зубер и др.), но также и новых, учитывающих эффекты кипения с недогревом, фазового сдвига, подъёмного участка, компонент перепадов давления на трение, гидростатики и гетерогенных распределений профилей переменных. Асимптотический анализ показал, что новый обобщённый критерий границ НВП в предельных случаях сводится к полученным ранее результатам и критериям.

УДК 621.039.546.53, 621.039.53

Измерение анизотропии пироуглеродных покрытий микротвэлов

Ю.А. Весёлкин, А.С. Иванов,

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

Т.В. Трушкина,

ОАО “ВНИИНМ”, 123098, Москва, ул. Рогова, 5а

Поступила в редакцию 23.12.2013 г.

Проведены тестирование и калибровка оборудования НИЦ КИ, предназначенного для определения анизотропии слоёв пироуглерода в микротвэлах (МТ) реактора ГТ-МГР. Исследована зависимость коэффициента анизотропии от размера области измерений. Приведены результаты измерения оптического коэффициента анизотропии (ОРТАФ) на алюминиевом зеркале, кристалле рутила и имеющихся образцах МТ с известными характеристиками, измеренными ранее на оборудовании ORNL (США). Кроме того, выполнены измерения образцов МТ, полученных во

ВНИИИМ. Установлена сильная зависимость получаемых данных от качества подготовки шлифов. Проведенные исследования позволяют сделать заключение о работоспособности существующего оборудования по измерению анизотропии пироуглеродных покрытий МТ на оборудовании НИЦ КИ с относительной погрешностью около 1 %. Показано, что устранение погрешностей, обусловленных стохастическими колебаниями в измерительном тракте, путём математической обработки сигнала позволяет снизить относительную погрешность измерений ОРТАФ до ~ 0,3 %.

УДК 621.039.542

Исследование взаимодействия в системе нано Si-U₃O₈

А.А. Гарибов, А.И. Наджафов, Р.С. Мадатов, А.А. Гарибли,

Институт радиационных проблем НАН Азербайджана, Баку, AZ1143, ул. Б. Вагабаде, 9,

М.А. Рамазанов,

Бакинский государственный университет, Баку, AZ1148, ул. Академика З. Халилова, 23

Поступила в редакцию 27.08.2013 г.

Взаимодействия в системе нано Si-U₃O₈ исследованы дифференциально-термическим, рентгенофазовым, радиометрическим, пикнометрическим методами. На основе полученных результатов построена предполагаемая диаграмма состояния систем нано Si-U₃O₈. Установлено, что взаимодействие в системе нано Si-U₃O₈ имеет эвтектический характер. Эвтектика в системе нано Si-U₃O₈ образуется при концентрации ~ 50 мол. % U₃O₈. Исходя из изменения параметров решётки образованных твёрдых растворов, высказано предположение об образовании твёрдых растворов внедрения. При исследовании температурной области установлено, что растворимость кремния в U₃O₈ достигает 1,0 мол. %. Изучены закономерности дегидратации и окислительные процессы при нагреве образцов до ~ 1000 °С в различных средах.

УДК 621.039.5

Концепция высокотемпературных газоохлаждаемых ядерных реакторов в космической энергетике

Г.В. Конюхов, В.А. Павшук,

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

Поступила в редакцию 17.10.2013 г.

Рассмотрено состояние развития ядерной космической энергетике на основе высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов. Выполнен анализ возможностей создания реакторов ядерных энергодвигательных установок (ЯЭДУ) на основе технологии ядерных ракетных двигателей (ЯРД) с режимами ЯРД и энергетическим и с обеспечением двигательного режима только электрическими движителями. Предложена концепция построения реактора, обеспечивающая возможность разработки ЯЭДУ в широком диапазоне тяг и электрических мощностей.

УДК 519.24

Выявление закономерностей из многомерных данных

В.М. Мордашёв

Письмо в редакцию, поступило 18.04.2014 г.

Информация о 134 – 137 заседаниях семинара “Физика ядерных реакторов”.