

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СПЕКАЕМОСТИ ПОРОШКОВ ДИОКСИДА ПРИРОДНОГО УРАНА $UO_2$ ПО АДУ ТЕХНОЛОГИИ

Тлеукунов Е.О

Научный руководители: Каренгин А.Г., к. ф-м. н., доцент, Русин Ю.Г., к. ф-м. н  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

Email: [Erick\\_090@mail.ru](mailto:Erick_090@mail.ru)

### Аннотация

В данной работе исследованы физико-химические и технологические свойства порошков природного урана, полученных по технологии АДУ. В связи с выбранными режимами были рассчитаны характеристики порошков двуокиси урана, а так же исследованы свойства спекаемости таблеток урана  $UO_2$ .

### Введение

Одной из приоритетных задач на сегодняшний день является снижение себестоимости продукции. Одним из направлений снижения себестоимости является удешевление процесса спекания таблеток, а именно – снижение температуры спекания и увеличение производительности [1]. Этого можно достигнуть, увеличивая активность к спеканию исходных порошков. Как показывают многочисленные исследования, мерой активности порошков  $UO_2$  к спеканию может служить величина их удельной поверхности. Однако получение порошков  $UO_2$  с высокой удельной поверхностью сопряжено с вероятностью их неконтролируемого окисления на воздухе, в результате которого помимо потери керамических свойств, происходит и фазовое превращение  $UO_2$  до высших окислов [2].

### Экспериментальная часть

Для определения плотности топливных таблеток использовался метод гидростатического взвешивания без проникновения воды в поры. Данный метод основан на определении объёма таблеток путем определения «сухой» массы таблетки ( $D_{\text{сух}}$ ) и результата взвешивания «сухой» таблетки в воде. Определение «сухой» массы таблеток проводилось следующим образом: таблетки протирались тканью (бязью), смоченной в спирте и высушивались в печи при температуре 100-110 °С в течение одного часа. После сушки таблетки охлаждались до комнатной температуры и определялась их «сухая» масса при помощи весов ВЛР-200 [3,4]. Далее производилось взвешивание «сухой» таблетки в дистиллированной воде. Из порошков  $UO_2$ , полученных по АДУ-технологии, с характеристиками, представленные в таблице 1, были отпрессованы таблетки на лабораторном прессе ПФ-10. Определение плотности прессовок производилось расчетно-весовым методом с измерением высоты каждой прессовки микрометром МК-25 и ее веса на весах. Также плотность определялась путем измерения длины столба из десяти таблеток на ложементе-линейке и веса столба из десяти таблеток на весах. Формула для определения плотности:  $\rho = \frac{13,70 \cdot m}{h - 0,76}$ , где  $m$  –

масса одной навески;  $h$  – высота таблетки; 13,70 и 0,76 – переводные коэффициенты [5,6,7].

Таблица 1. Результаты полученные по АДУ – технологии с данными характеристиками

№	1	2	3	4	5
Кислородный коэффициент (отношение O/U)	2,0	2,03	2,04	2,04	2,03
X - массовая доля урана	87,6	87,7	87,7	87,7	87,7
Насыпная плотность порошков	2,2	2,20	2,3	2,24	2,30
Текучесть	5	3	5	6	5
Удельная поверхность, $m^2/g^*$	4,2	4,3	3,9	4,4	3,9

Диаметр матрицы составляет 9,72 мм. Давление лежит в пределах 17,2 – 23 кгс·см<sup>2</sup>. При вводе измеренных данных (массы и высоты) каждой из десяти таблеток в формулу нахождения плотности, получаем значения, которые сводим в таблицы 2.

Таблица 2. Результаты измерений и вычислений

№	P, кгс·см <sup>2</sup>	m, г	h, мм	$\rho, g/cm^3$
1	22,3	5,05	12,32	5,98
2	23,0	5,00	12,28	5,94
3	18,0	4,90	12,00	5,97
4	17,2	4,90	12,00	5,97
5	20,8	5,03	12,29	5,97
Среднее	<b>20,12</b>	<b>4,96</b>	<b>12,15</b>	<b>5,97</b>

Из данных таблицы, исходя из среднего значения, можно сделать вывод, что плотность прессовки составляет 5,97 г/см<sup>3</sup>. Тест на спекаемость проводили в цеховых условиях в колпаковой печи на следующем режиме:

