

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ ОБЛУЧЕННОГО ГРАФИТА В РАВНОВЕСНОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЕ

Беспала Е.В., Павлюк А.О., Новосёлов И.Ю.

АО «Опытно-демонстрационный центр вывода из эксплуатации уран-графитовых реакторов»,
636000, Россия, Томская область, г. Северск, ул. Автодорога 13, зд. 179а

E-mail: bespala_evgeny@mail.ru

После остановки канальных уран-графитовых ядерных реакторов возникает проблема обращения с облученным ядерным графитом кладки реактора, служащим замедлителем нейтронов при его эксплуатации. Это связано с тем, что графитовые радиоактивные отходы (РАО) существенно отличаются по ряду параметров от РАО других типов. Во-первых, графитовая кладка реактора не заменялась в процессе эксплуатации реактора (за исключением графитовых втулок) и в процессе работы подвергалась нейтронному облучению [1]. Во-вторых, реакторный графит кладки имеет уникальную пористую структуру и кристаллическую решетку, изменение которой при воздействии эксплуатационных факторов приводит к изменению физико-механических свойств графита [2]. В-третьих, в процессе эксплуатации ядерного реактора графит не приобретает никаких уникальных свойств, определяющих перспективы его дальнейшего полезного использования. Поэтому возникает необходимость разработки способов и устройств для переработки облученного ядерного графита с целью снижения класса радиоактивных отходов и уменьшения себестоимости захоронения.

Нами разрабатывается плазменный способ очистки облученного ядерного графита. Использование низкотемпературной плазмы для дезактивации графитовых РАО обуславливается следующими факторами:

- высокая скорость плазмохимических процессов, приводящих к образованию иммобилизованных продуктов реакции, содержащих радионуклиды;
- возможность проведения объемной дезактивации вследствие разрушения кристаллической решетки графита под действием высоких температур;
- использование инертных плазмообразующих газов в качестве теплоносителя для уменьшения образующихся вторичных РАО.

Разработка плазменной технологии переработки РАО сопровождается большими дозовыми нагрузками при экспериментальных исследованиях. Математическое моделирование позволяет значительно уменьшить объем экспериментальных исследований и оптимизировать процесс. Поэтому цель исследования – математическое моделирование процессов теплопереноса при воздействии потока низкотемпературной плазмы на загрязненный радионуклидами графит.

В работе представлена разработанная математическая модель, описывающая процесс теплопереноса при взаимодействии высокотемпературного плазменного потока с пористой поверхностью облученного графита. Эта модель использовалась для расчета степени извлечения металлического цезия с внешней поверхности поры графита при его плазменной дезактивации. В работе показано, что на эффективность очистки облученного графита от радиоактивных примесей существенно влияет газовая температура плазмы, газодинамический режим истечения плазменного потока, а также качественный состав плазмообразующего газа. Выявлены и доказаны преимущества использования более легко плазмообразующего газа (гелия). Расчеты показывают, что пористая графитовая поверхность может быть полностью дезактивирована от радиоцезия гелиевой плазмой с температурой 2700 °С и скоростью прокачки газа 10 м/с за время не превышающее 3,4 секунды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00382 мол_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филипчук, Е.В. Управление нейтронным полем ядерного реактора / Е.В. Филипчук, П.Т. Потапенко, В.В. Постников. – М.: Энергоатомиздат, 1981 – 280 с.
2. Виргильев, Ю.С. Влияние степени совершенства структуры графита на изменение его размеров при нейтронном облучении / Ю.С. Виргильев, И.П. Калягин, В.Г. Макаренко // Атомная энергия. – 1974. – Т. 36. – С. 310–312.