# Конспект занятия 23.

## Цель.

Ввести предположение о равенстве зернограничных параметров переноса в низкотемпературной и высокотемпературной области для образца **с** (Топливо ВВЭР) .Рассмотреть связи (аналитическая и графическая форма) между параметрами переноса и влияние на них указанного выше предположения. Представить численные значения параметров переноса и погрешности их восстановления. Сопоставить полученные результаты с данными других авторов.

## План.

1. Предположение о равенстве зернограничных параметров переноса в низкотемпературной и высокотемпературной области для образца **с** (Топливо ВВЭР) .

2. Связи (аналитическая и графическая форма) между параметрами переноса

3. Численные значения параметров переноса и погрешности их восстановления.

Предположим, что коэффициент зернограничной диффузии в уравнении (40) равен значению *Dgbc* для высокотемпературных испытаний, а величина **р ~ξс** (межзеренный объём пропорционален объёму зернограничной диффузии, такая «нестрогая» замена предполагает в дальнейшем соответствующую компенсацию при использовании статистики) , тогда уравнение (40) будет иметь следующий вид:

 (41)

Подставляя в уравнение (41) известные значения параметров и обработав экспериментальные результаты работы [37], получим следующее уравнение:

ξс  = 0,35 / (*mc)1/6* (42)

Зависимости параметров переноса от величины m представлены на графиках (Рис.8-11).

Уравнения (42) и (30) позволяют выразить все диффузионные параметры через  *mf  и mc*:

***Dgbc 0= 0.1225\*10-8\*(mc)1/3***

***DLc0 = 0.1225\*10-8/(mc)2/3***

**ξс = 0,35/(*mc)1/6***

***Dgbf0 = 1.18\*10-9\*(mf2/mc)2/3***

***DLf0 = 1,18\*10-9/(mc)2/3***

***ξf = 0,0044\*(mf /mc)***

При *mf = mc = 1000* диффузионные параметры принимают следующие значения:

*QLc =* 21493 K → (1,86 ± 0,07) эв

*DLc0* = (0.12 ± 0,004)\*10-10 см2с-1

ξс = 0,11 ± 0,007

*Qgbc =* 3589K → (0,31 ± 0,02) эв

*Dgbc0* = (0.12±0,003)\*10-7 см2с-1

*QLf =* 21493 K → (1,86 ± 0,07) эв

*DLf0 =* (0,12 ± 0,004)\*10-10 см2с-1

*ξf =* 0,004 ± 0,0002

*Qgbf =* 17903 K → (1,54 ± 0,07) эв

*Dgbf0* = (1,18 ± 0,07)\*10-7 см2с-1

Погрешности представленные в выше приведенных уравнениях рассчитаны при сопоставлении параметра с зависимостью Fgb (T, λ) , полученной при обработке экспериментальных данных по методу наименьших квадратов, уравнения (3) и (4). При непосредственном сопоставлении с экспериментальными данными погрешности увеличиваются почти на порядок.

Коэффициенты диффузии для образцов с и f в интервале температуры 1400 - 1800 К рассчитываются с помощью следующих уравнений:

- образец с:

DLc = DLc0\*Exp (- *QLc*/kT) = (0.12\*10-10)\**Exp* (- 1,86/ kT)

*Dgbc= Dgbc0\*Exp (- Qgbc/kT) = (0.12\*10-7)\*Exp* (- 0,31/kT)

- образец f:

*DLf = DLf0\*Exp (- QLf/kT) = (0.12\*10-10)\*Exp (- 1,86/ kT)*

*Dgbf = Dgbf0\*Exp(- Qgbf/kT) = (1.18\*10-7)\*Exp (- 1,54/kT)*

В этих соотношениях:

- коэффициенты диффузии [D] = *см2с-1*

- энергии активации [Q] = эв

- температура [T] = K

- к = 0,863\*10-4 эв/К – постоянная Больцмана.

Заключение.

В основу моего дипломного проекта по определению параметров переноса ГПД в диоксиде урана в процессе его облучения в ядерном реакторе положен весьма общий подход - феноменологическое рассмотрение процесса диффузии продуктов деления. Этот принцип изначально предполагает использование математического аппарата в однородной среде, с учетом фундаментальных физических законов с последующей опорой на экспериментальные результаты для нахождения физических параметров вещества. Полученные таким образом физические параметры могут быть в последствии использованы для решения более сложных практических задач. Если говорить конкретно о теме дипломного проекта, то представленные в работе результаты позволяют определить радиационно-стимулированные параметры переноса, существенно отличающиеся от соответствующих аналогов, получаемых вне поля облучения. Эти параметры могут быть использованы в программах расчета твэлов ядерных реакторов и при рассмотрении нестационарных явлений в твэлах.

В основу предложенной модели двухстадийного переноса ГПД включены положительные (с нашей точки зрения) качества предыдущих моделей. Предварительные расчеты, не рассматриваемые в проекте, показали, что использование общего решения стационарной задачи двухстадийной диффузии в стандартной программе нелинейной статистики либо не приводит к получению однозначных результатов, либо слишком сложно для стандартной программы из-за большого количества определяемых параметров. Так для решения аналогичной задачи в работах Елмановой в 90-е годы была разработана специальная программа, которая по утверждению автора справлялась с четырьмя параметрами, но требовала дополнительных связей между параметрами, если их было более четырех, при этом расчеты проводились только с одним радиоактивным изотопом.

Представленные для обработки в рамках проекта экспериментальные результаты по выходу ГПД из двух исследованных образцов, в зависимости от постоянной распада, весьма близко соответствовали двум частным случаям, вытекающим из аналитической модели. Это обстоятельство было использовано в работе.

Аналитические решения, использованные в работе, обладают значительной неопределенностью - это сомножители, каждый из которых должен иметь собственное значение, а их произведение соответствовать экспериментально полученной величине. Любые дополнительные экспериментальные или теоретические результаты для исследуемого материала способны снизить степень неопределенности.

При разработке методики восстановления параметров переноса ГПД по экспериментальным данным, кроме аналитических уравнений, описывающих экспериментальные результаты, использовались следующие дополнительные гипотезы:

- объёмный коэффициент диффузии для обоих образцов одинаков.

- энергии активации зернограничной диффузии меньше объёмных.

- множитель перед экспонентой зернограничного коэффициента диффузии в 103 - 106 больше аналогичного значения для объёмной и одинаков для образцов с и f.

- низкотемпературные результаты исследований на образце с подчиняются закону одностадийной зернограничной диффузии с экстраполяцией параметров диффузии в область низких температур.

Указанные выше предположения позволили выразить 10-ть параметров переноса ГПД для рассматриваемой системы через один параметр m , который может меняться в интервале значений 103 - 106.

Выбор параметра m = 103 можно обосновать следующим образом. Полученное в нашей работе значение энергии активации объёмной диффузии *QL=*21493 К ГПД практически совпадает с энергией активации радиационно-стимулированного коэффициента объёмной диффузии ГПД по механизму вытеснения междоузельных ионов при диффузии ГПД в коаксиальной зоне трека , которая составляет 22620 К по расчетам представленным в работах [35, 36]. Если предположить, что указанный механизм переноса ГПД действительно действует, то должны быть близки и множители перед экспонентами в коэффициентах объёмной диффузии. Наиболее близкие значения наблюдаются при m=103.





