

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль 03.06.01 Физика и астрономия / 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника

Школа ядерных технологий

отделение ядерно-топливного цикла

Научно-квалификационная работа

Тема научно-квалификационной работы
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В КАСКАДАХ ГАЗОВЫХ ЦЕНТРИФУГ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ИЗОТОПНЫХ СМЕСЕЙ

УДК 621.039.342

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A5-11	Ушаков Антон Андреевич		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Главный научный сотрудник НОЦ им. И.Н. Бутакова	Кузнецов Гений Владимирович	д.ф.-м.н., профессор		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЯТЦ ИЯТШ	Горюнов Алексей Германович	д.т.н., доцент		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ ИЯТШ	Орлов Алексей Алексеевич	д.т.н., профессор		

АННОТАЦИЯ

В последнее время широкое применение в ядерной энергетике, медицине, фундаментальных исследованиях и других областях нашли изотопно-модифицированные материалы, в которых содержание изотопов химических элементов отличается от природного. Одними из основных факторов, снижающих эффективность разделения изотопных смесей, являются нестационарные гидравлические и разделительные процессы, протекающие в каскадах газовых центрифуг (ГЦ) при разделении многокомпонентных изотопных смесей (МИС). В связи с этим стали актуальными исследования, направленные на установление закономерностей протекания нестационарных процессов при разделении МИС и их влияния на работу каскадов ГЦ. На данный момент разработан ряд математических моделей нестационарных процессов, протекающих при разделении МИС. Большинство работ посвящено моделированию нестационарных разделительных процессов в каскадах ГЦ по разделению МИС. Общим недостатком используемых моделей является ограниченная область их применения. Поэтому для исследования нестационарных процессов в каскадах ГЦ для разделения МИС требуется разработать математическую модель, которая позволит проводить совместный расчет нестационарных гидравлических и разделительных процессов и будет лишена недостатков известных моделей.

Приведен обзор и анализ литературных данных по разработке газоцентрифужной технологии разделения МИС, описаны особенности теории разделения МИС в каскадах ГЦ. Представлен обзор и анализ известных математических моделей нестационарных гидравлических и разделительных процессов в каскадах ГЦ. Выявлены их недостатки. Показана актуальность создания математической модели нестационарных гидравлических и разделительных процессов, протекающих в каскадах ГЦ для разделения МИС и их исследования. Сформулированы задачи теоретических исследований, направленных на снижение негативного влияния нестационарных процессов на работу каскадов ГЦ для разделения МИС.

Приведено описание объекта исследования и разработанной математической модели нестационарных гидравлических и разделительных процессов, протекающих в каскадах ГЦ для разделения МИС. Представлен алгоритм решения дифференциальных уравнений нестационарных гидравлических, разделительных процессов и имитации различных возмущающих воздействий и их сочетания.

Разработана, программно реализована и верифицирована математическая модель нестационарных гидравлических и разделительных процессов, протекающих в каскадах ГЦ для разделения МИС.

Разработан алгоритм, благодаря которому созданная модель позволяет проводить совместный расчет параметров нестационарных гидравлических и разделительных процессов, вызванных различными возмущающими воздействиями и их сочетанием.

Показано, что данная модель адекватно описывает нестационарные гидравлические и разделительные процессы в каскадах ГЦ для разделения МИС. Расхождение между расчетными и экспериментальными данными составляет не более 4 %.

С использованием численного моделирования впервые установлены закономерности протекания нестационарных процессов, вызванных различными возмущающими воздействиями (заполнение каскада, изменение потока легкой фракции каскада, вывод каскада на стационарный режим, изменение потока питания каскада), в каскаде ГЦ для разделения изотопов германия и никеля.

Определены закономерности влияния параметров каскада на время вывода его на стационарный режим.

На основе анализа результатов численного моделирования даны обоснованные рекомендации по внесению изменений в режим работы каскада ГЦ для разделения изотопов германия, использование которых позволяет существенно уменьшить продолжительность нестационарных процессов и, соответственно, время, в течение которого концентрация целевого изотопа не соответствует заданному значению.