

Моделирование и анализ газодинамических процессов в межэлектродном зазоре многоэлементного термоэмиссионного электрогенерирующего канала

Д.В. Щербаков^{1,2}, Д.Ю. Любимов^{1,3}, Д.О. Михайлов², А.А. Бабайлов²

¹ *Московский физико-технический институт, Долгопрудный, МО*

² *Национальный исследовательский центр Курчатовский институт, Москва*

³ *НПО «Луч»*

Среди возможных типов космических ЯЭУ в проектных разработках в России наибольшее развитие получили ЯЭУ на основе ядерных реакторов со встроенными в активную зону термоэмиссионными преобразователями (ТЭП) [1]. Одним из элементов ТРП является электрогенерирующий канал (ЭГК), содержащий вентилируемый твэл с ядерным топливом на основе диоксида урана или других перспективных топливных материалов, в частности, нитрида и карбонитрида урана [2]. Для отработки и обоснования конструкции ЭГК проводятся его испытания в петлевом канале ядерного реактора [3].

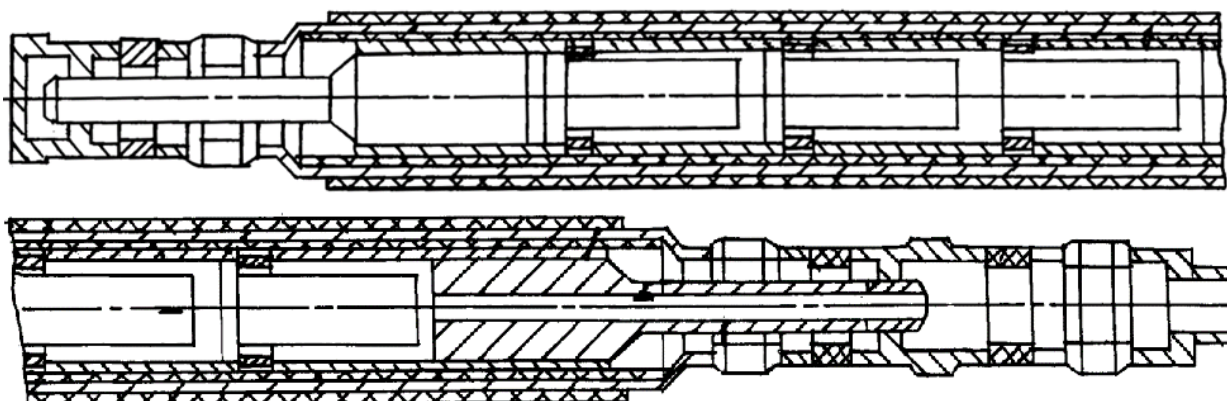


Рисунок 1. Схема многоэлементного ЭГК

Проблемной задачей в такой конструктивной схеме ЭГК является ограничение поступления в межэлектродный зазор через систему газоотвода примесных элементов, а также основных компонентов и продуктов деления оксидного топлива.

Экспериментально невозможно определить параметры газообразной смеси внутри межэлектродного зазора, поэтому для оценки давлений газообразных продуктов деления применяются численные методы. Ранее расчет производился методом численного решения линейного уравнения диффузии [4]. В результате было обнаружено, что газообразные продукты деления Хе, Кг находятся в полости МЭЗ при давлении $10^{-3} - 10^{-4}$ Па.

Целью работы была разработка компьютерной программы и моделирование течения цезиевого газа и газообразных продуктов деления (ГПД) в МЭЗ ЭГК для различных конструктивных схем: с выводов ГПД через оба конца МЭЗ и выводом только через правый. Моделирование происходило методом численного решения уравнения Больцмана с интегралом столкновения с потенциалом упругих сфер. Рассматривалось поведение Кг, Хе и продуктов их бета-распада Rb, Sr и Cs, Ва.

