

УДК 621.039.55

**К вопросу динамики импульса мощности реактора “НЕПТУН” —
сравнение моделей расчёта**

М.В. Рзянин, Е.П. Шабалин,

Объединённый институт ядерных исследований, Лаборатория нейтронной физики им. И.М. Франка,
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, д. 6

В данной работе рассматривается динамика импульса мощности в импульсном реакторе периодического действия с учётом быстрой обратной связи. Расчётный метод включает систему связанных уравнений, основанных на приближении одноточечной кинетики и двух моделях термоупругого поведения топливных стержней: приближении одномерного осциллятора и более реалистичном подходе, учитывающем распространение упругой волны в стержне. Показано, что реалистичный выбор параметров в осцилляторной модели даёт результат, согласующийся с волновой моделью.

Ключевые слова: импульсный источник нейтронов, нептуний-237, ядерный реактор, кинетика, обратная связь реактивности, подкритичность, ядерная безопасность.

УДК 621.039.46

**Разработка редуцированных трёхмерных моделей для нейтронно-физических расчётов
критического стэнда АСТРА**

В.А. Невиница, П.А. Фомиченко, В.Ф. Бояринов, А.А. Зимин,

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

А.Е. Кругликов, Ю.Н. Волков,

НИЯУ МИФИ, 115409, Москва, Каширское ш., д. 31

Выполнено обоснование использования для разработки трёхмерных расчётных моделей критического стэнда АСТРА подхода, основанного на расчётном способе поиска экстраполированной верхней границы активной зоны и учитывающего аксиальную асимметрию сборки, моделирующей ВТГР с кольцевой активной зоной. Ввиду наличия нижнего отражателя и отсутствия верхнего использование для расчётов критическихборок стэнда АСТРА двумерных моделей, основанных на экспериментально определённом баклинге, невозможно, поэтому предложен альтернативный подход, основанный на применении экстраполированной высоты сборки. Продемонстрировано использование этого подхода для расчётного анализа экспериментов по измерению эффективности органов СУЗ.

Ключевые слова: ВТГР, критический стэнд АСТРА, аксиальные распределения скоростей реакций, баклинг, трёхмерные расчётные модели.

УДК 621.039.516.2, 621.039.516.2, 621.039.547.4, 621.039.517
**Применение комплекса UNK в расчётах элементарных ячеек
с гетерогенным размещением топлива по высоте**

*В.Ю. Бландинский, Е.А. Бобров, О.В. Давиденко, Т.Ю. Карпушкин, А.А. Полуновский,
С.В. Цибульский,*

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

Представлены алгоритмы, реализованные в программе вычисления матриц вероятностей первых столкновений (ВПС) нейтронов в трёхмерной геометрии и в программе расчёта поля температуры в ячейке в $R-Z$ -геометрии. Указанные программы входят в состав комплекса UNK. Приведены результаты работы этих программ в части расчёта изменения нуклидного состава и коэффициента размножения нейтронов в процессе выгорания при гомогенном и гетерогенном размещении топлива по высоте твэла.

Ключевые слова: нейтрон, ВПС, гетерогенное размещение топлива, нуклидный состав, теплопроводность, $R-Z$ -геометрия.

УДК 621.039

**Влияние гибридной термоядерной установки, работающей в системе реакторов деления
и синтеза, на топливный цикл**

*Е.А. Андрианова, Е.В. Родионова, С.А. Субботин, Т.Д. Щепетина, А.В. Гурин,
Н.А. Коваленко,*

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

Обсуждаются перспективы альтернативного пути замыкания топливного цикла, исключающего переработку высокоактивного ОЯТ. Суть заключается в потенциальной возможности наработки делящегося изотопа ^{233}U из изотопа ^{232}Th в гибридном термоядерном реакторе (ГТР). Оценены возможность использования гибридной термоядерной установки в качестве наработчика топлива в ядерном топливном цикле и потенциальная потребность системы в гибридных термоядерных реакторах для её замыкания. Смоделирована система, в которой две технологии — деления и синтеза, работая совместно, позволяют избежать трудностей, возникающих в результате независимой реализации каждой из рассматриваемых технологий.

Ключевые слова: термоядерный реактор, термоядерный синтез, ториевый цикл, замкнутый цикл, радиоактивные отходы, торий.

