

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ БЕЗОБОЛОЧКОВЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КАРБИДНЫХ ТВЭЛОВ

И.И. Дерявко, И.Г. Перепелкин, О.С. Пивоваров, Ю.С. Черепнин
ИАЭ НЯЦ РК

STUDY OF RADIATION STABILITY OF CARBIDE CLADDING-FREE FUEL RODS

I.I. Deryavko, I.G. Perepelkin, O.S. Pivovarov, Yu.S. Cherepnin
IAE NNC RK

Исследовалась радиационная стойкость керамических твэлов из $(U,Zr)C+C$ и $(U,Zr,Nb)C$ с содержанием U-235 от -9 до -18% (масс.) при облучении в ампулах низкопоточного реактора РА в условиях, моделирующих условия эксплуатации таких твэлов на энергетическом режиме малой мощности (РММ) реактора двухрежимной ядерной энергодвигательной установки (ЯЭДУ).

Твэлы, изготовленные в Подольском ГосНИИ НПО "Луч" в форме продольно закрученных пластин длиной 100 мм с шириной лопасти 1,24 мм и диаметром описанной окружности 2,2 мм, испытывались в плотно собранных пучках в нагревных секциях (НС); каждая ампула содержала по семь нагревных секций со 151 твэлом в каждой НС. Режим испытаний: интенсивность облучения $\sim 1.5 \cdot 10^{12}$ тепл.нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$, температура твэлов – в области 900-1700 К, теплоноситель – гелий высокой чистоты под давлением $\sim 0,45$ МПа.

Часть твэлов перед установкой в ампулы прошла предварительную аттестацию по таким параметрам, как длина, диаметр, масса и прочность стержней, а также электросопротивление, период решетки, микротвердость, модуль упругости и состояние микроструктуры топливного материала. Количество предварительно аттестованных твэлов составило около 30% от общего числа испытываемых твэлов в тех ампулах, которые предполагались к разделкам на отдельных этапах длительных реакторных испытаний.

По ходу испытаний выгружено и разделано 14 ампул с наработками от 1 до 4525 ч. Результаты послереакторных исследований состояния твэлов этих ампул указали на высокую радиационную стойкость стержневых безоболочковых карбидных твэлов в условиях испытаний на режиме РММ реактора ЯЭДУ. Выявлено отсутствие изменения массы твэлов и отсутствие поломок стержней (твэлы сохранили целостность даже при максимальной закрутке пучка твэлов в НС, достигавшей 30°). Установлено невысокое распухание ($< 1,5\%$ при $T_{\text{обл}}=1200$ К) и незначительная пластическая деформация (искривление) стержней, причем искривление у твэлов отмечалось только при наработках выше ~ 3000 ч.

Зафиксировано упрочнение твэлов на 20-40% во всем диапазоне наработок выше 10 ч. Показано, что эффект радиационного упрочнения не зависит от температуры облучения, не исчезает после длительного отжига при $T > T_{\text{обл}}$ и обусловлен радиационно-стимулируемым заживлением технологических дефектов в спеченном топливном карбиде.