

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛУЧЕННОГО УРАН- ЦИРКОНИЕВОГО ТОПЛИВА.

Е.Н. Познырев¹, К.Б. Казенов²

² Московский государственный институт электроники и математики НИУ ВШЕ;

¹ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

E-mail: poznar12@rambler.ru

Ядерная энергетика является в настоящее время неотъемлемой составляющей мировой энергетической системы. Причинами, определяющими неизбежность использования АЭС, являются: ограниченность запасов органического топлива, трудности и большие затраты при его добыче, высокая стоимость транспортировки, отрицательное экологическое воздействие тепловых электростанций. Атомные электростанции, при обеспечении их безопасности, оказывают существенно меньшее отрицательное экологическое воздействие. Кроме того, уже накоплены значительные количества ядерного топлива, освобождается большое количество делящихся материалов при сокращении ядерного оружия. Хранить эти запасы дорого и опасно, наиболее рациональный способ их использования - сжигание в ядерных энергетических реакторах. [1]

Одной из неизменных компонент ядерной энергетики в целом является так называемая «малая» ядерная энергетика. Этот термин включает в себя энергетические реакторы относительно небольших размеров, имеющие небольшую мощность. Основной областью применения реакторов малой энергетика является транспорт. Однако, в последнее время ведется активная разработка так называемых плавучих атомных электростанций малой мощности. Основным элементом ядерного реактора является тепловыделяющий элемент - ТВЭЛ, представляющий собой ядерное топливо, заключенное в герметичную оболочку. [2,3]

Исследуемые образцы были вырезаны из ТВЭЛОВ, облученных в составе экспериментальной топливной сборки. Достигнутое среднее накопление продуктов деления составило 0.335 г/см^3 . Образцы в виде таблеток диаметром 3 мм, толщиной 1 мм и массой около 50 мг для измерений теплофизических свойств были вырезаны из ТВЭЛОВ на электроэрозионном станке, установленном в «горячей» камере.

Измерения теплофизических свойств проводились в 4 этапа:

1. Измерение плотности.

Измерения проводились гидростатическим методом при комнатной температуре, погрешность измерений составила 0.2%

2. Измерение удельной теплоемкости.

Метод основан на сравнении термических свойств исследуемого образца и термически инертного вещества, принятого за эталон. Регистрируемым параметром является разность температур тигля с образцом (эталон) и пустого тигля, измеряемая в процессе нагревания или охлаждения образца и

эталона с заданной постоянной скоростью, при этом оба тигля нагреваются одновременно общим нагревателем.

3. Измерение коэффициента температуропроводности.

Измерения температуропроводности проводится на лазерной термоимпульсной установке с помощью метода Паркера.

Суть метода Паркера состоит в том, что короткий импульс лучистой энергии поглощается в тонком слое фронтальной поверхности плоского образца. Вызванное этим возмущение температуры регистрируется на тыльной поверхности образца с помощью термопары или фотодатчика. Полученная информация в этом случае содержит данные, связанные с коэффициентом температуропроводности и теплоемкостью материала образца.

4. Вычисление коэффициента теплопроводности.

Теплопроводность вычислялась для 15 значений температуры в диапазоне 20 – 1000 °С. Теплопроводность вычислялась по формуле:

Температура, °С Режим нагрева.	Теплопроводность, λ , Вт/м·К.			
	(A22) 0.45 г/см ³	(X60) 0.23 г/см ³	(X69) 0.46 г/см ³	Необлученный
20	10,89	11,24	6,56	10,28
100	11,54	11,28	6,60	10,38
200	11,96	10,55	6,53	10,86
300	13,36	10,50	8,84	9,49
400	6,47	1,89	2,29	10,25
500	12,35	10,18	4,90	10,02
580	62,37	76,75	57,60	11,74
590	87,68	98,27	80,45	13,58
600	34,03	18,21	12,10	18,60
610	24,86	19,00	11,85	70,00
620	24,76	19,28	14,38	124,20
700	27,76	20,57	20,45	13,79
800	24,17	27,74	24,71	11,67
900	12,28	14,15	8,73	10,02
1000	5,42	8,04	3,01	13,78

