

Лекция 19.

Цель.

Познакомить слушателей с технологией производства образцов диоксида урана двух партий. Представить характеристики образцов. Рассмотреть основные задачи экспериментальных исследований и аппроксимацию экспериментальных результатов .

План.

1. Технология производства образцов диоксида урана двух партий.
2. Характеристики образцов.
3. Задачи экспериментальных исследований.
4. Аппроксимация экспериментальных результатов .

Образцы диоксида урана.

Изучались образцы диоксида урана двух технологий.

Один тип образцов (тип **c**) по традиционной для реакторов ВВЭР технологии.

Другой (тип **f**) изготовлен во Франции по технологии **DCI** и исследовался в соответствии с межгосударственной программой. Такие образцы, обладая повышенной пластичностью, предназначены для твэлов реакторов, способных работать в режимах покрытия пиковых нагрузок в электросетях.

Задачи экспериментальных исследований

Основной задачей экспериментальных исследований являлось определение влияния механического напряжения и связанной с ним пластической деформации на выход ГПД из облучаемого в канале ядерного реактора образца ядерного топлива.

Исследования проводились на внеканальном облучательном устройстве Каприз-ВТ. Программа испытаний предполагала две серии экспериментов с близкими значениями режимных параметров нагружения образца (плотность нейтронного потока, температура, механическое напряжение).

Серии и последовательность испытаний.

Серии различались исследуемыми образцами и предполагали замену рабочего участка с образцом (тип f) новым (тип c). Временная протяженность каждой серии составляла непрерывный недельный цикл с остановкой реактора в конце недели и загрузкой следующего рабочего участка с образцом (тип c) в начале следующей недели. Каждая серия испытаний включала несколько стационарных температурных режимов, при достижении которых определялся выход ГПД, в начале, при отсутствии механического напряжения на образце, за тем, при последовательном его повышении. При каждом значении напряжения выход ГПД определялся при установившемся значении скорости деформации ползучести. В некоторых случаях выход ГПД фиксировался в конце данного температурного режима после сброса механического напряжения.

Выборка экспериментальных данных (Таблицы для образцов серий f и c)

Проведены выборки (Таблицы для образцов серий f и c) экспериментальных данных, которые включают в себя:

- все температурные режимы обоих образцов.
- выход ГПД при отсутствии механического воздействия на образец.
- рассматривается только выход криптонов.

В таблицах представлены:

- относительный выход криптонов F_0 (отношение выходящего в единицу времени ГПД с внешней поверхности образца к образующемуся в единицу времени ГПД в объёме образца.)
- параметры эксперимента: T – температура (К), $1/t$ – постоянная распада ($1/c$).
- столбцы расчетных операций для определения аппроксимирующей эмпирической зависимости с помощью метода наименьших квадратов.

Примечание: ниже и в дальнейшем в расчетах используется общедоступная программа Statistica 6, линейная и нелинейная её части.

Физические параметры ГПД

Нуклид	90Kr	89Kr	87Kr	88Kr	85mKr	139Xe	137Xe	138Xe	135mXe	135Xe	133Xe
Постоян ная распада 1/с *10(-4)	210	36	1.5	0.69	0.44	170	30	8.2	7.4	0.21	0.015
Выход на деление %	5.1	4.6	2.5	3.6	1.3	5.0	6.1	6.4	1.1	6.6	6.7
Энергия квантов, кэВ (выход %)	22 (33)	221 (19)	403 (50)	196 (26)	151 (75)	175 (19)	455 (31)	258 (31)	526 (80)	250 (90)	80 (36)
Энергия квантов, кэВ (выход, %)	539 (30)	588 (16)			305 (14)	220 (50)		434 (20)			

