

ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Т.Е. Пироженко

tep2@tpu.ru

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент кафедры «Техническая физика» НИ ТПУ

Основой технологии переработки ОЯТ радиохимических заводов является ПУРЕКС-процесс, обеспечивающий высокую степень извлечения урана и плутония из ОЯТ при их экстракции из вод-но-хвостовых растворов трибутилфосфатом (ТБФ) с различными органическими разбавителями (керосин, гексахлорбутadiен и др.), которые с течением времени теряют свою эффективность и превращаются в горючие отходы переработки ОЯТ (ГОП ОЯТ) [1].

Оставшиеся после первого экстракционного цикла без урана и плутония отходы переработки ОЯТ (ОП ОЯТ) представляют собой слабоконцентрированные водносолевые растворы металлов, имеющие следующий модельный состав [2]: H_2O – 81,43 %, HNO_3 – 18,0 %, Fe – 0,07 %, Mo – 0,10 %, Nd – 0,11 %, Y – 0,06 %, Zr – 0,058 %, Na – 0,04 %, Ce – 0,039 %, Cs – 0,036 %, Co – 0,031 %, Sr – 0,026 % и др.

По действующей технологии ОП ОЯТ выпаривают, добавляют химические реагенты (силика-ты, бораты и др.), остекловывают и захоранивают [1]. Эта технология многостадийна, требует химических реагентов и значительных энерго- и трудозатрат. Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при совместной плазменной утилизации этих отходов в виде оптимальных по составу горючих водно-солеорганических композиций (ВСОК).

Расчет показателей горения водно-органических композиций на основе ГОП ОЯТ и ОП ОЯТ

Достаточное и полное сгорание горючих отходов в камерах с малыми потерями тепла наблюдается у отходов, имеющих низшую теплоту сгорания не менее 8,4 МДж/кг и адиабатическую температуру горения $T_{ад} \geq 1200$ °С [3].

На рисунке 1 показано влияние содержания ТБФ и ОП ОЯТ на адиабатическую температуру горения ВСОК «ГОП ОЯТ – ОП ОЯТ».

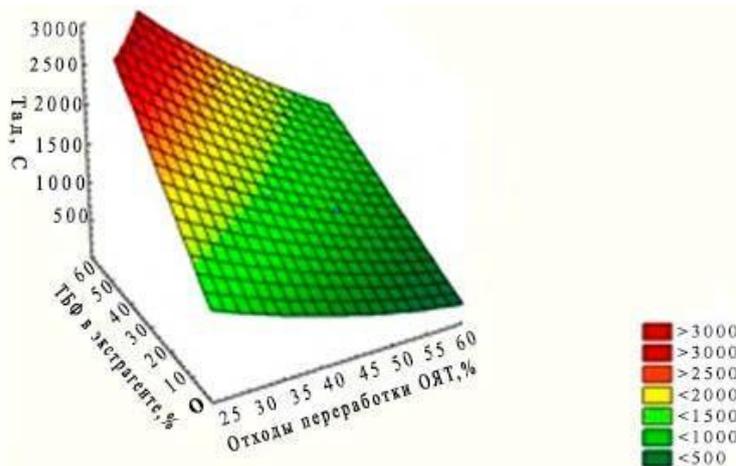


Рисунок 1. Влияние содержания ТБФ и ОП ОЯТ на адиабатическую температуру горения ВСОК «ГОП ОЯТ – ОП ОЯТ»

С учетом полученных результатов может быть рекомендован для практической реализации следующий состав оптимальной горючей ВСОК: 50 % ГОП ОЯТ : 50 % ОП ОЯТ.

Расчет равновесных составов продуктов плазменной утилизации ОП ОЯТ и ГОП ОЯТ

Для определения оптимальных режимов исследуемого процесса проведены расчёты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов совместной плазменной утилизации ОП ОЯТ и ГОП ОЯТ в воздушной плазме в виде ВСОК.

На рис. 2 представлены характерные равновесные составы газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов совместной плазменной утилизации ОП ОЯТ и ГОП ОЯТ при массовой доле воз-душного плазменного теплоносителя 65 %.