Температура, °С Режим охлаждения.	Теплопроводность, λ , Вт/м·К.			
	(A22) 0.45 г/см ³	(X60) 0.23 г/см ³	(X69) 0.46 г/см ³	Необлученный
20	4,94	5,40	3,49	7,55
100	5,16	5,53	3,09	8,47
200	5,39	6,14	2,68	8,41
300	6,28	7,67	2,43	9,07
400	7,31	10,15	2,16	10,43
500	23,50	48,70	17,71	11,31
580	10,48	12,82	1,46	83,85
590	10,65	12,70	1,16	40,03
600	10,88	12,31	0,79	17,54
610	10,88	12,94	0,95	14,02
620	11,30	13,01	0,35	13,97
700	13,17	13,49	0,32	18,01
800	13,77	12,51	0,72	21,14
900	12,31	9,67	1,12	7,55
1000	12,10	9,43	1,08	8,47

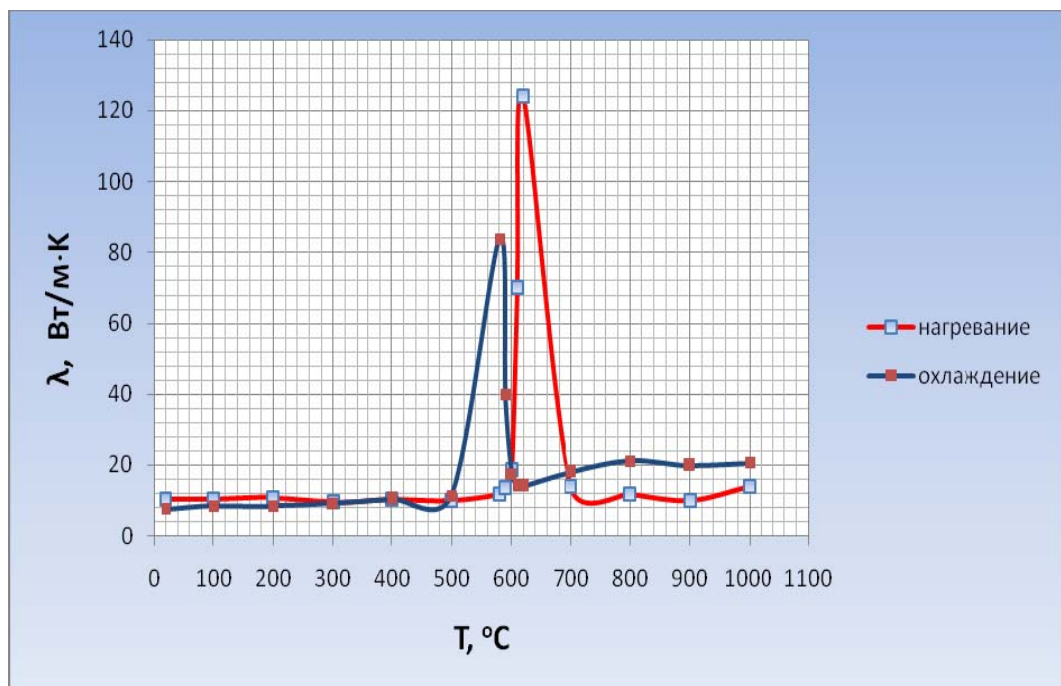


Рис.1 Коэффициент теплопроводности необлученного топлива Zr-38%U

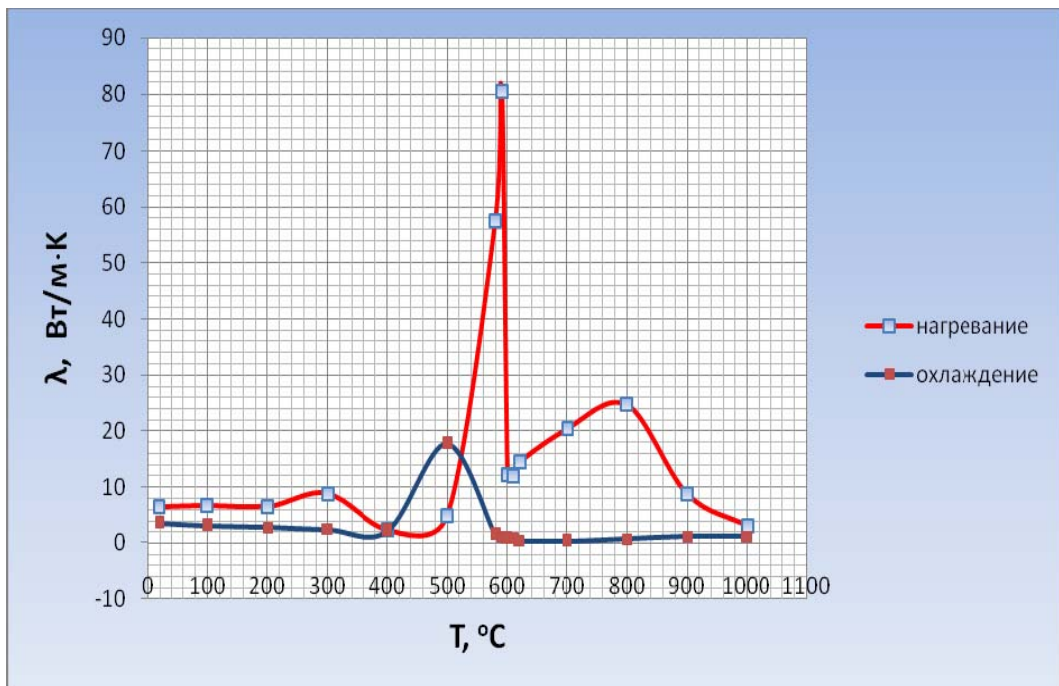


Рис.2 Теплопроводность Zr-38%U, облученного до 0.46 г/см^3 (X69).

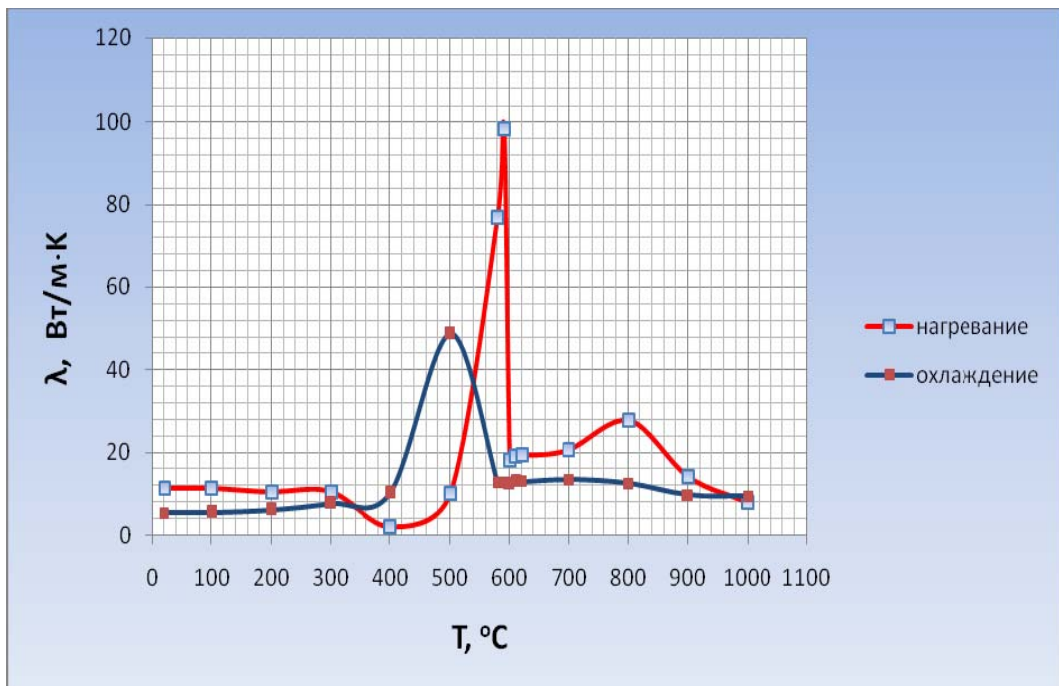


Рис.3 Теплопроводность Zr-38%U, облученного до 0.23 г/см^3 (X60).

