

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДИСПЕРСИОННОГО ТОПЛИВА С УГЛЕРОДНОЙ МАТРИЦЕЙ

Зайцев И.К.,¹ Третьякова А.В.²

Научный руководитель: Видяев Д.Г., д.т.н., профессор

¹*Томский политехнический университет,
634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30*

²*ООО «Power Proton», г. Томск*

E-mail: ikz1@tpu.ru

В современной атомной энергетике обычно применяется керамическое ядерное топливо, которое обладает существенным недостатком – низким коэффициентом теплопроводности. Одно из возможных решений этой проблемы – использование дисперсионного ядерного топлива. У такого вида топлива значительно выше коэффициент теплопроводности за счет материала матрицы, что позволяет не только увеличить количество теплоты уносимой теплоносителем, но также и уменьшить термическое напряжение топливной таблетки, а, следовательно, и повысить безопасность применения ядерных энергетических установок. Проведено теоретическое исследование зависимости коэффициента теплопроводности дисперсионного ядерного топлива с углеродной матрицей от содержания делящегося вещества. В качестве делящегося вещества были рассмотрены диоксид урана UO_2 , смешанное уран-плутониевое топливо $(U+Pu)O_2$ и уран-ториевое $(U+Th)O_2$ и их имитаторы. Для определения коэффициента теплопроводности использована модель с замкнутыми включениями с дроблением ячейки адиабатическими (непроницаемыми для линий тока) плоскостями (ВАД). По ней коэффициент теплопроводности дисперсионного топлива λ можно определить по формуле [1]:

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \frac{\nu - (\nu - 1) \cdot (1 - m_2^{2/3}) \cdot m_2^{1/3}}{\nu - m_2^{1/3} \cdot (\nu - 1)}.$$

Здесь, m_2 – объемная концентрация делящегося вещества, ν – отношение коэффициента теплопроводности делящегося вещества к коэффициенту теплопроводности матрицы.

Исследование проведено для содержания делящегося вещества в пределах от 5 % до 20 % в дисперсионном ядерном топливе. Установлено, что коэффициент теплопроводности дисперсионного топлива и топлива из модельных оксидов близки по значениям, что позволяет использовать модельные оксиды для проведения исследований таблеток.

По результатам опытов выявлено, что увеличение содержания делящегося вещества приводит к линейному уменьшению теплопроводности таблетки. Наибольшей теплопроводностью обладает смешанное топливо из урана и тория.

Список использованной литературы

1. Мендоса О., Каренгин А.Г., Новоселов И.Ю., Шаманин И.В. Определение теплофизических свойств композиционного материала с использованием различных моделей // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2017. – № 2. – С. 178–183.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ТАБЛЕТОК ИЗ МОДЕЛЬНЫХ ОКСИДОВ С УГЛЕРОДНОЙ МАТРИЦЕЙ

Зайцев И.К., Видяев Д.Г.

*Томский политехнический университет,
634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ikz1@tpu.ru*

В соответствии с предъявляемыми к ядерному топливу, в том числе дисперсионному, требованиями его физические и химические свойства должны позволять справляться с большой радиационной нагрузкой и высокой температурой в активной зоне ядерного реактора. К важным свойствам также относятся: теплопроводность, глубина выгорания, плотность и множество других. Матрица является одним из компонентов дисперсионного ядерного топлива, обеспечивающим его высокую радиационную стойкость. Основные требования к материалу матрицы – незначительное поглощение нейтронов, высокая температура плавления и теплопроводность, совместимость с топливной композицией и материалом оболочки, устойчивость в условиях реакторного облучения, а также высокие механическими свойствами [1].

В основном делящиеся материалы, используемые в дисперсионном ядерном топливе, представляют собой оксид урана или его смеси с оксидами тория, а также плутония. По причине их повышенной радиоактивности изготовление топливных таблеток и дальнейшее исследование представляется сложной задачей. Поэтому оксиды ThO_2 , UO_2 и PuO_2 в составе таблеток заменяются на имитаторы, которые обладают наиболее близкими к ним свойствами. В качестве имитаторов делящихся материалов можно, соответственно, использовать оксиды CeO_2 , Nd_2O_3 и Sm_2O_3 .

В работе приведены результаты исследования зависимости плотности таблеток от давления прессования, температуры нагрева образ-