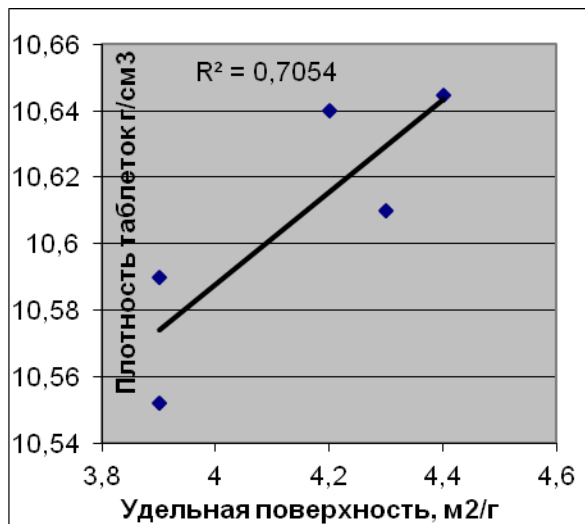
- скорость подъема температуры 300 °С/час;
- температура спекания 1750 °С;
- время спекания - 3 часа;

- атмосфера – водород;
- скорость охлаждения- 300 °С/час;

Результаты измерения плотности спеченных таблеток следующие:

№ 1-10,64; № 2-10,61; № 3-10,55; № 4-10,64; № 5-10,59.

Проведен анализ влияния характеристик порошков на их спекаемость. Результат представлен в графическом виде на рисунке 1.



То есть аналогичным образом спекаемость будет изменяться прямо пропорционально удельной поверхности таблеток.

Из рисунка видно, что наибольшее влияние на плотность таблеток оказывает величина удельной поверхности исходных порошков. Влияние остальных характеристик не выявлено, поскольку их величины имеют достаточно близкие значения.

#### Заключение и выводы

Представлены методики для поиска оптимальных режимов изготовления топливных таблеток и получены результаты, позволившие стабилизировать качество таблеток по параметрам: плотность после спекания, доспекаемость, внешний вид, микроструктура. Таким образом, проведенные исследования показывают, что таблетки ядерного топлива, выполненные в соответствии с вариантами изобретения, существенно превосходят стандартное топливо по показателю пластичности и соответствуют другим основным требованиям, предъявляемым к ядерному топливу. Практическое использование предлагаемого топлива позволит существенно повысить надежность твэлов при работе атомных

электростанций в маневренных режимах и повысить глубину выгорания. Результаты измерения плотности спеченных таблеток следующие значения:

- № 1-10,64;
- № 2-10,61;
- № 3-10,55;
- № 4-10,64;
- № 5-10,59.

В ходе проделанной работы выявлено, что плотность прессовки таблеток двуокиси природного урана составило 5,97 г/см³. Наибольшее влияние на плотность таблеток оказывает величина удельной поверхности исходных порошков. Влияние остальных характеристик не выявлено, поскольку их величины имеют достаточно близкие значения.

По данной работе можно сформулировать следующие выводы:

1. Установлено, что факторы, такие как насыпная плотность, текучесть, удельная поверхность порошка диоксида урана влияют на качество спеченных таблеток.
2. Определен набор свойств исходных порошков, методы диагностики и способы устранения недостатков, влияющих на характеристики порошка.
3. Были рассчитаны насыпная плотность и текучесть порошков диоксида природного урана.

#### Список используемой литературы:

1. Патент США № 5066429 C01G 043/00. Метод пассивации оксидов урана контролируемым окислением и получение устойчивого продукта окисления. 19.11.1991
2. Патент США № 5069888 C01G 43/00. Процесс пассивации оксидов урана 03.12.1991
3. Патент США № 4751098 B05D 001/08. Доокисление частично окисленных порошков. 14.06.1988
4. Н.М.Воронова, Р.М.Софронова, Е.А.Войтехова. Високотемпературная химия оксидов урана. М., Атомиздат, 1971
5. Кислородные соединения урана. М., Атомиздат, 1972
6. Краткая химическая энциклопедия. М., «Советская энциклопедия», 1967
7. Патент США № 4617158 621 F 009/16; B22F001100 В 22F003/12. Процесс обработки порошков оксидов металлов. 14.10.1986