

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫПАРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

И.Ю. Шевяков<sup>1</sup>, К.А. Козин<sup>1</sup>, А.Г. Горюнов<sup>1</sup>, Ф.Э. Гофман<sup>2</sup>, Б.Я. Зильберман<sup>3</sup>,  
Д.В. Рябков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>г. Томск, Томский политехнический университет

<sup>2</sup>г. Гатчина, ООО «Сенсор»

<sup>3</sup>г. Санкт-Петербург, НПО Радиевый институт им. В.Г. Хлопина

e-mail: kozin@tpu.ru, alex1479@tpu.ru, sensor@gtn.ru

Реализация замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) на тепловых и быстрых реакторах приводит к острой необходимости решения ряда задач, включая обоснование выбора технологии ОЯТ посредством проведения экспериментальных исследований на экспериментальном и опытно-промышленном оборудовании для перспективных технологий ЗЯТЦ. При этом создание эффективного радиохимического производства, с учетом его высокой радиационной, ядерной и экологической опасности, невозможно без использования качественных и по возможности простых в реализации и эксплуатации систем автоматического управления технологическими процессами, проводимыми в не стандартизованном оборудовании, включая большое количество нового или реализуемого впервые в опытно-промышленном масштабе.

В технологиях переработки ОЯТ для кондиционирования растворов зачастую применяют метод непрерывного упаривания: кондиционирование жидких отходов, концентрирование целевых продуктов в линии урана. Как следствие, обеспечение эффективного непрерывного режима цепи технологических переделов будет зависеть от работы выпарного оборудования. Существенным его отличием от подобных промышленных аппаратов химической технологии является малый объем вследствие относительно небольшого масштаба производства в защитном исполнении и обеспечения ядерной безопасности. В данной работе методом математического моделирования исследуется однокорпусной выпарной аппарат с вынесенной греющей камерой. Построение глубокой детализации модели затруднено как неразработанностью описания динамики межфазного равновесия процесса упаривания (даже в макроскопической сосредоточенной постановке задачи), так и наличием взаимосвязи с другими технологическими узлами. Результаты показали наличие у объекта многосвязности переменных, существенной нелинейности по отдельным каналам управления, а также отсутствие самовыравнивания. Проверка адекватности проводилась по экспериментальным данным, полученным на лабораторном выпарном стенде ОАО «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина» (Санкт-Петербург). Предложены и исследованы различные варианты систем автоматического управления. Непрерывное измерение плотности и уровня раствора в аппарате обеспечивалось капиллярными уровнемерами-плотномерами разработки ООО «Сенсор». Регулирование малыми расходами растворов реализовано весовыми дозаторами, контролируемых тензометрическими датчиками

### Литература

1. Таубман Е.И. Расчет и моделирование выпарных установок. – М.: Химия, 1970. – 216 с.
2. Ф.Э. Гофман и др. Лабораторный выпарной стенд с автоматизированной системой управления. Процессы и аппараты химической технологии. Т.13, №9, 2012, с.565-570.