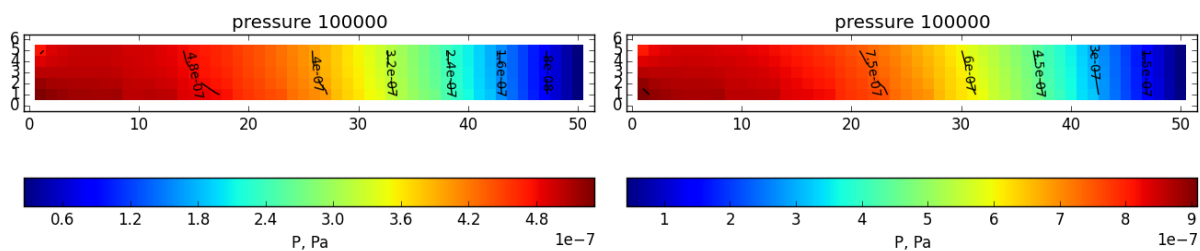


Рисунок 2. Давление Kr, Xe для схемы с одним открытым концом МЭЭ

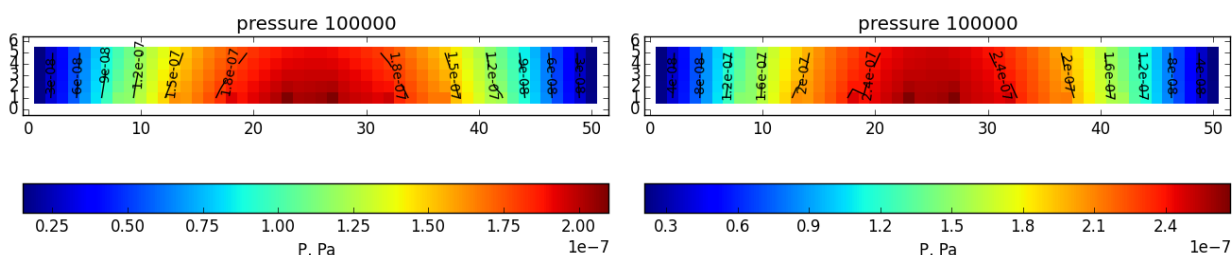


Рисунок 3. Давление Kr, Xe для схемы с двумя открытыми концами МЭЭ

Полученные результаты согласуются с ранее проведенными расчетами. Была обнаружена линейная зависимость увеличения давления компонентов в области коллектора при увеличении потока ГПД в МЭЭ. С увеличением степени прокачки цезия в схеме с двумя открытыми концами падает давление ГПД в области коллектора, а ГПД выносятся потоком через правый конец МЭЭ. Было обнаружено, что в схеме с двумя открытыми концами давление ГПД в области коллектора ниже, чем в схеме с одним открытым концом.

Полученные выводы позволяют судить о применимости метода решения уравнения Больцмана к моделированию газодинамики в полости МЭЖ. В дальнейшем планируется разработка газодинамической модели поведения ГПД и решение обратной задачи восстановления потоков (плотности источников) радионуклидов из топлива в МЭЭ для двумерного уравнения диффузии-конвекции по измерениям γ -спектрометрической системы в процессе петлевых испытаний ЭГК.

Литература

1. Васильковский В.С., Андреев П.В., Зарицкий Г.А., и др. Проблемы космической энергетики и роль ядерных энергетических установок в их решении. Международная конференция "Ядерная энергетика в космосе-2005". Москва-Подольск 1-3 марта 2005г. Сборник докладов, т.1, с.20-25. ФГУП НИКИЭТ, М-Подольск, 2005.
2. Алексеев С.В., Выбыванец В.И., Гонтарь А.С. и др. Перспективные топливные материалы для термоэмиссионных ЯЭУ. Атомная энергия, т.115, вып.6, декабрь 2013, с.322-331.
3. Синяевский В.В. Методы и средства экспериментальных исследований и реакторных испытаний термоэмиссионных электрогенерирующих сборок. М.: Энергоатомиздат. 2000. 375 с
4. Любимов Д.Ю., Федик И.И., Шумилов А.А. Влияние продуктов деления на выходную мощность термоэмиссионных ЭГК с сообщающимися и разделенными полостями твэла и межэлектродного зазора. Атомная энергия, т.110, вып. 6, 2011, с.321-327.