Нэкс, Низ	V1, T K	V2, 1/t	V3, Fo	V4, 1/T	V5, ln 1/t	V6, ln Fo	V7, Fop
1-85m	1470	0,000043	0,00073	0,000680	-10,031	-7,2224	0,000686
	1470	0,000043	7,3E-4	0,000680	-10,031	-7,2224	0,000686
	1520	0,000043	0,0011	0,000657	-10,031	-6,8124	0,000946
	1520	0,000043	0,0011	0,000657	-10,031	-6,8124	0,000946
	1570	0,000043	2,01E-3	0,000636	-10,031	-6,2096	0,001277
	1570	0,000043	2,01E-3	0,000636	-10,031	-6,2096	0,001277
	1570	0,000043	2,06E-3	0,000636	-10,031	-6,1850	0,001277
	1620	0,000043	0,0023	0,000617	-10,031	-6,0748	0,001693
	1620	0,000043	0,00183	0,000617	-10,031	-6,3034	0,001693
	1670	0,000043	0,00283	0,000598	-10,031	-5,8674	0,002207
	1670	0,000043	0,00274	0,000598	-10,031	-5,8997	0,002207
	1720	0,000043	0,00622	0,000581	-10,031	-5,0799	0,002832
	1720	0,000043	0,00512	0,000581	-10,031	-5,2746	0,002832
14-88	1470	0,000069	0,00037	0,000680	-9,581	-7,9020	0,000481
	1470	0,000069	0,00037	0,000680	-9,581	-7,9020	0,000481
	1520	0,000069	0,00046	0,000657	-9,581	-7,6842	0,000663
	1520	0,000069	0,00055	0,000657	-9,581	-7,5055	0,000663
	1570	0,000069	0,00069	0,000636	-9,581	-7,2788	0,000895
	1570	0,000069	0,00046	0,000636	-9,581	-7,6842	0,000895
	1570	0,000069	0,00069	0,000636	-9,581	-7,2788	0,000895
	1620	0,000069	0,00064	0,000617	-9,581	-7,3540	0,001186
	1620	0,000069	0,00059	0,000617	-9,581	-7,4353	0,001186
	1670	0,000069	0,00073	0,000598	-9,581	-7,2224	0,001546
27-87	1670	0,000069	0,00073	0,000598	-9,581	-7,2224	0,001546
	1720	0,000069	0,0011	0,000581	-9,581	-6,8124	0,001984
	1720	0,000069	0,001	0,000581	-9,581	-6,9077	0,001984
	1470	0,000149	0,00027	0,000680	-8,804	-8,2170	0,000260
	1470	0,000149	0,00041	0,000680	-8,804	-7,7993	0,000260
	1520	0,000149	0,00037	0,000657	-8,804	-7,9020	0,000358
	1520	0,000149	0,00055	0,000657	-8,804	-7,5055	0,000358
	1570	0,000149	0,00064	0,000636	-8,804	-7,3540	0,000484
	1570	0,000149	0,00046	0,000636	-8,804	-7,6842	0,000484
	1570	0,000149	0,00051	0,000636	-8,804	-7,5810	0,000484
	1620	0,000149	0,00071	0,000617	-8,804	-7,2502	0,000642
	1620	0,000149	0,00056	0,000617	-8,804	-7,4875	0,000642
	1670	0,000149	0,00091	0,000598	-8,804	-7,0020	0,000837
	1670	0,000149	0,00091	0,000598	-8,804	-7,0020	0,000837
	1720	0,000149	0,00187	0,000581	-8,804	-6,2818	0,001074
	1720	0,000149	0,00165	0,000581	-8,804	-6,4069	0,001074

Характеристики образца серии f и выход криптонов.

Тип f.

Образец - цилиндрическая втулка
(диоксид урана),
радиус наружный 0,38 см,
внутренний 0,07 см,
высота 1,02 см.

Эквивалентный радиус образца
– R = 0,474 см.