УДК 621.039.5

Легководные реакторы с торий-урановым гетерогенным топливом в ядерной энергетической системе

В.Ю. Бландинский, Е.А. Бобров, О.В. Давиденко, Т.Ю. Карпушкин, С.В. Цибульский,

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

Топливо современных легководных реакторов содержит большое количество ^{238}U . С одной стороны, это позволяет воспроизводить определённое количество топлива даже в тепловом реакторе. С другой стороны, ^{238}U поглощает нейтроны и является источником образования минорных актиноидов. Работа посвящена концепции гетерогенного топлива. В соответствии с этой концепцией делящиеся и сырьевые материалы помещаются в разные топливные таблетки, которые расположены внутри одного и того же твэла водо-водяного реактора. При таком подходе большое количество топливных нуклидов будет концентрироваться в топливных таблетках с высоким обогащением. При использовании топливных таблеток, содержащих микротопливо в графитовой матрице, будет возможно достичь

высокого выгорания, что позволит их выгружать из активной зоны и отправлять на прямую утилизацию без переработки и извлечения продуктов деления. Количество продуктов деления в микровзлах с сырьевым материалом будет уменьшено, что облегчит процесс их переработки. С одной стороны, такой подход позволит производить определённое количество делящегося материала и позволит использовать для его извлечения упрощённую технологию переработки. С другой стороны, в рамках этой концепции можно значительно снизить риски радиационного воздействия на окружающую среду за счёт практически полного сжигания делящегося материала в топливных таблетках и отказа от их переработки. В работе представлены балансы нуклидов за кампанию топлива в уран-плутониевом и ториево-урановом топливных циклах водо-водяного реактора с гетерогенным топливом.

Ключевые слова: гетерогенное топливо, легководные реакторы, уран-плутониевый ЯТЦ, торий-урановый ЯТЦ.

УДК 539.219.1

Локальное нарушение водно-химического режима как причина повышенного окисления оболочек твэлов ВВЭР-1000

А.С. Иванов, А.А. Ковалишин, П.А. Лихоманова, М.Д. Таран,
НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Выполненный анализ показал, что резкое локальное понижение концентрации водорода и соответствующее увеличение содержания радиолитического кислорода могут служить причиной роста оксидного слоя на поверхности оболочек твэлов ВВЭР. Это связано с двумя последовательными по температуре фазовыми переходами в теплоносителе реактора — распадом раствора водорода в теплоносителе вблизи температуры насыщения и последующим фазовым превращением “жидкость—пар”. При этом теплоноситель в некоторых областях может выйти из жёсткого водно-химического режима подавления радиолиза. Выполнено детальное исследование процесса выхода водорода в газопаровые пузырьки вблизи температуры насыщения теплоносителя. Получены распределения концентраций водорода в теплоносителе при наличии пузырьков в условиях, близких к условиям активной зоны ВВЭР. Учтены процессы растворения и диффузии. Показано, что концентрация водорода в теплоносителе может уменьшаться за короткое время на порядки величины. При этом парциальное давление водорода в пузырьках остаётся постоянным.

Ключевые слова: водно-химический режим, теплоноситель, растворимость, водород, диффузия, радиолиз.

УДК 620.193.4

Коррозия оболочек твэлов из аустенитной стали при взаимодействии с нитридным топливом

А.С. Иванов, А.А. Русинкевич, В.А. Русинкевич,
НИЦ “Курчатовский институт”, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

В работе показано, что углерод, присутствующий в составе (U, Pu)N-топлива, может находиться в топливе в несвязанной форме. При этом топливо оказывается источником углерода, который может напрямую влиять на состояние стальной оболочки топливного элемента и его механические характеристики. Влияние несвязанного углерода на стальную оболочку тепловыделяющего элемента заметно в низкотемпературной части рассматриваемого температурного диапазона при максимальном выгорании и максимальных концентрациях примесей углерода и кислорода, т.е. в тех областях, при которых доля несвязанного углерода достигает своих максимальных значений. Показано, что одним из возможных способов снижения влияния углерода на прочностные характеристики стальных оболочек твэлов является блокирование его проникновения в оболочку. Связывание свободного углерода в топливе путём введения в его состав определённого количества эффективных карбидообразующих элементов позволяет подавлять межкристаллитную коррозию стальной топливной оболочки.

Ключевые слова: нитридное ядерное топливо, термодинамика, примеси углерода и кислорода, химическое взаимодействие, карбиды, межкристаллитная коррозия, стальные оболочки.

УДК 621.039.54

Аналитические решения термовязкоупругих уравнений для цилиндрических тел применительно к прогнозированию поведения твэлов энергетических реакторов

Ю.А. Захарко, А.С. Степанов, А.А. Седов,

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

На основе разработанного метода обращения преобразования Лапласа с использованием теории интегралов типа Коши рассматривается решение линейных уравнений термовязкоупругости применительно к осесимметричной задаче бесконечно длинного коаксиального цилиндра. Получение решения линейных уравнений при их использовании для вычислений на ЭВМ наряду с известными преимуществами аналитических выражений открывают принципиальные возможности решения сложных систем нелинейных уравнений термовязкоупругости. Полученные результаты могут быть использованы при анализе и прогнозировании поведения твэлов энергетических реакторов.

Ключевые слова: тепловыделяющий элемент, линейные и нелинейные системы уравнений термовязкоупругости, модель тела Максвелла, энергетический реактор, аналитическое решение.