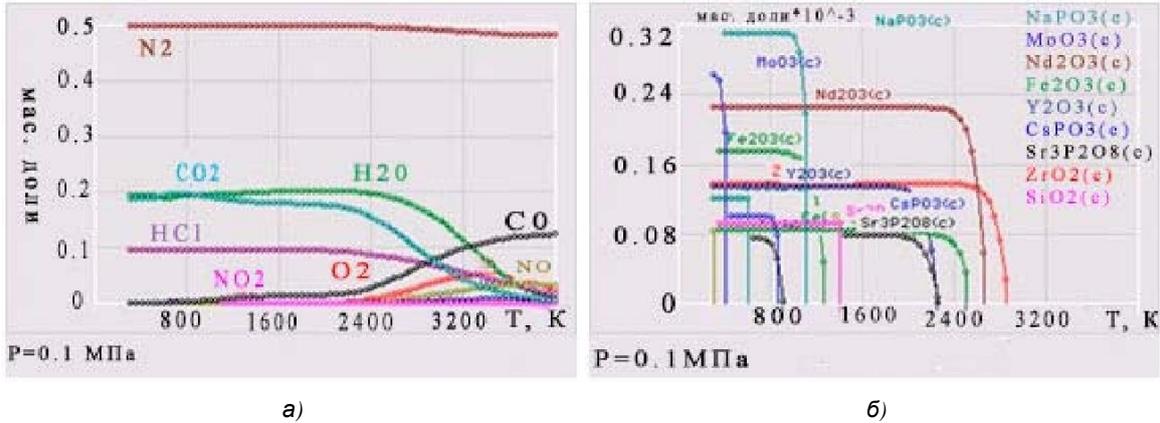


Рисунок 2. Равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов совместной плазменной утилизации ГОП ОЯТ и ОП ОЯТ в воздушной плазме: (65 % Воздух : 35 % ВОК)

Из анализа графиков следует, что основными газообразными продуктами являются N_2 , H_2O , и CO_2 , а в конденсированной фазе - простые и сложные оксиды металлов. Отсутствие сажи $C(s)$ и низкое содержание CO , NO , NO_2 , указывают на экологически безопасный режим утилизации.

С учётом полученных результатов рекомендованы для практической реализации процесса в воздушной плазме следующие оптимальные режимы: состав ВСОК (50 % ГОП ОЯТ:50 % ОП ОЯТ); массовое отношение фаз (65 % Воздух : 35 % ВСОК); температура (1500 ± 100) К.

Оптимизация режимов работы плазменного стенда на базе ВЧФ-плазмотрона

На рис. 3 представлена схема плазменного стенда на базе ВЧФ-плазмотрона, на котором были проведены исследования процесса плазменной утилизации данных отходов в воздушно-плазменном потоке в виде модельных диспергированных ВСОК.

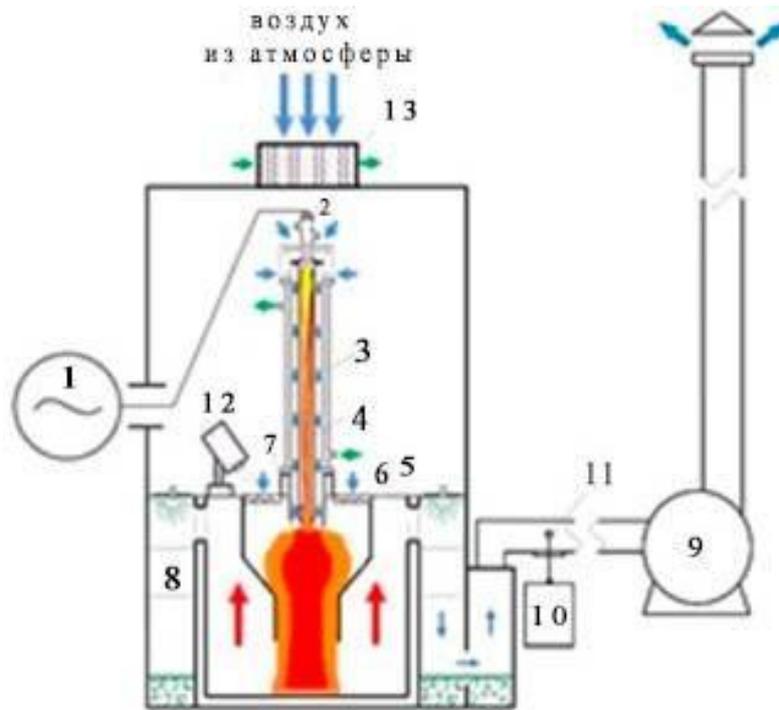


Рисунок 3. Плазменный стенд на базе ВЧФ-плазмотрона

Плазменный стенд включает: высокочастотный генератор 1, электрод 2, ВЧФ-плазмотрон 3, ВЧФ-разряд 4, реактор 5, импеллер реактора 6, диспергатор 7, узел «мокрой» очистки 8, вытяжной вентилятор 9, газоанализатор 10 с пробоотборником 11, цифровой пирометр 12, калорифер 13.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии энергоэффективной плазменной утилизации ОП ОЯТ и ГОП ОЯТ, а также других отходов создаваемого российского замкнутого ЯТЦ в виде оптимальных по составу горючих ВСОК.

Список литературы

1. Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС / М.А. Скачек. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2007.
2. Аналитические методы определения компонентов жидких радиоактивных отходов / Ю.А. Пан-телеев, А.М. Александрук, С.А. Никитина и др. – Ленинград : Труды Радиевого института им. В. Г. Хлопина, 2007. – Т. XII. – С. 124–147.
3. Бернадинер М.Н. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов / М.Н. Бернадинер, А.П. Шурыгин. – Москва : Химия, 1990.