

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В КАСКАДЕ ГАЗОВЫХ ЦЕНТРИФУГ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ ВОЛЬФРАМА

Ушаков А.А.<sup>1</sup>, Совач В.П.<sup>1</sup>, Орлов А.А.<sup>2</sup>

Научный руководитель: Орлов А.А., д.т.н., профессор

<sup>1</sup>АО «ПО «ЭХЗ»,

Россия, г. Зеленогорск Красноярского края, ул. Первая промышленная, 1, 663690

E-mail: ushakov2015@sibmail.com

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: orlova@tpu.ru

При эксплуатации каскада газовых центрифуг (ГЦ) для разделения изотопных смесей возникают нестационарные разделительные процессы, в ходе которых происходит изменение изотопного состава рабочего вещества в ступенях и потоках каскада. Они снижают эффективность работы каскада и влияют на качество выпускаемого продукта. Как правило, причиной возникновения нестационарных разделительных процессов является протекание нестационарных гидравлических процессов.

В связи с этим приобрело актуальность решение задачи полномасштабного учета нестационарных процессов при разделении многокомпонентных изотопных смесей (МИС). Использование экспериментального подхода к решению данной задачи является достаточно затратным и требует создания дополнительных исследовательских установок. Поэтому целесообразно изучать нестационарные процессы путём их математического моделирования.

К настоящему времени в этом направлении проведён ряд работ, которые в основном были направлены на создание математических моделей нестационарных гидравлических и разделительных процессов в каскадах ГЦ для разделения бинарных смесей. Известные математические модели нестационарных разделительных процессов в каскадах по разделению МИС имеют ограниченную область применения: моделирование возможно только для случая стационарных гидравлических параметров каскада ГЦ. Использование моделей для совместного расчёта нестационарных гидравлических и разделительных процессов невозможно. Для устранения указанных недостатков нами была разработана математическая модель нестационарных гидравлических процессов в каскадах ГЦ для разделения МИС. Данная модель опробована для разделения изотопов Si, Xe, W, Ni. Показано, что она адекватно описывает нестационарные гидравлические процессы.

Дальнейшие работы были направлены на создание математической модели нестационарных разделительных процессов в каскаде ГЦ для разделения МИС. Разработанная модель основывается на положении, что ступень каскада представлена в виде четырёх выделенных объёмов (коллектор питания, ГЦ, коллектор отвала и коллектор отбора). Совместный расчёт нестационарных гидравлических и разделительных процессов сводится к определению гидравлических параметров каскада по алгоритму, изложенному в работе, замене дифференциальных уравнений нестационарного разделения первого порядка разностными уравнениями по неявной схеме Эйлера, составлению и решению полученных систем линейных алгебраических уравнений и нахождению величин концентраций компонентов во всех объёмах и потоках на каждом временном слое, удовлетворяющих уравнению баланса рабочего вещества и разделяемых компонент в каскаде.

Проведена верификация разработанной модели путём расчёта параметров нестационарных разделительных процессов в модельном каскаде ГЦ для разделения изотопов вольфрама. Сравнение полученных расчетных величин параметров с данными других авторов показало, что разработанная математическая модель адекватно описывает нестационарные разделительные процессы в каскаде ГЦ для разделения многокомпонентных изотопных смесей.