# Конспект занятия 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 .

Изучались образцы диоксида урана двух технологий. Один тип образцов (тип с) 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.

Характеристики образцов следующие:

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 4,37cм2

Полный геометрический объём образца v = 0, 536 cм3

Радиус зерна а = 0,00075см

Плотность - 10,4 г/см3

Теоретическая пористость – ε = 0,0546

Плотность делений в образце – 8 ·1011 1/cм3с

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.

Полная геометрическая поверхность образца 3,76cм2

Полный геометрический объём образца v = 0,447 cм3

Радиус зерна а = 0,00113см

Плотность - 10,3 г/см3

Теоретическая пористость – ε = 0,0636

Плотность делений в образце – 1012 1/cм3с

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 различались исследуемыми образцами и предполагали замену рабочего участка с образцом (тип **f**) новым (тип **с**). Временная протяженность каждой серии составляла непрерывный недельный цикл с остановкой реактора в конце недели и загрузкой следующего рабочего участка с образцом (тип **с**) 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.

Проведена выборка (Таблицы № 1,2) экспериментальных данных, которая включает 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 *Fo* (отношение выходящего в единицу времени ГПД с внешней поверхности образца к образующемуся в единицу времени ГПД в объёме образца.)

- параметры эксперимента: Т – температура (К), 1/t – постоянная распада (1/с).

- 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.

Для аппроксимации экспериментальных результатов используется уравнение:

Fo= A\*[(1/t)\*\*n]\*Exp(-Q/T) **(1)**

После логарифмирования имеем линейное соотношение:

Log Fo = Log A + n\*Log(1/t) - Q/T **(2)**

Обработка результатов даёт:

- для образца тип **f**:

Fo= [0,00423**/** (1/t)\*\*0,79]\*Exp(-14330/T) **(3)**

- для образца тип **с**:

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

Пространственные графики представлены на рис. 3, 4 для обоих образцов.

Соотношения **(3)** и **(4)** дают зависимость от постоянной распада (1/t) в степенях (- 0,79) и (- 1,03) для типов образцов **f** и **с** соответственно. Оба значения степени не соответствуют показателю степени (- 0,5), характерного для одностадийной диффузии.

.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Nэкс. Nиз.** | **V2.T** | **V3.Fo** | **V4.1/t** | **V5.1/T** | **V6 lnv3** | **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 |





|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Нуклид | 90Kr | 89Kr | 87Kr | 88Kr | 85mKr | 139Xe | 137Xe | 138Xe | 135mXe | 135Xe | 133Xe |
| Постоянная  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) |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nэкс,Nиз** | **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 |
|  | 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 |
| **27-87** | 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 |