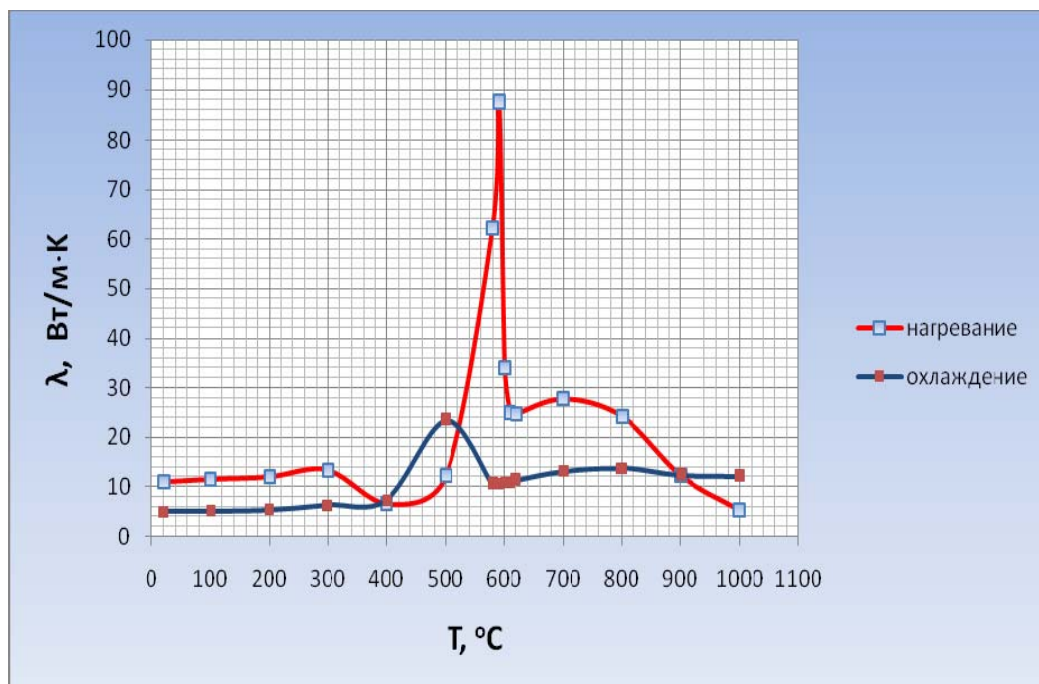


Рис.4 Теплопроводность Zr-34%U топлива, облученного до 0.45 г/см^3 (A22).

При исследовании теплофизических характеристик образцов облученного и необлученного топлива установлено, что в диапазоне рабочих температур топлива ($300 - 500 \text{ }^\circ\text{C}$) коэффициент теплопроводности сплавов Zr-38%U, Zr-34%U уменьшается при облучении. При этом данные изменения более существенны в образцах с наиболее высоким уровнем выгорания и содержания урана.

1. Велихов Е.П. «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ НА РУБЕЖЕ ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ». Выступление Президента РНЦ "Курчатовский институт" академика Е. П. Велихова на торжественном заседании Ученого Совета, посвященного 98-й годовщине со дня рождения основателя Института академика И. В. Курчатова. 12 января 2001 г.
2. Самойлов.А.Г. и др. Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1996.
3. Кузнецов В.А. "Судовые ядерные энергетические установки. Конструкция и особенности эксплуатации." Л., Судостроение, 1989.