

# Методы получения МОКС топлива

МОКС-топливо (МОХ-топливо) – это ядерное топливо, состоящее из смеси диоксидов урана и плутония.

Причины использования:

- 1) сжигание избыточного плутония;
- 2) сжигание урана, непригодного для использования в тепловых реакторах.

# Шесть технологических режимов изготовления таблеток $(U,Pu)O_2$ –топлива:

- Процесс с использованием механического смешивания и совместного размола порошков оксидов урана и плутония
- Золь-гель метод
- Карбонатный способ
- Совместное осаждение с гидроксидом аммония
- Плазмохимическая конверсия
- Пироэлектрохимический метод

## **Процесс механического смешивания. Порошковый метод.**

Порошки оксидов урана и плутония 70 и 30 % по массе совместно измельчают в шаровой мельнице. При этом можно производить корректировку изотопного состава. Затем смесь прессуют в таблетки (с использованием пластификатора), спекают, полируют, проводят аттестацию. Далее таблетки идут на изготовление ТВЭЛов.

## Золь-гель метод

Золь-гель метод был разработан, чтобы исключить пыление порошков ЯТ. Были выявлены недостатки процесса, связанные с нестабильностью физико-химических характеристик и структуры образующегося топливного материала, что затрудняло процессы прессования и спекания, наблюдался повышенный процент брака.

## Карбонатный способ

- Карбонатный способ связан с получением при осаждении соединения  $(\text{NH}_4)_2(\text{U, Pu})\text{O}_2(\text{CO}_3)_3$ . Сначала плутоний переводят в Pu(VI), далее производят дозирование осадителя  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  к U и Pu, получают осадок, который сушат и прокаливают при  $600^\circ\text{C}$ .
- Полученные порошки имеют хорошие керамические и физико-химические характеристики, но порошки имеют высокий уровень пыления.

## Совместное осаждение с гидроксидом аммония

При добавлении  $\text{NH}_4\text{OH}$  в раствор, содержащий уран и плутоний, образуется диуранат аммония и  $\text{Pu}(\text{OH})_4$ . Осадок высушивают и прокаливают при температуре  $400^\circ\text{C}$  в аппарате с псевдоожиженным слоем. Затем нагревают в восстановительной среде (6%  $\text{H}_2$  и 94%  $\text{N}_2$ ). Для стабилизации свойств порошка требуется дополнительная обработка в атмосфере  $\text{CO}_2$  при  $500^\circ\text{C}$ .

# Плазмохимическая конверсия

Плазмохимическая конверсия основана на высокотемпературной денитрации нитратов урана и плутония. Установка «Зенит», 34 кг МОХ-топлива для БН-600.

Достоинства:

1. высокая производительность;
2. отсутствие операций фильтрации, промывки, сушки и др. операций с тепловой обработкой.

Недостатки : высокая дисперсность порошков, склонных к адгезии и когезии, плохо текучих. Отсюда необходимость предварительного гранулирования материала и эффективная газоочистка



# Пироэлектрохимический метод

Метод основан на электролизе расплава солей и включает операции:

- растворение оксидов урана и плутония в расплаве солей NaCl – CsCl при 600-650 °С;
- электролиз расплава в электролизере с соосаждением диоксидов на катоде;
- отделение катодного осадка и размельчение;
- промывка (удаление остатков солей) и сушка;
- рассеивание и отбор определенных фракций гранулята;
- добавление порошкообразного урана (в качестве геттера-газопоглотителя);
- виброупаковка топлива в ТВЭЛ.

# Разработка методов по производству МОХ-топлива в России.

Технология	Место разработки	Реактор, год загрузки	Число сборок или масса Pu, кг
Совместное измельчение	г. Димитровград, 70 гг.	БОР-60, 1973	Несколько десятковборок
Пирометаллургия		БОР-60, 1975г.	Несколько сотенборок
Карбонатное осаждение	ПО «Маяк», 80гг. г. Димитровград, 70 гг.	БОР-60, 1980г.	10 борок
Плазмохимия	Г. Москва, 1980г.	БОР-60, 1981г.	2 ТВЭЛа, 1 кг
Совместное измельчение	ПО «Маяк», 1980г.	БН-350, 1980	10 борок, 80 кг
Аммиачное осаждение	ПО «Маяк», 1980г.	БН-350, 1992г.	1 ТВС, 10 кг
Золь-гель метод	ПО «Маяк», 1986-1988 гг.	БН-350	24 ТВС
Совместное измельчение	ПО «Маяк», 1980г.	БН-600, 1990г.	17 ТВС, 100 кг