Геометрическая поверхность образца
 $3,76 \text{ см}^2$

Геометрический объём образца
 $v = 0,447 \text{ см}^3$

Радиус зерна $a = 0,00113 \text{ см}$

Плотность - $10,3 \text{ г/см}^3$

Теоретическая пористость
– $\varepsilon = 0,0636$

Плотность делений в образце
– $10^{12} \text{ 1/см}^3 \text{ с}$

Аппроксимация выходов криптонов из образца серии f

Для аппроксимации экспериментальных результатов используется уравнение:

$$F_o = A * [(1/t)**n] * \text{Exp}(-Q/T) \quad (1)$$

После логарифмирования имеем линейное соотношение:

$$\text{Log } F_o = \text{Log } A + n * \text{Log}(1/t) - Q/T \quad (2)$$

Обработка результатов даёт для образца тип f:

$$F_o = [0,00423 / (1/t)**0,79] * \text{Exp}(-14330/T) \quad (3)$$

Пространственный график представлен на рис.3.

Соотношения (3) даёт зависимость от постоянной распада (1/t) в степени (- 0,79) .

Значения степени не соответствует показателю степени (- 0,5), характерного для одностадийной диффузии.

	Нэкс. Низ.	V2.T	V3.Fo	V4.1/t	V5.1/T	V6 Inv3	V7.ln1/t	V8.F0p
1	37,85	1470	0,0094	0,000044	0,000680	-6,96963	-10,031	0,00959
2	88	1470	0,0045	0,000069	0,000680	-7,70626	-9,5814	0,00603
3	87	1470	0,0026	0,00015	0,000680	-8,25482	-8,8048	0,00271
4	41,85	1570	0,024	0,000044	0,000636	-6,03228	-10,031	0,01650
5	88	1570	0,0074	0,000069	0,000636	-7,20886	-9,5814	0,01039
6	87	1570	0,0058	0,00015	0,000636	-7,45248	-8,8048	0,00467
7	45,85	1670	0,0514	0,000044	0,000598	-5,27070	-10,031	0,02663
8	88	1670	0,0118	0,000069	0,000598	-6,74224	-9,5814	0,01676
9	87	1670	0,011	0,00015	0,000598	-6,81244	-8,8048	0,00754
10	50,85	1770	0,041	0,000044	0,000564	-5,49676	-10,031	0,04069
11	88	1770	0,0137	0,000069	0,000564	-6,59294	-9,5814	0,02561
12	87	1770	0,012	0,00015	0,000564	-6,72543	-8,8048	0,01152

Характеристики образца серии С и выход криптонов.

Тип с.

Образец - сердечник твэла
(диоксид урана), радиус наружный
0,375 см, внутренний 0,07 см,
высота 1,26 см.

Эквивалентный радиус образца –
 $R = 0,504$ см.

Полная геометрическая
поверхность образца $4,37\text{см}^2$

Полный геометрический объём
образца $v = 0,536\text{см}^3$

Радиус зерна $a = 0,00075\text{см}$

Плотность - $10,4\text{ г/см}^3$

Теоретическая пористость – $\varepsilon =$
 $0,0546$

Плотность делений в образце – 8
 $\cdot 10^{11}\text{ 1/см}^3\text{с}$

Аппроксимация выходов криптонов из образца серии с

Для аппроксимации экспериментальных результатов используется уравнение:

$$Fo = A * [(1/t)**n] * \text{Exp}(-Q/T) \quad (1)$$

После логарифмирования имеем линейное соотношение:

$$\text{Log } Fo = \text{Log } A + n * \text{Log}(1/t) - Q/T \quad (2)$$

Обработка результатов даёт для образца типс:

$$Fo = [0,0016 / (1/t)**1,03] * \text{Exp}(-12536/T) \quad (4)$$

Пространственный график представлен на рис.4.

Соотношения (4) даёт зависимость от постоянной распада (1/t) в степени (- 1,03)

Значения степени не соответствует показателю степени (- 0,5), характерного для одностадийной диффузии.