

возможности эффективного использования свежего низкообогащенного топлива и предложить схему перегрузки, обеспечивающую хорошую глубину выгорания.

Расчетные исследования выполнены в программном коде MCNP6 [1] с помощью двух конфигураций модели реактора ИВГ.1М с топливом высокого и низкого обогащения. Перед началом расчетных исследований с НОУ-топливом была проведена верификация модели по критическим состояниям, которая необходима для ее актуализации [2]. Для этого использовались результаты проведенных ранее пусков реактора с ВОУ-топливом. Были разработаны сценарии перегрузки топлива, и выполнен расчет длительности кампании и изменения запаса реактивности в каждом из них [3]. В качестве начального выбран вариант полной одновременной замены топлива всей активной зоны. Оценена максимально возможная энерговыработка реактора, которая с учетом особенностей его эксплуатации, наличия «йодной ямы» и ограниченной производительности системы охлаждения теплоносителя составляет 1440 МВт×ч/год.

Данная работа была профинансирована Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант № AP08856242 «Оптимизация кампании ядерного топлива реактора ИВГ.1М»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MCNP-5.1.40 Monte-Carlo N-Particle Transport Code; Los Alamos National Laboratory; Los Alamos, New Mexico. – April 24, 2003.
2. Irkimbekov, R.A., Zhagiparova, L.K., Kotov, V.M., Vurim A.D., and Gnyrya, V.S., 2019. Neutronics Model of the IVG.1M Reactor: Development and Critical-State Verification. Atomic Energy, 127, pp. 69-76.
3. Zhanbolatov, O.M., Vurim, A.D., Surayev, A.S., Irkimbekov, R.A., 2022. Development Of Scenarios For Controlling The Fuel Campaign Of The IVG.1M Reactor With Leu-Fuel. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2155, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ УРАН-ТОРИЕВОГО ТОЛЕРАНТНОГО ТОПЛИВА

А.Е. Тихонов, И.Ю. Новоселов, А.Г. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: vir12@tpu.ru

Применение топливных оксидных композиций (ТОК), включающих изотопы торий-232 и уран-238, для ядерных энергетических установок сверхмалой (до 10 МВт) и малой (до 100 МВт) мощности не потребует дорогостоящего изотопного обогащения, но имеет недостаток – низкую теплопроводность [1]. В аварийных ситуациях без охлаждения это приведет к повышению температуры топлива, развитию пароциркониевой реакции оболочек ТВЭЛов и их разрушению. Решением этой проблемы является создание устойчивого к аварийным ситуациям уран-ториевого толерантного ядерного топлива (Accident Tolerant Fuel), включающего диоксиды урана и тория, равномерно распределенные в оксидной матрице с высокой теплопроводностью и малым поперечным сечением поглощения нейтронов.

В отличие от применяемых методов получения ТОК (золь-гель, раздельное получение и механическое смешение), их плазмохимический синтез в воздушно-плазменном потоке из оптимальных по составу диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих органический компонент (спирты, кетоны), имеет следующие преимущества: одностадийность, высокая скорость, гомогенное распределение фаз с заданным стехиометрическим составом, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц, низкие энергозатраты [2].

В работе представлены результаты экспериментальных исследований процесса плазмохимического синтеза модельных оксидных композиций (МОК) из диспергированных растворов ВОНР, включающих ацетон и водные

нитратные растворы неодима (вместо урана), церия (вместо тория) и магния. В ходе исследований проводились лазерная дифракция водных суспензий МОК, сканирующая электронная микроскопия, БЭТ-анализ и рентгенофазовый анализ полученных порошков.

Установлено, что при расходе воды на «закалку» (2,8 кг/с) и частоте диспергатора (50 Гц), увеличение доли матрицы (MgO) с 10 до 30 % в составе МОК «Nd₂O₃-Ce₂O₃-MgO» приводит при различных значениях $\alpha = \text{Nd}_2\text{O}_3/(\text{Nd}_2\text{O}_3+\text{Ce}_2\text{O}_3)$ к снижению размера частиц МОК в водных суспензиях после узла «мокрой» очистки с 9,8 до 9,3 мкм ($\alpha = 0,5$); с 8,9 до 6,8 мкм ($\alpha = 0,6$) и с 6,6 до 4,7 мкм ($\alpha = 0,7$). При этом размер «кристаллитов» в частицах не превышает 70 нм, что подтверждает возможность плазмохимического синтеза наноструктурных топливных оксидных композиций из диспергированных растворов ВОНР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С.В., Зайцев В.А., Толстоухов С.С. Дисперсионное ядерное топливо. – М.: Техносфера, 2015. – 248 с.
2. Novoselov I.Yu., Karengin A.G., Babaev R.G. Simulation of Uranium and Plutonium Oxides Compounds Obtained in Plasma // AIP Conference Proceedings. – 2018. – Vol. 1938, Article number 020016. – p. 1-5.

ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ДЕЗАКТИВАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБКИ И СВАРНОГО ШВА ТВЭЛА ОТ ЧАСТИЦ УРАН-ПЛУТОНИЕВОГО ТОПЛИВА

Д.М. Хорохорин, В.А. Хан, О.Г. Баранов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: dmh1@tpu.ru

Создание двухкомпонентной ядерной энергетики необходимо для решения проблем по обращению с отработавшим ядерным топливом. Использование быстрых реакторов позволяет вовлечь в ядерный топливный цикл большее количество изотопов за счет использования топливных композиций с продуктами переработки ОЯТ. Например, обедненный уран, высокофононовый плутоний и минорные актиниды могут использоваться при производстве оксидного уран-плутониевого топлива. Поэтому ведутся работы по изготовлению мокс-топлива.

Фабрикация мокс-топлива состоит из загрузки трубы в сборе топливными таблетками, формирование внутри твэла заданной газовой смеси и последующая герметизация трубы. При загрузке трубы в сборе топливными таблетками, частицы и пылинки топлива могут оседать на поверхности трубки, а также находится в области механического взаимодействия торца трубки с таблеткой. В процессе герметизации трубы в сборе, частицы уран-плутониевого топлива фиксируются в сварном шве. Таким образом, загрязнение на поверхности твэла в основном состоит из частиц топлива на поверхности, удерживающихся за счет сил адгезии и фиксированных в сварном шве.

Существующие методы сухой дезактивации поверхности твэла не обеспечивают требуемый коэффициент дезактивации и могут приводить к отбраковке продукции. Поэтому актуальна разработка новых методов дезактивации поверхности твэла. Из-за различия по теплофизическим свойствам металлов и оксидных частиц, а также способности поглощать электромагнитную волну с разной эффективностью, возможно селективно испарять фиксированные частицы на пороговых режимах высокоинтенсивным лазерным излучением.

Для экспериментальных исследований лазерной дезактивации трубки твэла из стали ЧС-68 от оксидных частиц уран-плутониевого топлива собрана установка, состоящая из источника импульсного лазерного излучения с активным элементом из YAG:Nd, фокусирующей линзы, позиционирующего устройства. В качестве образцов использованы фрагменты трубки и сварного шва твэла с нанесенной на них радиоактивных пылинок. Поверхность образцов подвергалась воздействию импульсным лазерным излучением с длиной волны $\lambda=1,06$ мкм в режиме свободной генерации. Активность образцов определяли с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра.